

F.-X. HUMBEL
et
J. BARBERY

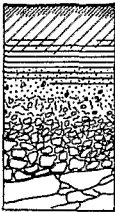
NOTICE EXPLICATIVE

N° 53

**CARTE PÉDOLOGIQUE
DE RECONNAISSANCE**

Feuille GAROUA

à 1/200.000



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE O.R.S.T.O.M. DE YAOUNDE

PARIS - 1974



NOTICE EXPLICATIVE

N° 53

**CARTE PEDOLOGIQUE
DE RECONNAISSANCE**

Feuille GAROUA

à 1/200.000

F.-X. HUMBEL

et

J. BARBERY

Centre O.R.S.T.O.M. de YAOUNDÉ
Section de Pédologie

© ORSTOM 1974

ISBN 2-7099-0328-8

S O M M A I R E

INTRODUCTION	1
---------------------	----------

PREMIERE PARTIE

LE MILIEU NATUREL

1 - SITUATION GEOGRAPHIQUE	3
2 - L'HYDROGRAPHIE	3
3 - LE CLIMAT	5
4 - LES MATERIAUX ORIGINELS ET LEUR ALTERATION	9
5 - LE MODELE ET LES SOLS	15
6 - LA VEGETATION	17

DEUXIEME PARTIE

LES SOLS

1 - LES SOLS MINERAUX BRUTS	22
2 - LES SOLS PEU EVOLUES	26
3 - LES SOLS LESSIVES A CONTACT PLANIQUE	36
4 - LES SOLS BRUNIFIES TROPICAUX	39
5 - LES VERTISOLS	40
6 - LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX	49
7 - LES SOLS FERSIALLITQUES ROUGES TROPICAUX	64
8 - LES SOLS HYDROMORPHES MINERAUX	71
9 - LES SOLS SODIQUES	79

TROISIEME PARTIE

LES PRINCIPAUX PAYSAGES PEDOLOGIQUES

1 - LES MONTAGNES	91
2 - LE BASSIN GRESEUX	91
3 - LES ZONES ERODEES DU CENTRE	99
4 - LE COMPLEXE D'EROSION DE SOLS ARGILISES	99
5 - LES ASSOCIATIONS DES SOLS AU SUD-EST	101

QUATRIEME PARTIE

VALEUR AGRONOMIQUE

1 - LES SOLS MINERAUX BRUTS	104
2 - LES SOLS PEU EVOLUES	104
3 - LES VERTISOLS	106
4 - LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX	107
5 - LES SOLS ROUGES TROPICAUX	108
6 - LES SOLS HYDROMORPHES	109
7 - LES SOLS SODIQUES	109

BIBLIOGRAPHIE	111
----------------------	------------

INTRODUCTION

Les travaux de terrain ont été effectués de janvier à avril 1967 par J. BARBERY et F.X. HUMBEL sous la direction de R. MAIGNIEN. Dans le centre et l'ouest de la feuille des parcours complémentaires ont été réalisés en avril 1970 par F.X. HUMBEL et L. BADARELLO.

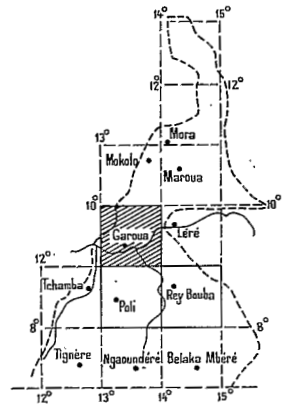
Les échantillons ont été analysés au laboratoire de chimie des sols du Centre ORSTOM de Yaoundé en 1970 et 1971 sous la direction de Lj. NALOVIC. La classification pédologique utilisée est la classification française de la commission de pédologie et de cartographie des sols (C.P.C.S. édition 1967).

La couverture photographique aérienne à 1/50.000 établie en 1953-54 par l'Institut Géographique National a été utilisée pour compléter par photo-interprétation à partir des données de terrain le dessin des limites d'unités pédologiques.

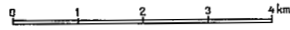
Les travaux pédologiques antérieurs, notamment les cartes détaillées à 1/50.000 de G. SIEFFERMANN (1964) et M. VALLERIE (1964 et 1967), ont été largement utilisés pour le dessin des limites pédologiques et la synthèse des données analytiques.

Les études localisées ou de reconnaissance de D. MARTIN et des pédologues plus anciens ont aidé à la connaissance des sols et de leurs critères d'utilisation. Les études de pédogénèse de P. BRABANT, F.X. HUMBEL, R. MAIGNIEN, D. MARTIN, H. PAQUET, G. SIEFFERMANN et M. VALLERIE ainsi que les études de morphogénèse de J. HERVIEU, D. MARTIN et P. SEGALEN ont grandement amélioré la compréhension des sols et des paysages de cette région.

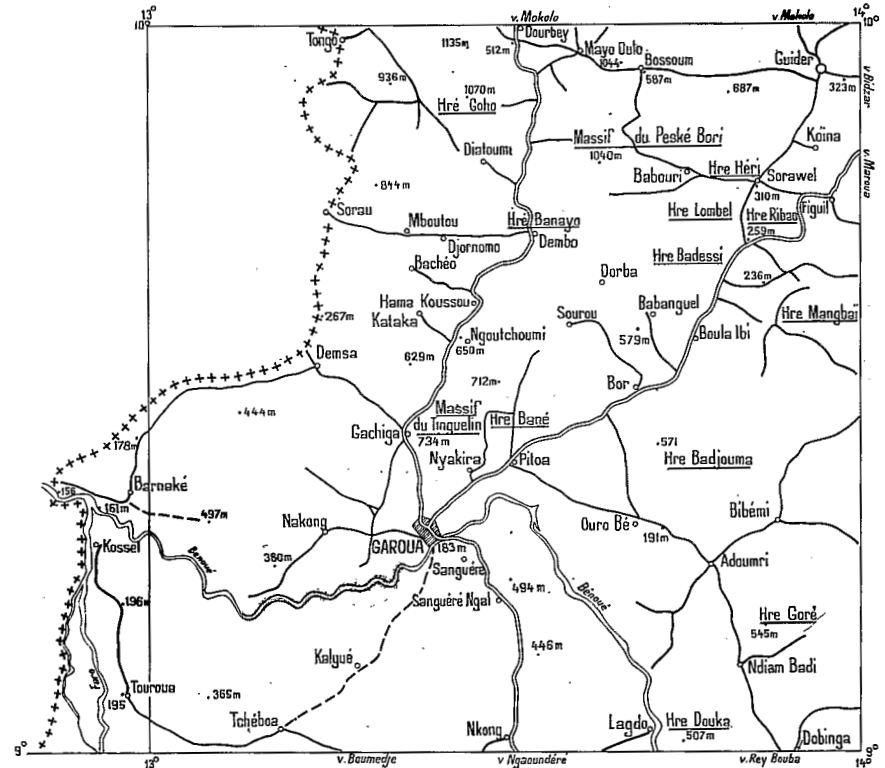
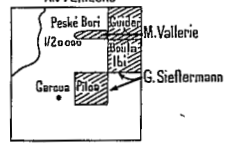
Il n'existait malheureusement pas d'études récentes de fertilité ou de fertilisation sauf pour le coton (A. FRITZ et M. VALLERIE). Il a donc été nécessaire de limiter les données d'utilisation des sols à un exposé des critères pédologiques de fertilité. Les études en cours sur la dynamique de l'eau et les propriétés physiques des sols du Cameroun ont servi à étayer la description des caractéristiques hydriques et physiques de quelques types de profils.



Echelle



TRAVAUX CARTOGRAPHIQUES ANTERIEURS



Routes principales ———
 Pistes à véhicules - - - - -
 Pistes tous terrains - - - - -

• 1040m = point coté
 Bor = village
 Hré = hosséré = montagne

Figure 1 — Voies de pénétration et lieux cités

PREMIERE PARTIE

LE MILIEU NATUREL

1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

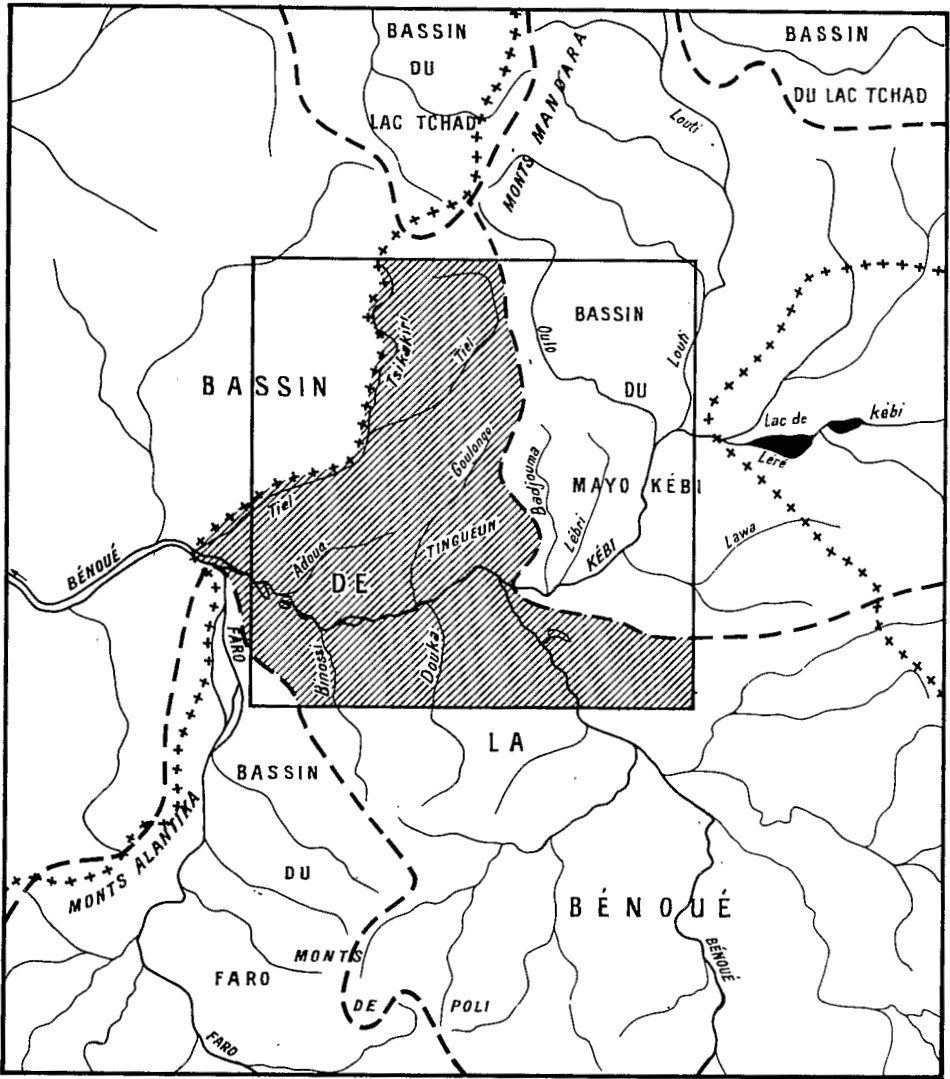
La feuille Garoua à 1/200.000 est située au Nord-Cameroun entre 9 et 10° de latitude nord et 13 et 14° de longitude est. Elle fait partie du département de la Benoué et est limitée à l'ouest par la république de Nigéria. La république du Tchad la pénètre sur quelques kilomètres dans la haute vallée du mayo Kébi (voir figures 1 et 2).

Cette région est entièrement drainée vers l'ouest par les vallées de la Benoué et du mayo Kébi (mayo signifie rivière). Les monts Mandara sont situés immédiatement au nord de la feuille et les monts Alantika au sud-ouest. Par la Benoué et le Faro elle reçoit des eaux du plateau de l'Adamaoua et des monts de Poli situés respectivement à 150 et 50 km au sud. Par le mayo Kébi elle draine une partie du territoire de la république du Tchad. La route nationale de Yaoundé à Fort-Foureau par Ngaoundéré, Garoua et Maroua la traverse du sud au nord-est avec franchissement de la Benoué à Garoua, siège de l'Inspection Fédérale de l'Administration du Nord. La route de Garoua à Mokolo forme un second axe important. Le réseau des autres pistes utilisables est indiqué sur la figure 1.

La population est formée de Fali (massifs du Tinguelin et du nord-est) de Foulbé (bourgades, axes routiers et pâturages de vallées) de Guidars (nord-est) de Njegn (nord-ouest) de Mambaye (est), et aussi de Kongou, Batavere et Lakka.

2. L'HYDROGRAPHIE

La feuille Garoua appartient entièrement au bassin de la Benoué affluent du Niger. La Benoué entre sur la carte au défilé de Lagdo vers 190 m d'altitude et la quitte à 156 m au confluent du mayo Tiel après avoir changé de direction après son confluent avec le mayo Kébi. Elle forme d'amples méandres après ce confluent et sa zone d'inondation s'étend sur plusieurs kilomètres de part et d'autre. Elle est navigable jusqu'à Garoua lors des hautes eaux. Ses principaux affluents sont le mayo Kébi, qui par les lacs de Léré et Fianga apporte des eaux de déversement du Logone, le Faro, qui draine le plateau de l'Adamaoua mais dont le bassin est très limité sur la feuille Garoua, et le mayo Tiel-Tsikakiri qui forme frontière avec la Nigéria.



+++++ Frontière

----- Limites des principaux bassins

Les cours d'eau portent le nom de mayo

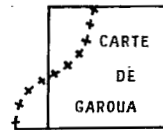


Figure 2 — Réseau hydrographique

La moitié nord se partage entre le mayo Tiel d'une part, les affluents de droite du mayo Kébi d'autre part (mayos Badjouma, Lebri, Oulo et Louti). La route Garoua-Mokolo par Dourbey suit la ligne de partage des eaux. Le bassin des grès est drainé directement vers la Benoué par un réseau d'affluents nord-sud (mayos Douka et Binossi au sud, Goulongo et Adoua au nord).

Les dépôts alluviaux sont importants dans les vallées principales et formés de hautes terrasses sableuses ou argileuses anciennes, de bourrelets de berge sableux et de cuvettes de décantation limono-argileuses. Le lit mineur actuel est inscrit dans ces alluvions. Dans les hautes vallées les cours comportent des seuils rocheux et des fonds sableux plats.

3. LE CLIMAT

Le climat de la région est de type soudanien franc avec une pluviosité "dépressionnaire" dans la vallée de la Benoué (J.B. SUCHEL 1971).

Pluviométrie (J.B. SUCHEL 1971)

Dans le climat soudanien franc la saison sèche et la saison pluvieuse sont de durées sensiblement égales et les précipitations moyennes annuelles de l'ordre de 1 m.

Ici, la dépression ouest-est formée par les vallées de la Benoué et du mayo Kébi paraît diminuer sensiblement la pluviosité par rapport aux régions nord et sud :

Les trois postes pluviométriques de Garoua expriment bien cette influence dépressive de la Benoué qu'ils concentrent sur quelques kilomètres du fait de la proximité de massifs importants au nord de la ville : Garoua météo est situé près de l'aéroport au sud-ouest des escarpements gréseux du Tinquelin et à 6 km au nord de la Benoué, Garoua-ville en position de cuvette 40 m plus bas et à 2 km de la Benoué et Garoua-port au niveau du cours majeur de la Benoué. Les précipitations moyennes et des trois dernières années sont :

Poste	Moyenne	1967	1968	1969
Garoua météo	1060 mm	1003	1179	1297
Garoua-ville	978 mm	896	1197	1277
Garoua-port	958 mm	899	1077	1165

Cet effet est mieux marqué en aval où la pluviométrie passe de 797 mm répartie en 6 mois à Orouboki (Nigéria), à 1085 mm répartie en 7 mois à Bourha dans la montagne au nord. Il se fait sentir aussi à l'est dans la vallée du mayo Kébi au Tchad : 831 mm à Léré contre 1065 mm à Pala.

Guider situé à proximité des monts Mandara et de la plaine du Diamaré ne reçoit que 935 mm en 6 mois (climat soudanien de nuance sèche).

Au sud de la carte et jusqu'à la falaise de l'Adamaoua la pluviosité augmente, s'étale sur 7 mois et l'on entre dans le climat soudanien de tendance humide dont Poli (1477 mm) et Tcholliré (1407 mm) adossés à des massifs montagneux représentent un type sub-montagnard. La carte du nombre de mois très pluvieux (préci-

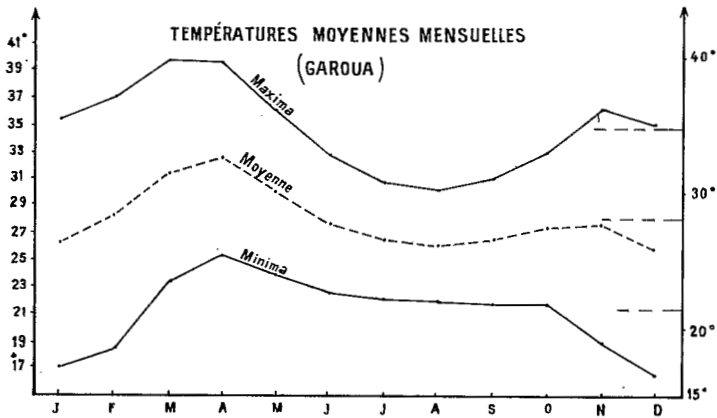
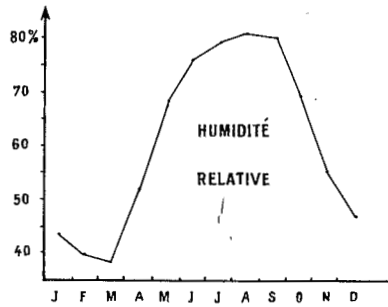
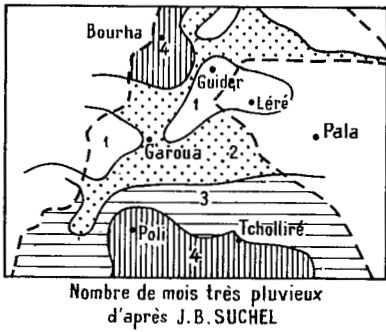
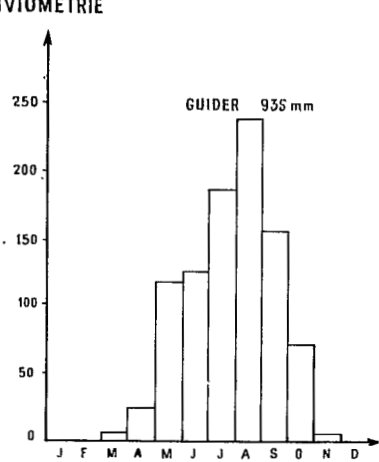
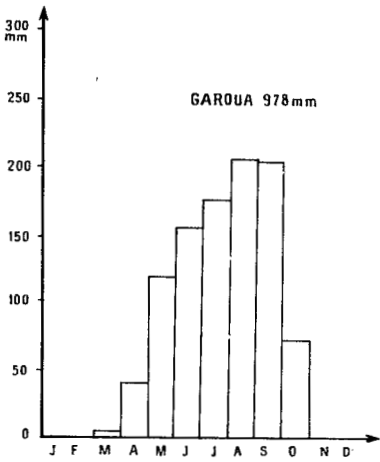


Figure 3 — Pluviométrie et températures moyennes mensuelles

tations supérieures à 200 mm) de J.B. SUCHEL exprime bien ces variations climatiques et l'effet dépressif de l'axe Benoué mayo Kébi (figure 3).

En résumé, pour la feuille Garoua la région sud axée sur la Benoué et le mayo Kébi pourrait être moins arrosée ou moins longtemps arrosée que les massifs du nord-ouest (climat soudanien à nuance montagnarde).

Les variations interannuelles de pluviométrie sont très fortes : les extrêmes observés en 45 ans sont de 1427 mm et 537 mm avec 7 années inférieures à 800 mm et 12 années supérieures à 1100 mm.

La répartition moyenne mensuelle de la pluviosité est la suivante :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	total
Garoua	0	0	5	40	117	155	175	209	204	71	1	0	978mm
Guider*	0	1	5	30	105	134	187	240	165	65	3	0	935mm

La saison sèche s'étend de novembre à avril dont cinq mois presque totalement secs. Le maximum de la saison humide se place en août.

Humidité relative

L'humidité relative approche 80 % en saison humide et descend vers 40 % en saison sèche :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
43	39	37	52	68	76	79	81	80	69	55	47 %

Température :

La température moyenne annuelle est de 28°1. Elle se répartit ainsi :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M
Maxima	35,4	37,1	39,7	39,7	36,2	32,9	30,8	30,2	31,1	33,1	36,3	35,2	34,8
Minima	17,1	19,5	23,5	25,4	24,1	22,6	22,2	22,0	21,8	21,9	19,0	16,7	21,3
Moyenne	26,3	28,3	31,6	32,6	30,2	27,8	26,5	26,1	26,5	27,5	27,7	26,0	28,1

Le maximum de température se produit en fin de saison sèche, puis on note un premier refroidissement en saison humide et un second en décembre. Le refroidissement pluvial est surtout marqué sur les maxima alors que les températures les plus basses se produisent en décembre.

Evaporation

L'évaporation mesurée (Piche) est de 2380 mm par an :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
276	275	350	324	201	123	99	76	75	115	229	238mm

* GAROUA sur 43 années et GUIDER sur 34 années

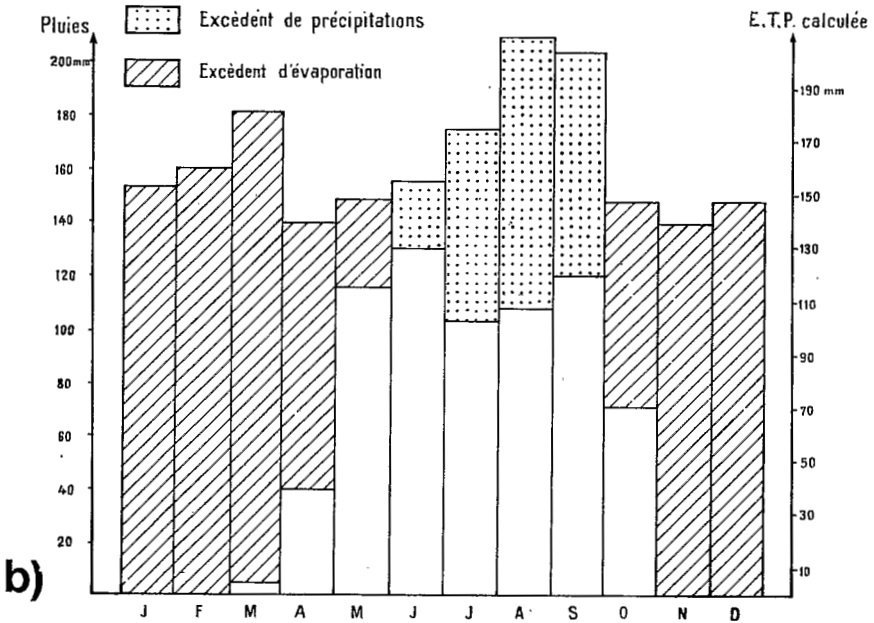
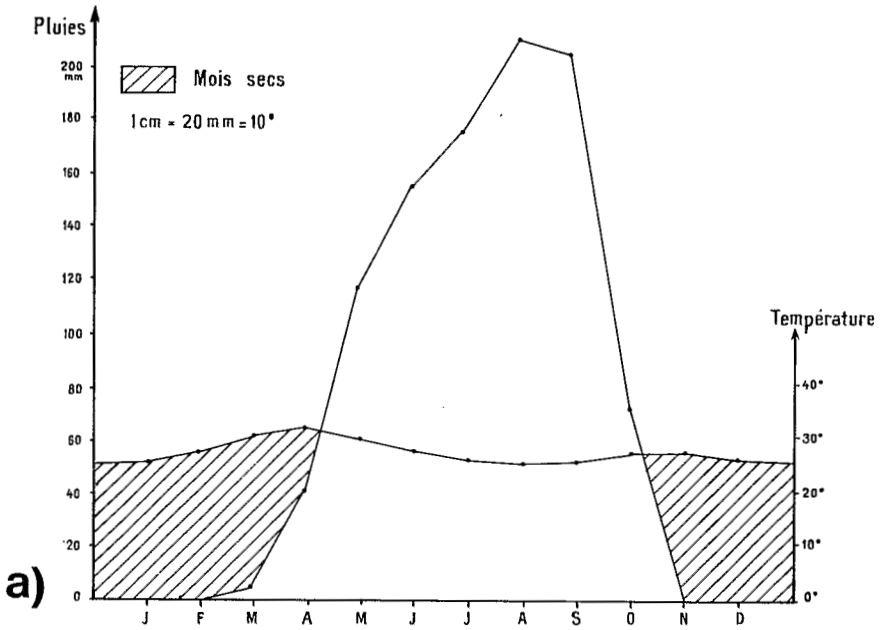


Figure 4
 a – Courbe ombrothermique de Gausson
 b – Evapotranspiration et pluviométrie (d'après P. Brabant)

L'insolation (héliographe Campbell) est de 2776 heures par an avec un minimum en septembre et en avril.

L'évapo-transpiration potentielle calculée par la formule de Turc (P. BRABANT 1967) est de :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
153	160	180	140	148	130	103	108	121	147	139	147 mm

Son excédent par rapport à la pluviométrie est de :

+153 +160 +175 +100 + 31 - 25 - 72 -101 - 83 + 76 +138 +147 mm

On peut donc prévoir qu'à partir de mai le sol s'humecte, reconstitue ses réserves et qu'un drainage s'établit en août et septembre. En octobre l'évaporation l'emporte de nouveau sur les précipitations et le sol commence à s'assécher. Dans un sol ferrugineux épais de 2 m (GM 33 chapitre II 63) la variation saisonnière d'humidité volumique est de 10 % environ (F.X. HUMBEL 1970) soit une tranche d'eau de 200 mm dont l'évaporation pourrait donc être réalisée vers décembre et la reconstitution en août.

De janvier à avril pour les sols les plus profonds les mouvements d'eau dans le sol seraient donc très lents et très réduits. Dans les sols moins épais le blocage de l'activité du sol consécutif à son assèchement pourra même débiter encore plus tôt.

La courbe ombrothermique de Gausson située également de mai à septembre la période où le sol humecte puis draine ses horizons profonds.

4. LES MATERIAUX ORIGINELS ET LEUR ALTERATION

Les matériaux originels des sols étudiés dérivent soit directement des roches du substratum géologique soit des formations superficielles recouvrant celles-ci.

4.1 — Le substratum géologique

Il est formé de roches très diverses, cristallines acides et basiques, cristallophylliennes, volcaniques acides, sédimentaires (grès et alluvions), etc.

Le substratum géologique de la moitié nord de la feuille Garoua est formé de roches cristallines et cristallophylliennes avec trois synclinaux pincés de roches sédimentaires, d'âge crétacé, orientés est-ouest (E. KOCH 1959 et P. SCHWOERER 1965).

Des granites d'âge et de composition variés forment la partie ouest qui borde la frontière de Nigéria. Une structure annulaire de 6 km de diamètre comportant des roches basiques (gabbros) existe au nord de Bachéo (Mboutou). La nouvelle route Dembo-Sorau la traverse. Les massifs de la région de Dembo, Dourbey, Bossoum, Peské-Bori, Lombel-Ribao sont également granitiques.

Les roches cristallophylliennes sont essentiellement des gneiss (ectinites et migmatites). Une bande allongée de collines quartzitiques suit la route Hama-Koussou-Dourbey.

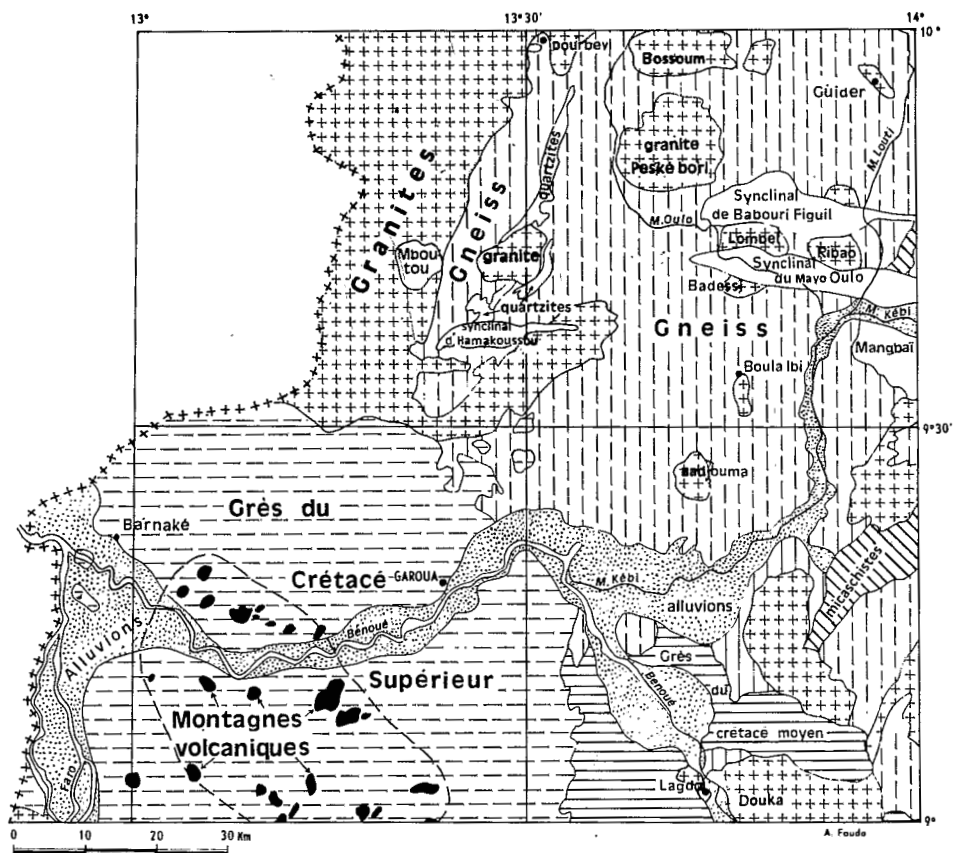


Figure 5 — Roches-mères
 (Partie ouest d'après P. Koch — Partie est d'après P. Schwoerer)

Les trois synclinaux sont formés d'épaisses formations sédimentaires plissées et faillées peu après leur dépôt au crétacé inférieur. Ce sont :

- Le synclinal d'Hama-Koussou formé de grès, schistes et marnes d'origine détritique, laguno-lacustre. Il s'allonge d'est en ouest sur 20 km, de part et d'autre de la route Garoua-Dourbey au niveau d'Hama-Koussou.

- Le synclinal de Babouri Figuil de 30 km de longueur est-ouest et 5 km de largeur sauf à l'est du mayo Louti où il s'amincit. Il est formé d'une puissante série de grès arkosiques grossiers, ferrugineux à passées conglomératiques, de marnes et de schistes avec sill de dolérites.

- Le synclinal de mayo-Oulo situé immédiatement au sud du précédent et qui se prolonge au Tchad jusqu'à Léré. Il est un peu moins large que celui-ci, formé également de schistes argileux et de marnes-schistes à intercalations gréseuses et suivi par un sill de dolérites.

Enfin à l'est du mayo Kébi l'hosseré Mangbai est formé de roches détritiques et volcaniques.

Le matériau originel des sols du quart sud-ouest de la feuille est formé de grès du crétacé supérieur et de matériaux d'apport alluvial et colluvial. Des extrusions volcaniques émergent en outre de la couverture gréseuse.

Ces grès de Garoua sont d'origine continentale et fluviale, de composition quartzo-feldspathique à ciment quartzo-ferrugineux ou argileux. Leur stratification est entrecroisée et ils comportent des lentilles argileuses intercalaires et des encroûtements ferrugineux. Ces grès affleurent en de nombreux points, soit sous forme de massifs tabulaires aux formes variées dominant la pénéplaine, soit en dalles au sommet de certains interfluves, plus rarement sur la pente des talwegs. Le matériau des vallées et talwegs, de forme mollement concave, du bassin gréseux est apparu, dans les quelques puits où il était visible, formé de dépôts colluviaux fins stratifiés, accumulés sur plusieurs mètres ou décimètres d'épaisseur, témoignant d'une importante phase de remblaiement d'un modelé plus accidenté.

Les matériaux d'apport alluvial de la Benoué et du Faro occupent de vastes surfaces de part et d'autre des vallées de ces rivières et notamment près de leur confluent. Ils sont argileux, limoneux ou sableux, rarement plus grossiers, et de composition quartzo-feldspathique. Les sables dominent dans le lit actuel et dans les bourrelets de berge, les limons et argiles dans les zones d'inondation.

Les massifs volcaniques, principalement trachytiques dominent le paysage de plusieurs dizaines ou centaines de mètres et leur diamètre peut atteindre 4 km. En fait, ils rebroussement généralement la couverture gréseuse ce qui limite l'affleurement de la roche volcanique. Le trachyte est hyper-alkalin à aegyrine (P. KOCH 1959) ; il est compact, gris verdâtre à fins cristaux allongés de minéraux ferromagnésiens verts. Ces extrusions qui comportent aussi des andésites, des basaltes, des syénites et des gabbros forment un secteur de forme ovale allongé sur 50 km dans l'axe Boumedjé-Barnaké et traversé obliquement par la Benoué.

Dans le quart sud-est de la feuille les roches cristallines et cristallophylliennes du socle sont partiellement masquées par des matériaux d'apport alluvial et des formations sédimentaires du crétacé moyen.

Les formations alluviales sont axées sur les vallées de la Benoué et du mayo Kébi. Elles comportent des dépôts sableux, limoneux et argileux dans les vallées actuelles et, sur les rives, de hautes terrasses fluviales principalement sableuses.

Le grès arkosique à ciment argileux du crétacé moyen couvre la région comprise entre la route de Garoua à Ngaoundéré et la Bénoué puis forme un vaste affleurement N.W-S.E entre la Benoué et le mayo Kébi. Il contient d'importantes lentilles argileuses et de nombreux niveaux de gros galets roulés.

Le socle comporte des intrusions granitiques (hosséré Badjouma, et région est de Lagdo et Adoumri), des gneiss et micaschistes. Ces derniers forment un vaste affleurement à l'est de Bibémi.

Les formations superficielles

Les formations superficielles sont constituées des dépôts alluviaux et colluviaux déjà cités et d'importants glacis de piedmont. Par contre, à la différence de la région de Poli, les cuirasses latéritiques n'occupent pas de surfaces importantes ou nettement dégagées (une exception à l'ouest de Tchéboa). Cette discrétion relative du cuirassement est selon R. MAIGNIEN (1968) en relation avec la disparition de tout un héritage, ce qui limite les sources de sesquioxides aux seuls processus actuels d'hydrolyse.

Les glacis d'accumulation de piedmont ou de haute vallée présentent une grande extension dans la partie nord de la feuille Garoua. Ils ont été étudiés au Nord-Cameroun par J. HERVIEU (1969) qui les attribue au quaternaire et y voit des formes d'accumulation pure ou d'ennoyage, d'origine climatique, ayant fossilisé un relief antérieur non aplani.

Ils sont particulièrement bien développés dans les massifs du nord-ouest entre les hautes vallées des mayos Tiel et Tsikakiri ainsi que dans les massifs de Bossoum et de Peské-Bori. Ce sont des formes résiduelles en cours de dissection climatique, mieux conservées ou préférentiellement établies aux bords des massifs de granites subporphyroïdes calco-alkalins, à phéno-cristaux de feldspaths et biotite et se présentant en chaos de boules. Leur épaisseur atteint 25 à 40 m, leur longueur plusieurs kilomètres, leur pente d'érosion actuelle est supérieure à la pente originelle des dépôts qui était de 3 à 10 %, enfin leur altitude est variable comme celle des piedmonts qu'ils garnissent et ils se raccordent progressivement à des terrasses fluviales (d'où leur appellation de glacis-terrasses).

J. HERVIEU y distingue deux épisodes paléo-climatiques de mise en place (Douroumien et Bossoumien) séparés par une phase de pédogénèse de type fersialitique (Peskéborien) suivie d'une phase de dissection partielle des premiers dépôts.

Les types d'altération

L'épaisseur du solum (horizons A et B où l'architecture primitive du matériau originel est effacée par les actions pédogénétiques) des sols évolués ne dépasse guère un mètre ou deux sauf sur les grès de Garoua où elle peut atteindre localement trois mètres.

L'altération sous-jacente (horizon C de roche à architecture conservée mais déjà argilisée ou nettement allégée par départ de matière en solution) est d'épaisseur

variable selon la perméabilité du matériau et le type de pédogénèse mais généralement peu importante. Il en est de même pour les sols peu évolués qui couvrent de grandes superficies au nord de la Benoué et dont le solum est par ailleurs très mince.

Cette faible épaisseur du solum et de l'altération au nord de la Benoué peut être reliée à la forte activité actuelle et passée de l'érosion dans cette région. Ceci explique, qu'en dehors des piedmonts ou des vallées où ils ont été protégés par des formes d'accumulation, les héritages des pédogénèses anciennes se limitent souvent à des constituants grossiers plus ou moins incorporés au sol actuel.

Toutefois pour J. HERVIEU (1968) certains horizons argilisés observés à la partie inférieure des sols actuels pourraient être hérités de périodes plus anciennes, et même certains horizons supérieurs sableux des régions gréseuses être rapportés. Les nombreuses variations climatiques quaternaires récurrentes (J. HERVIEU propose ainsi quatre incursions de climats secs dans le Nord-Cameroun) rendent en fait difficile l'attribution d'un faciès d'altération donné à une phase paléo-climatique donnée. En l'absence de datations absolues la généralisation aux paysages d'érosion des chronologies relatives établies dans les paysages à formes d'accumulation emboîtées s'avère encore délicate. Les types d'altération rencontrés sur la feuille Garoua seront donc décrits sans préjuger de leur actualité ou de leur concordance avec la pédogénèse sus-jacente.

Les formes d'altération rencontrées à la base des profils évolués peuvent en effet correspondre aux pédogénèses ferrugineuse, fersiallitique, hydromorphe, vertique et sodique sus-jacentes. La désagrégation et la fragmentation mécaniques apparaissent principalement dans les premières, les néosynthèses de minéraux argileux de type 2/1 dans les suivantes :

— L'horizon C d'altération des sols ferrugineux tropicaux diffère sensiblement des grès de Garoua aux roches du socle notamment par sa minéralogie (H. PAQUET 1969) :

Sur grès, la kaolinite représente la quasi totalité des minéraux argileux présents dans la fraction fine et on ne note pratiquement aucune variation de la composition minéralogique de la roche-mère jusqu'à la surface du sol.

Sur schistes argileux (Poli), la corrensite (interstratifié régulier chlorite-montmorillonite) héritée de la roche-mère l'emporte sur la kaolinite mais elle disparaît dans le solum.

Sur micaschistes (Poli), la kaolinite voisine avec un mélange illite ouverte-biotite, chlorite et interstratifiés provenant de la transformation de la chlorite. La montmorillonite et les produits d'altération de la chlorite ne sont pas conservés dans le solum.

Sur granites et gneiss, la kaolinite (ou l'illite) domine, mais il apparaît de la montmorillonite (peu abondante dans les faciès leucocrates) qui disparaît dans le solum.

Des feldspaths potassiques hérités de la roche-mère se maintiennent dans l'altération et persistent dans le solum où se poursuit leur pulvérisation.

En résumé, les altérations "au travail dans le domaine ferrugineux" sont variées, ménagées (influence de la roche-mère, maintien de feldspaths potassiques et

d'illite) et orientées vers le pôle kaolinique tant que le drainage reste correctement assuré (H. PAQUET).

— L'horizon C d'altération des sols fersiallitiques rouges tropicaux (D. MARTIN, G. SIEFFERMANN et M. VALLERIE 1966) a une épaisseur variable (0,5 à 2 m), un aspect variant avec la roche-mère mais une couleur moins rouge et une texture moins argileuse que l'horizon B. Son pH est neutre ou légèrement basique, sa capacité d'échange peut atteindre 30 mé avec un taux de saturation de 70 à 90 %, ses réserves minérales sont importantes, plus élevées sur micaschistés que sur embréchites, avec dominance du magnésium. Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ est de 2.8 à 3.4, le rapport $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ supérieur à 2. La fraction argileuse est composée de kaolinite, montmorillonite, illite et vraisemblablement de chlorite qui disparaît dans les horizons supérieurs. La synthèse de la montmorillonite et de la chlorite se ferait dans un milieu enrichi en cations alcalino-terreux par insuffisance de percolation des eaux tièdes agissant sur des roches relativement basiques. L'illite et la kaolinite se forment à partir des minéraux de la roche ou à partir des minéraux argileux précédents quand intervient une amélioration de la percolation vers le haut de l'horizon. Le fer est fortement fixé sur les argiles qu'il colore en rouge.

L'architecture de la roche-mère est nettement conservée mais celle-ci devient friable, parcourue de joints argilisés rouges et progressivement allégée, sa densité apparente passant de 2.2 en profondeur à 1.8 sous l'horizon B (F.X. HUMBEL 1970).

— L'horizon d'altération des sols hydromorphes de la région étudiée est mal connu sauf pour les sols à pseudo-gley lessivés, à drainage externe assuré, dérivés de roches métamorphiques et granitiques, étudiés par D. MARTIN (1969) qui les qualifie de lithomorphes.

Ces derniers occupent de grandes superficies au sud-est de la feuille Garoua et sur la feuille Poli.

L'architecture de la roche est conservée, mais l'allègement peut être considérable (densité apparente 1.6 sur gneiss au sud de Poli) et l'horizon C épais parfois de plusieurs mètres, est de couleur claire et pauvre en minéraux ferromagnésiens. Les néosynthèses argileuses font apparaître en abondance de la montmorillonite qui se maintient à la base des horizons B, à côté de la kaolinite et de l'illite. Le pH est neutre à basique, le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ nettement supérieur à 2, la capacité d'échange est de 20 à 70 mé et saturée en cations à 70-100 %, les teneurs en fer, libre et total sont faibles (0.8 et 0.4 % dans un profil de Bibemi), les réserves en cation élevées avec dominance du magnésium.

D'après D. MARTIN c'est la néosynthèse de montmorillonite dans un milieu riche en cations (nature de la roche et percolation insuffisante), mais pauvre en fer qui favorise ici l'hydromorphie en créant un horizon argileux compact peu perméable à la base du solum.

L'horizon d'altération des vertisols a été atteint vers 1 m de profondeur en moyenne. Il est de teinte gris-jaune-olive, et de texture sableuse. L'architecture de la roche est conservée, mais les minéraux feldspathiques et ferro-magnésiens sont friables et l'on y observe des joints ou poches argilisés de couleur plus sombre. Le pH est élevé, la capacité d'échange, de 10 mé environ, est saturée en cations échangeables. On trouve dans H. PAQUET (1969) des données sur la composition minéralogique de la fraction fine de vertisols des régions voisines: "la fraction argileuse comporte 70 à 100 % de montmorillonite, 20 à 30 % de kaolinite et au maximum 10 % d'illite. Cette composition minéralogique apparaît en général dès la zone d'altération quelle

que soit la roche-mère, et se maintient constante dans le sol. Les minéraux argileux ne subissent en général aucune évolution dans le profil. La montmorillonite, appartenant à la série des beidellites ferrifères, est toujours très bien cristallisée dans toute l'épaisseur du profil". En outre des feldspaths généralement potassiques et de la biotite subsistent en faibles quantités dans tous les horizons.

La montmorillonite paraît se former à partir des ions libérés par l'hydrolyse de tous les minéraux de la roche-mère dont la marque est ainsi complètement effacée dès la zone d'altération (H. PAQUET). Sa néosynthèse massive résulte du mauvais drainage des ions calcium et magnésium dans un milieu confiné chaud et humide, la présence simultanée de la kaolinite s'expliquant par des variations fines ou successives du drainage.

L'horizon d'altération des sols sodiques a été rencontré à plus d'un mètre de profondeur sauf évidemment dans les faciès érodés. Sa teinte est olive-pâle, sa texture sableuse, l'architecture de la roche-mère est conservée, mais elle est parcourue de joints argilisés brunâtres. Sa friabilité est faible, son humectation lente, sa capacité d'échange, de 10 mé environ, est saturée en cations échangeables dont 1 à 5 mé de sodium ; son pH est nettement supérieur à 8, sa teneur en fer total est de 3 % environ et il contient souvent un peu de carbonates (0.4 %).

Sa composition minéralogique est connue également par les travaux de H. PAQUET (1969) qui traitent en particulier de solonetz solodisés du Tchad : la teneur en montmorillonite varie de 0 à 80 %, celle de la kaolinite de 10 à 50 % et celle de l'illite de 0 à 40 % de la fraction argileuse. Ce type d'altération prend naissance dans un milieu comparable à celui des vertisols, les différences se manifestant essentiellement dans le solum : on y observe une diminution progressive de la montmorillonite (de moins en moins bien cristallisée), tandis qu'augmentent corrélativement les teneurs en kaolinite (moins bien cristallisée) et en illite (plus ou moins transformée). Le rôle du sodium dans les différenciations morphologiques et minéralogiques des profils est discuté (cf. P. BRABANT 1967 et M. GAVAUD 1971).

5. LE MODELE ET LES SOLS

Le modelé de la feuille Garoua est axé sur le cours de la Benoué qui quitte le Cameroun à l'altitude de 156 m peu après son confluent avec le Faro. Il est épaulé au nord par les monts Mandara qui forment le rebord nord d'une vaste "cuvette" dont le rebord méridional est constitué par les plateaux de l'Adamaoua à 150 km au sud de cette carte. Des massifs montagneux importants existent au nord dans la région de Dourbey en bordure sud des monts Mandara. L'altitude y dépasse 1000 m dans les massifs de Peské-Bori, Bossoum et Goho. Près de la Benoué des entablements gréseux et des extrusions volcaniques dominent le paysage d'une hauteur de 100 à 400 m.

De nombreux reliefs granitiques isolés, à morphologie d'inselbergs, mais dont les pentes sont encombrées de chaos de boules existent aussi au sud-est (hossérés Douka, Goré, Badjouma) à l'est (Badessi, Mangbaï et Heri) et au centre (Ngoutchoumi, Banayo, etc.).

Le reste du paysage commandé par ces reliefs est faiblement dénivélé et D. MARTIN (1966) et P. SEGALEN (1967) qui ont étudié les caractéristiques générales reliant les sols et les types de modelé le qualifient de surface d'aplanissement récente de la Benoué. L'altitude de cette "surface" passe de 200 m près de la Benoué

à 500 m au nord de la carte ce qui donne une pente moyenne de 0,4 %. Au sud, la pénéplaine ne remonte qu'à 280 m en limite de la carte.

Ce paysage caractérisé par ses faibles dénivellations entre talwegs et sommets d'interfluve recouvre en fait des paysages pédologiques variés :

Le bassin des grès de Garoua du crétacé supérieur est formé de vastes interfluves convexo-concaves mal drainés dont les sols sont fortement différenciés verticalement et latéralement, sans inversion de reliefs cuirassés. Les processus pédogénétiques sont le lessivage du fer et de l'argile en haut d'interfluve, l'hydromorphie et l'argilisation en bas de pente. Au centre du bassin, entre les montagnes trachytiques, l'érosion est active, les sols peu épais et peu évolués, les mayos inscrits dans la roche. La cause de ce rajeunissement peut être soit un léger soulèvement localisé, en liaison possible avec les extrusions volcaniques, soit l'action d'un front d'érosion régressive qui attaque actuellement le paysage précédent.

A l'est du mayo Kébi sur les micaschistes et roches voisines le modelé est finement disséqué en petits interfluves caillouteux à sols rouges tropicaux en haut et vertisols lithomorphes en bas de pente.

Au sud-est entre la Benoué et le mayo Kébi, le paysage forme un glacis en pente douce, mal drainé par un réseau dense mais peu imprimé. Des sols argilisés divers s'y développent, sodiques, hydromorphes, vertiques avec parfois un horizon caillouteux superficiel à contact inférieur "planique". Les interfluves les plus importants portent des coiffes de sols lessivés ferrugineux sur matériaux plus graveleux.

Les vallées principales de la Benoué, du Faro et du mayo Kébi présentent au niveau du cours actuel de longs bancs de sables périodiquement remaniés, un bourrelet de berge finement sableux puis une vaste zone d'inondation limono-argileuse d'évolution verticale ou hydromorphe avec des mares permanentes bordées de sols à gley.

La région ouest et centrale sur roches du socle présente un réseau hydrographique serré et inscrit dans la roche avec pavage de cailloux et nombreux affleurements rocheux. Les matériaux d'apport sont limités à quelques bandes alluviales sableuses et à de courts glacis de piedmont. Les sols sont faiblement développés avec juxtaposition de diverses tendances évolutives où domine l'argilisation de type verticale.

Au nord entre les massifs montagneux apparaissent d'importants glacis de piedmont et de hautes plaines en cours de démantèlement drainés par les mayos Oulo, Tiel et Tsikakiri. Les pédogénèses ferrugineuses et fersiallitiques marquent les glacis d'accumulation, tandis que l'argilisation est plus marquée dans les hautes plaines avec généralisation des marques d'hydromorphie.

Au nord-est sols rouges tropicaux et vertisols prennent une grande extension sur les roches basiques du socle et des synclinaux, entre de vastes affleurements de sols peu évolués.

Conclusion : Trois ensembles s'opposent nettement :

— Au nord un paysage de massifs à morphologie d'inselbergs dont les piedmonts et vallées intérieures portent encore des glacis d'érosion et d'accumulation en cours de dissection.

- Au centre un paysage aplani par l'érosion où, sous des "champs de cailloux" et entre des affleurements rocheux les divers matériaux s'argilisent et orientent par leurs caractères physico-chimiques les pédogénèses naissantes.
- Au sud de la Benoué un paysage à amples ondulations dont les faibles dénivelées résultent cette fois d'un remblaiement des talwegs par des colluvions dégarnissant irrégulièrement les interfluves et où les pédogénèses ferrugineuses et hydromorphes s'inscrivent parfois profondément. Ce paysage est lui-même en cours de dissection.

6. LA VEGETATION

Les savanes soudaniennes (R. LETOUZEY 1958) dont le domaine au Cameroun s'étend du plateau de l'Amadaoua au sud jusqu'aux monts Mandara au nord couvrent la majeure partie de la carte Garoua. Entre la Benoué et les monts Mandara apparaissent toutefois des éléments sahéliens qui en font une zone de transition vers le domaine sahélien des steppes à épineux. Les monts Mandara qui bordent la carte au nord portent des formations soudaniennes d'altitude dont le seul élément vraiment montagnard est *Woodfordia uniflora*.

Les savanes soudaniennes arborées et boisées sont dominées par *Monotes kerstingii*, *Isobertinia dalzielii*, *I.docka* et *Anogeissus schimperi* qui ombragent un tapis graminéen à base d'*Hyparrhenia* diverses, de *Digitaria uniglumis*, de *Loudetia arundinacea* et où l'on rencontre en abondance *Aframomum sanguineum*.

Les espèces ligneuses secondaires plus ou moins caractéristiques de cette zone soudanienne sont :

Acacia caffra, *A.sieberiana*, *Afzelia africana*, *Butyrospermum parkii*, *Cassia sieberiana*, diverses espèces de *Combretum*, *Daniellia oliveri*, *Detarium senegalense*, *Entada africana*, diverses espèces de *Gardenia*, *Khaya senegalensis*, *Lannea microcarpa*, *Lophira lanceolata*, *Parkia biglobosa*, *Poupartia birrea*, *Prosopis africana*, *Protea madiensis*, *Pseudocedrela kotschyi*, *Pterocarpus erinaceus*, *Swartzia madagascariensis*, *Tamarindus indica*, *Terminalia avicennioides*, *T.dewevrei*, *T.macroptera*, *Tetrapleura andongensis*, *Trichilia emetica* et dans les bas-fonds *Uapaca somon*.

Entre la Benoué et les monts Mandara, dans la zone de passage aux formations sahéliennes de steppes à épineux certaines espèces ont une concentration particulière telles *Adansonia digitata*, *Anogeissus schimperi*, *Boswellia odorata* et *dalzielii*, *Burkea africana*, *Ficus* sp.pl., *Poupartia birrea*, *Prosopis africana*, *Sterculia setigera*. Les éléments sahéliens sont *Acacia caffra*, *A.sieberiana*, *Balanites aegyptiaca*, *Faidherbia albida* et leurs incursions dans le domaine soudanien se font souvent à la faveur de dégradations d'origine humaine.

Le baobab (*Adansonia digitata*) le ronier (*Borassus aethiopicum*) le kapokier (*Bombax costatum*) les ficus et le tamarin sont liés à la présence humaine ancienne ou récente.

Le fond de la vallée inondable de la Benoué supporte des prairies à *Aristida*, *Cymbopogon*, *Loudetia*, *Vetiveria nigrítiana*. Une végétation flottante d'*echinocloa stagnina* couvre les plans d'eau permanents.

Ces savanes soudaniennes ou soudano-sahéliennes prennent différents aspects et compositions qui sont en relation avec l'influence humaine, la durée d'inondation,

la proximité de la nappe phréatique, l'épaisseur du sol et ses propriétés physico-chimiques (J. PIAS et G. BACHELIER 1952, G. SIEFFERMANN 1964). Les relations entre paysage végétal et type de sol passent donc par l'intermédiaire des paysages pédologiques et humains et les associations observées ont habituellement un caractère assez localisé. On constate cependant que :

En bordure des mayos s'établit une savane arborée avec quelques beaux arbres : *Khaya senegalensis*, *Anogeissus leiocarpus*, *Acacia sieberiana*, *Acacia senegal*, *Ziziphus jujuba* et aussi *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca*.

Sur les massifs et les sols peu épais, la savane est arbustive avec *Boswellia africana*, *Acacia hebecladoides*, *Daniella oliveri*, *Sterculia tomentosa*, *Terminalia* sp., *Anogeissus leiocarpus*, *Bauhinia reticulata*, *Entada sudanica*, *Poupartia birrea*, *Combretum* sp., *Gardenia* sp., *Strychnos spinosa*, *Ziziphus jujuba*, etc.

Sur les interfluves normalement drainés, la savane est arbustive ou arborée avec divers *Combretum*, *Daniellia oliveri*, *Butyrospermum parkii*, *Bauhinia*, *Stereospermum kuntianum*, *Prosopis africana*, *Sterculia*, *Acacia sieberiana*, des *Ficus*.

Sur certains sols argileux vertiques *Acacia seyal* et *Acacia hebecladoides* dominant.

Sur les sols sodiques, on note souvent une végétation discontinue ou contractée avec des bouquets boisés à base d'épineux et des plages stériles ou à petites graminées: *Balanites aegyptiaca*, *Ziziphus jujuba*, *Lanea humilis*, *Comiphora africana*, *Tamarindus indica*, *Ziziphus spina-christi*, *Acacia caffra*, *Acacia seyal*. *Guiera senegalensis* sur les plages sableuses.

Sur les hautes terrasses sableuses, le tapis graminéen est le plus souvent à base d'*Aristides*. La savane est arborée avec *Faidherbia albida*, *Hyphaene thebaïca*, *Borassus aethyopum*, *Kigilia africana*, *Piliostigma rufescens*, *Bauhinia reticulata*.

DEUXIEME PARTIE

LES SOLS

CLASSIFICATION

Les sols rencontrés sur la feuille Garoua appartiennent à sept classes de la classification française C.P.C.S. :

- classe I des sols minéraux bruts
- classe II des sols peu évolués
- classe III des vertisols
- classe VII des sols brunifiés
- classe IX des sols à sesquioxydes
- classe XI des sols hydromorphes
- classe XII des sols sodiques (naguère appelés halomorphes)

Les sols brunifiés de la classe VII qui ne se présentent pas en affleurements cartographiables à l'échelle de 1/200.000 n'ont pas été portés sur la carte. Des sols carbonatés ayant des caractères de la classe V des sols calci-magnésiques ont été rencontrés, également en affleurements non cartographiables. Il existe enfin de nombreux profils dans lesquels le lessivage de l'argile constitue le principal caractère de différenciation. Ils ont été répartis cependant dans les différentes classes avec lesquelles ils présentaient des affinités. Quelques exemples sont présentés après les sols peu évolués.

La légende pédologique qui a été adoptée est la suivante :

SOLS MINERAUX BRUTS, d'origine non climatique
d'érosion

- lithique sur roches acides
- régosoliques sur alluvions

SOLS PEU EVOLUES, d'origine non climatique
d'érosion

- régosoliques (localement lithiques) sur granites, gneiss, micaschistes schistes, grès, altération de sol rouge tropical
- à faciès hydromorphe
- à faciès vertique

- d'apport alluvial
- d'apport colluvial

VERTISOLS à drainage externe nul ou réduit
à structure anguleuse

modaux
hydro-halomorphes
à drainage externe possible

à structure anguleuse
verticales
modaux
hydro-halomorphes

SOLS A SESQUIOXYDES DE FER, ferrugineux tropicaux
peu lessivés

à complexe presque saturé

lessivés

- modaux (faciès à horizon B rouge, à horizon bariolé, à horizon A2 hypertrophié)
- concrétionnés (faciès faiblement concrétionnés)
- indurés
- faciès intergrade vers les sols fersiallitiques.

SOLS A SESQUIOXYDES DE FER, fersiallitiques
Sols rouges tropicaux

SOLS HYDROMORPHES minéraux
à gley peu profond
à pseudogley de surface ou à nappe perchée
à amphigley

SOLS SODIQUES à structure dégradée
à horizon B solonetzique ou à horizon blanchi.

REPARTITION GEOGRAPHIQUE

Les sols minéraux bruts d'érosion couvrent la plupart des pentes rocheuses ou chaotiques des massifs et inselbergs. Ils sont un peu moins nombreux au centre-est et dans le bassin gréseux. Les sols d'apport ne forment qu'une seule bande alluviale importante, dans la vallée du Faro.

Les sols peu évolués d'érosion sont très abondants dans la moitié nord de la carte sur des roches diverses, les sols d'apport alluvial dans les vallées principales et les sols d'apport colluvial dans certaines vallées intérieures des massifs.

Les vertisols alluviaux s'observent dans les vallées principales, surtout dans les zones de confluence de la Benoué avec le Faro et le mayo Kébi. Les vertisols lithomorphes, plus ou moins évolués occupent une large bande N.W-S.E, du mayo Tiel au mayo Kébi, qui se poursuit à l'est de ce dernier, en association avec les sols rouges tropicaux.

Les sols ferrugineux tropicaux garnissent une grande superficie de grès de Garoua au sud-ouest et abondent aussi dans le bassin du mayo Tiel, près de Guider et sur les glacis des massifs du nord-ouest.

Les sols fersiallitiques rouges tropicaux sont concentrés sur les roches riches en minéraux ferro-magnésiens du bassin du mayo Kébi.

Les sols hydromorphes sont presque absents de la moitié nord de la feuille. Ils occupent par contre de grandes zones alluviales dans le bassin gréseux notamment près des confluences. Au sud-est ils gagnent, en association avec les sols sodiques, l'ensemble du paysage (sols lithomorphes) sauf quelques sommets d'interfluves.

Les sols sodiques s'étendent principalement dans une bande de terrain N.W-S.E prenant la carte en écharpe de SORAU à DOBINGA. Ils existent ailleurs dans quelques vallées ou formations alluviales anciennes (Barnaké).

Conclusion : L'opposition est nette entre la moitié sud-ouest gréseuse à sols ferrugineux tropicaux, sols hydromorphes et vertisols alluviaux et la moitié nord dominée par les sols peu évolués d'érosion sur roches du socle. Les sols sodiques et vertiques lithomorphes se répartissent en deux bandes obliques et les sols rouges tropicaux se rassemblent à l'est. On constate en outre sur les grès de Garoua, de part et d'autre de la Benoué, une tendance au rajeunissement des sols dans un large ovale N.W-S.E circonscrit par les extrusions trachytiques.

VOCABULAIRE ET PRESENTATION DES DONNEES

Le vocabulaire est celui des pédologues de l'ORSTOM avec pour les couleurs référence au code Munsell. Ont été en outre utilisés des tests de comportement à l'humectation qui sont les suivants :

On dépose sur une cassure (structure continue) ou une face d'agrégat des gouttes d'eau au rythme de deux par seconde jusqu'à formation d'un ménisque stable sur le support. La vitesse d'humectation est :

très rapide si le temps de stagnation de chaque goutte n'est pas perceptible.

rapide si l'eau d'une goutte s'infiltre avant la chute de la suivante

peu rapide si l'eau est absorbée dans un rayon de un centimètre

lente si l'eau pénètre lentement en se déplaçant.

très lente si l'eau se déplace sans pénétrer sensiblement.

La stabilité à l'humectation est le comportement de l'échantillon complètement humecté. La structure est :

très stable si l'agrégat garde forme et cohésion et si l'eau rejetée est claire.

stable si l'agrégat humecté ne se brise qu'à la préhension.

peu stable s'il s'effondre lentement et incomplètement après humectation.

instable s'il s'effondre avant humectation totale et perd de l'argile:

très instable s'il se délite complètement, l'eau entraînant toute sa substance.

Le comportement à l'humectation apparaît souvent caractéristique d'un type d'horizon. Il renseigne sur la dynamique saisonnière de la structure et a donc été décrit à la suite de celle-ci.

Les données analytiques sont présentées, à la fin des descriptions dans des tableaux avec les abréviations suivantes :

pH	l'acidité à l'eau
R	le refus ou taux % pondéral de constituants supérieurs à 2 mm.
A	le taux % pondéral d'argile hors refus.
L	le taux % pondéral de limons (fins et grossiers) hors refus.
FT	le taux % de Fe_2O_3 total obtenu à l'attaque nitrique.
T	la capacité d'échange en mé (milli-équivalent/100 g terre).
SC	la somme des cations échangeables en mé (Ca + Mg + K + Na).
V	le taux % de saturation de T par SC.
Na	la teneur en mé de sodium échangeable.
Na/T	le taux % de sodium rapporté à la capacité d'échange.
CT	la somme en mé des cations totaux.
CB	le taux % de carbonates.
MO	le taux % de matière organique.
C/N	le rapport carbone/azote de MO.
PT	le taux ‰ de phosphore total

1. LES SOLS MINÉRAUX BRUTS

DEFINITION ET CRITERES DE CLASSIFICATION

Les sols minéraux bruts (C.P.C.S. 1967) sont des sols à profil (A) C, (A) R ou R (roche nue) ne contenant que des traces de matière organique. La matière minérale subit une désagrégation et une fragmentation mécaniques plus ou moins poussées, accompagnées éventuellement d'une redistribution par des agents mécaniques, mais l'altération chimique reste insensible.

Ces sols s'observent sur des roches ou des formations superficielles qui n'ont pas encore subi ou que ne peuvent pas subir d'évolution pédologique.

Cette absence d'altération s'observe dans la région étudiée sur un matériel minéral récemment érodé ou mis en place. Les sols considérés participent donc à la sous-classe des sols minéraux bruts d'origine non climatique et aux groupes d'érosion et d'apport alluvial.

Les sols minéraux bruts d'apport alluvial n'existent que dans le cours actuel de la Benoué et de ses principaux affluents sous forme de bancs de sable ou de cuvettes de décantation argileuse. Ils accompagnent, dans le lit majeur, les sols peu évolués, les sols hydromorphes et les vertisols, mais ne figurent pas dans les affleurements de ces sols du fait de leur faible superficie.

Les sols minéraux bruts d'érosion existent sur roche dure (lithosols) ou sur matériau meuble (régosols). Des régosols sont créés lorsque l'érosion a enlevé l'horizon humifère A d'un sol peu évolué régosolique ou a déblayé l'ensemble du solum d'un sol évolué quelconque. Or, la dissection des paysages par l'érosion est active en de nombreux points de cette carte et elle a pour effet d'enlever la couverture pédologique meuble, antérieurement formée, pour faire la place à des régosols. Le déclenchement de l'érosion en nappe et en rigoles par des pratiques culturales inadaptées a un résultat équivalent. Ces régosols ne figurent pas sur cette carte car ils ne couvrent habituellement pas des surfaces cartographiables.

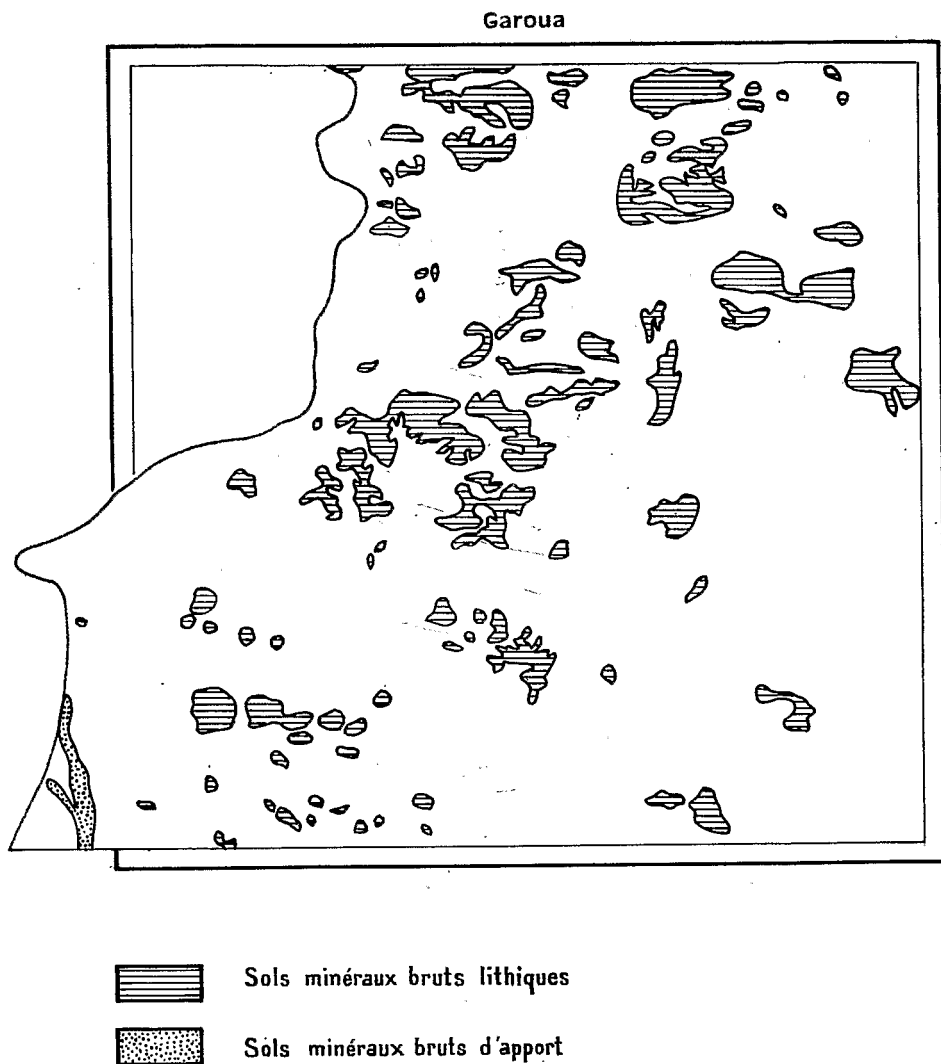


Figure 6 – Sols minéraux bruts

Les lithosols y occupent au contraire de grandes superficies sur les pentes des nombreux massifs et inselbergs. Leur profil est du type R (affleurement rocheux avec pellicule de lichens) plutôt que (A) C ou (A) R. On note tout au plus une expurgation rouille autour des minéraux ferrifères et une désagrégation des minéraux superficiels.

Les fortes pentes présentant à l'affleurement des dalles rocheuses ou des chaos de boules ont été cartographiées en sols minéraux bruts comme dans les travaux cartographiques antérieurs du Nord-Cameroun à plus grande échelle.

En réalité ces rochers nus n'occupent pas partout 50 % de la superficie et on observe entre les affleurements rocheux des sols parfois morphologiquement différenciés dont la tendance évolutive est de type ferrugineux tropical (roches acides) ou brun eutrophe, mais dont les caractères analytiques sont peu évolués. En voici trois exemples :

DESCRIPTION ET CARACTERES ANALYTIQUES DE CES INCLUSIONS

BBH 9 : profil situé sur le flanc sud du massif du Bossoum, au milieu d'un versant long de 400 m dont la pente est de 60 %. Boules de granite atteignant deux mètres de diamètre et couvrant 40 % du terrain. Végétation formée d'un tapis graminéen, continu entre les affleurements rocheux, et d'arbres espacés d'une dizaine de mètres : *Khaya senegalensis*, *Acacia sieberiana*, rares *Balanites*. En surface du sol, fragments rocheux anguleux juxtaposés limitant d'érosion.

- | | |
|---------------------|---|
| 0 - 9 cm
A1 | Brun 10 YR 4/2, 2/1 humide, constitué pour 80 % de sables et graviers (feldspaths et micas principalement) isolant des agrégats grumeleux cohérents prospectés par des radicules, de pH neutre, contenant 3 % de matière organique à C/N de 13, saturés en cations échangeables et riches en cations totaux. On dose 2 % de fer libre pour 7 % de fer total (rapport 30 %). La limite avec l'horizon sous-jacent est tranchée par la couleur et la consistance. |
| 9 - 20 cm
A2 | Dont la couleur en sec oscille du brun au jaune, 10 YR 5/4 à 7/6 (3/2 en humide), formé de fragments de roche couchés selon la pente et de graviers ou sables feldspathiques (refus 35 %, puis 80 % de sables), poreux et faiblement structuré un peu organique (0,8 %), presque saturé en cations. Limite tranchée de couleur et structure suivie par des racines horizontales. |
| 20 - 55 cm
B | Dont la teinte en sec est voisine du précédent mais 7,5 YR 4/4 en humide, toujours gravelo-sableux, mais avec 8 % d'argile, à structure polyédrique nette, peu poreux, contenant des blocs rocheux concordant à la pente et des grosses racines. Légère augmentation de la teneur en fer. Limite distincte. |
| 55 - 70 cm
I BC | Jaune-rouge 7,5 YR 6/6, 4/4 en humide, de même texture (4 % d'argile), mais différencié par sa forte porosité et le faible développement de sa structure. |
| 70 - 120 cm
II C | Granite altéré en place, peu quartzeux, désagrégable à la main, bistré par une expurgation rouille du fer. |

Dans tout le profil le pH est voisin de la neutralité, le complexe presque saturé (100 % en A et C, 70 % en B), les réserves en cations totaux sont élevées

(50 mé) le rapport: Fe libre/Fe total voisin de 1/3 ; la capacité d'échange décroît de 10 à 3 mé. On observe donc ici un sol apparenté aux sols ferrugineux tropicaux lessivés où les caractères de lessivage sont toutefois plus nets que ceux de l'accumulation. Les dépôts d'argile colorée compacte (servant à la construction des cases) qu'on remarque de place en place au bas du versant pourraient représenter une zone d'accumulation des matériaux fins lessivés obliquement sur la pente. Le lessivage oblique étant, dans cette perspective, un processus dominant dans la partie du paysage pédologique représentée par ce profil pourrait expliquer la faible différenciation verticale des caractères analytiques.

BBH 28 : profil situé sur le flanc ouest d'une colline gréseuse au nord d'Hama-Koussou. Grès fin et argileux affleurant en dalles. Replat anciennement cultivé (pierres en tas). Végétation arborée formée d'*Anogeissus*, *Butyrospermum*, *Gardenia*, *Piliostigma*. présentant à sa base une porosité vésiculaire. Horizons :

- | | |
|------------------|---|
| 0 - 3 cm
A11 | Plus gris que 10 YR 5/3, 3/3,5 en humide, de texture sableuse (15 % d'argile), structuré en lamelles durcies maintenues par des radicelles, contenant 3,6 % de matière organique à C/N de 17, de pH neutre, de complexe absorbant presque saturé par le calcium et le magnésium, mais peu pourvu en phosphore total (0,4 ‰). |
| 3 - 9 cm
A12 | Plus rose que 10 YR 5/3, 3/4 en humide, légèrement plus argileux mais fourni en plaquettes gréseuses horizontales, bien structuré en polyèdres cohérents absorbant l'eau lentement et tapissés de radicelles et de fines déjections de vers. Limite tranchée de structure. |
| 9 - 15 cm
A2 | Encore 10 YR 5/3, très grossier (plaquettes gréseuses) à structure particulière isolant quelques polyèdres, très poreux et bien prospecté par les racines, de pH neutre, de complexe absorbant saturé à 90 %, contenant encore 2,5 % de matière organique pour 17 % d'argile hors refus. Limite tranchée de couleur et texture. |
| 15 - 23 cm
B2 | De couleur brune 7,5 YR 5/4, plus rouge et plus foncé en humide 5 YR 3/4, sablo-argileux (21 % d'argile), mais toujours caillouteux, structuré en polyèdres fermes et peu poreux absorbant rapidement l'eau et bien prospecté par les racines. Complexe absorbant moins saturé (80 %) et pH plus acide (5,6). Passage graduel. |
| 23 - 40 cm
BC | Brun-rouge 5 YR 5/4, de teinte peu différente en humide (4/4), argilo-sableux (45 % d'argile), peu graveleux, poreux, résonnant au choc, absorbant lentement l'eau, fortement structuré et bien prospecté par les radicelles. Capacité d'échange de 11 mé saturée à 80 %, pH acide (6). Limite tranchée et irrégulière de texture et structure. |
| 40 - 90 cm
C | Grès fin en plaquettes dont les faces sont noircies ou rougies et enduites d'argile. |

On observe donc ici encore entre les blocs de rochers nus un sol différencié dont la tendance évolutive vers les ferrugineux tropicaux lessivés est nette, mais où l'horizon B d'accumulation relative est appauvri par rapport à l'horizon C,

BBH 159 : au nord de TCHEBOA sur le flanc sud d'une montagne trachytique rebrousant les grès, à 30 m au-dessus du piedmont sur un replat peu rocailleux.
Horizons :

0 - 17 cm A	Brun 10 YR 4/2 (7,5 YR 4/2 humide) sableux, particulière avec quelques grumeaux. Limite distincte de couleur.
17 - 30 cm B	Brun-rouge 5 YR 5/3, 3/3 humide, presque argilo-sableux entre des plaquettes couchées de grès altéré. Quelques agrégats polyédriques émoussés peu fragiles.
30 - 70 cm BC	Gris-rose 7,5 YR 6/2, 4/4 humide, caviteux et boulangé formé de blocs emballés dans un cailloutis et un peu de matière sablo-argileuse.
70 - 100 cm C	Formée de gros blocs de roche moins altérée que ci-dessus et de cailloux friables.

La tendance évolutive de ce sol, encore peu évolué, est celle de sols brunifiés (couleur et argilisation). L'appauvrissement en argile de l'horizon A et une certaine ferruginisation des morceaux de grès de l'horizon BC peuvent laisser prévoir une évolution ferrugineuse ultérieure.

Conclusion :

Les fortes pentes rocheuses des massifs montagneux présentent sur les replats et entre les blocs des sols différenciés manifestant une nette tendance évolutive qui marque toutefois faiblement leurs caractères analytiques. En glissant sur la pente les cailloux forment un niveau grossier qui favorise l'entraînement oblique des éléments fins qui se déplacent ainsi plus rapidement et peuvent encrasser le piedmont. Ce clivage des horizons fin et grossier par un processus d'entraînement oblique différentiel participe à la fois du remaniement et du lessivage oblique. Il pose le problème de la classification du sol de la pente d'un massif considérée dans son ensemble.

Certains massifs montagneux du Nord-Cameroun, généralement granitiques, portent une végétation arborée et graminéenne importante et leurs sols nourrissent des populations très denses. Il paraît peu satisfaisant alors de retenir essentiellement les affleurements rocheux pour leur classification pédologique et d'en faire des sols minéraux bruts squelettiques. A l'échelle de cette carte de reconnaissance l'étude pédologique des pentes rocheuses n'a pu toutefois être entreprise ni du point de vue cartographique ni du point de vue connaissance des processus.

2. LES SOLS PEU EVOLUES

DEFINITION ET CRITERES DE CLASSIFICATION

Les sols de la classe II des sols peu évolués (CPCS 1967) sont des sols à profil AC dont l'horizon A contient de la matière organique partiellement humifiée et l'horizon C de la matière minérale désagrégée et fragmentée par des phénomènes physiques, mais sans altération chimique sensible. Les sels minéraux (carbonates en particulier) et les cations peuvent cependant y avoir subi des redistributions ou migrations et le fer y être faiblement individualisé.

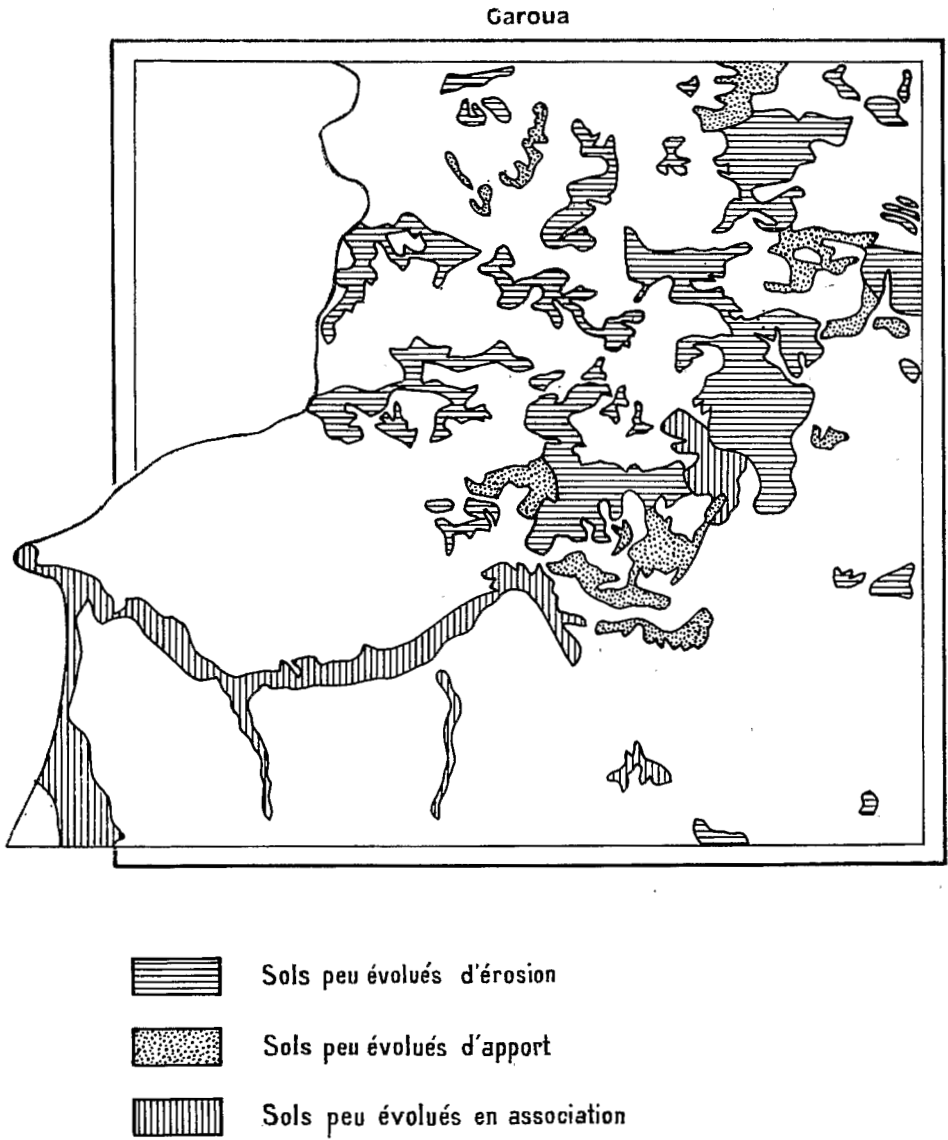


Figure 7 — Sols peu évolués

Cette absence d'altération des minéraux primaires peut être le fait d'un climat de type désertique froid ou sec, ce qui n'est pas le cas ici. Elle peut être due aussi et c'est le cas des sols de la feuille de Garoua à une durée d'évolution très courte, soit parce que le matériau vient d'être mis en place (jeunesse des sols d'apport), soit parce qu'il vient d'être découvert par l'érosion. Les deux cas se présentent dans la région étudiée dont les sols peu évolués participent donc à la sous-classe des sols dont la faible évolution est d'origine non climatique et aux groupes des sols d'érosion et des sols d'apport alluvial et colluvial.

Avec le temps et en l'absence d'érosion, les sols peu évolués tendent vers une des classes de sols évolués par apparition d'un horizon B continu. Si cette tendance évolutive est généralisée et clairement lisible dans la morphologie, le sol a été placé alors dans la classe évoluée considérée, à condition que celle-ci comporte une division correspondant à ses caractères de jeunesse. C'est le cas des vertisols (sous-groupe à caractères vertiques moyennement accentués) et des sols ferrugineux tropicaux (groupe des sols peu lessivés, sous-groupe à complexe presque saturé).

Une catégorie de sols peu évolués intergrades vertisols a cependant été distinguée ici pour caractériser des paysages sur socle où dominent sols peu évolués et affleurements rocheux avec de place en place un sol argilisé peu épais et caillouteux, à caractères vertiques généralement incomplets : structure large par exemple, mais de porosité notable. Les vertisols bien typés sont rares et d'extension réduite. D'autres tendances évolutives se manifestent aussi (sodique, rouge tropicale, parfois ferrugineuse), mais sur des surfaces plus réduites du paysage. Ces affleurements sont nombreux dans le centre de la feuille entre Dembo et Boula-Ibi.

Il arrive également qu'une argilisation notable du matériau originel (30-40 % d'argile dans la terre fine) apparaisse dans l'horizon C de sols qui ne présentent pas d'horizon B caractérisé. Il est alors difficile de préciser la tendance évolutive. Ces sols ne répondent plus à la définition de la classe peu évoluée en ce qui concerne l'absence d'altération chimique. C'est pourquoi certains auteurs les ont appelés "sols en voie d'évolution" (M. VALLERIE 1964, G. SIEFFERMANN 1964). Ils seront décrits ici avec les sols peu évolués.

DESCRIPTION ET CARACTERES ANALYTIQUES

Les sols peu évolués d'érosion, lithiques : Ce sont des sols constitués d'un horizon humifère peu épais reposant sur une roche dure non désagrégée. Ce type de sol s'observe sur certains inselbergs ou chaos de boules, mais en plages de faible extension. Ils n'ont pas été distingués des sols minéraux bruts auxquels ils sont associés.

2.1 -- Sols peu évolués d'érosion régosoliques

Ce sont des sols formés d'un horizon humifère A reposant sur un horizon C formé de roche désagrégée, faiblement argilisée et pénétrable aux racines. Ils occupent de vastes superficies sur la feuille Garoua là où l'érosion active ne laisse pas au sol le temps de s'approfondir et de se différencier. Ce sous-groupe englobe notamment les lithosols (G. SIEFFERMANN 1964) et sols lithiques (M. VALLERIE) des cartes antérieures. On les observe sur des roches diverses, granite, grès, schistes, micaschistes, etc. Ceux dont l'altération rappelle celle des sols rouges tropicaux (voir chapitre II 7) seront décrits séparément. Exemples :

— Sur granito-gneiss :

GM 102 : profil situé près du sentier de SOUROU à DORBA sur une pente faible, au piedmont d'une colline et à 300 m d'un mayo inscrit dans la roche. Matériau formé d'une arène gneissique. Savane arborée à *Boswelïa*, *Piliostigma*, *Poupartia birrea*, cultivée en buttes. Horizons :

- | | |
|------------|--|
| 0 - 20 cm | Gris-olive 5 Y 6/3, 10 YR 3/2 à l'état humide. Texture sablo-graveleuse (quartz et feldspaths). Structure particulière à tendance grumeleuse (quartz et feldspaths). Structure particulière à tendance grumeleuse d'humectation rapide. Forte porosité intergranulaire. 5 % d'argile, 1 % de matière organique à rapport C/N de 17. Capacité d'échange de 6 mé saturée à 100 %, 0,15 % de phosphore total. |
| Ap | |
| 20 - 60 cm | Arène granitique brun-pâle 10 YR 6/3, 3/3 humide. Texture gravelo-sableuse. Structure particulière légèrement cohérente, mais peu stable à l'humectation. Peu de racines. 8 % d'argile hors refus (46 %). pH de 7,0. Capacité d'échange de 6 mé saturée à 90 % par le calcium et le magnésium. |
| C | |

BBH 51 : profil situé sur une pente de 30 % de l'hosseré Baléré, inselberg granitique de 500 m de hauteur, couvert de chaos granitiques. A 40 m au-dessus du piedmont, savane arbustive (*Boswelïa*, *Sterculia*, *Anogeissus*, *Combretum*, *Bauhinia*, *Grevia*) avec touffes graminéennes. Horizons :

- | | |
|------------|---|
| 0 - 6 cm | Gris foncé 10 YR 4/1 de texture sablo-graveleuse (9 % d'argile) moyennement structuré en polyèdres fragiles fins à grossiers. Poreux et prospecté par les radicules. pH de 6.5. 2 % de matière organique à C/N de 12. 0,5 ‰ de phosphore total. Capacité d'échange de 8 mé saturée à 80 % par le calcium et le magnésium essentiellement. |
| A11 | |
| 6 - 20 cm | Brun-gris 10 YR 5/2 de texture gravelo-sableuse (refus 50 %) avec cailloux anguleux. Moyennement structuré en polyèdres fins fragiles et poreux. Nombreuses racines et radicules. pH 5.9. 1 % de matière organique. 0,2 ‰ de phosphore total. Capacité d'échange de 8 mé un peu moins saturée. |
| A12 | |
| 20 - 60 cm | Brun 10 YR 5/3 gravelo-sableux (10 % d'argile), structure massive fragile à ferme conservée de la roche. Forte porosité tubulaire et d'interstices. Quelques petites racines. 0,2 % de matière organique. 30 mé de cations totaux. Capacité d'échange saturée à 60 %. |
| AC | |
| 60 cm | Roche en place difficilement friable. |
| C | |

— Sur schistes (M. VALLERIE 1967) ces sols sont graveleux, squelettiques et associés à des sols minéraux bruts ou comparables aux sols sur marnes.

— Sur marnes (M. VALLERIE 1964) les sols sont mieux pourvus en argile :

- | | |
|-----------|---|
| 0 - 30 cm | Gris foncé (10 YR 4/1) sablo-argileux, polyédrique grossier de cohésion forte, de porosité faible à moyenne avec fentes de retrait. |
|-----------|---|

30 cm Marnes en plaquettes dures.

A l'analyse : granulométrie de 15 à 25 % de limons fins, 40 % d'argile et à dominance de montmorillonite ; pH augmentant de 8 à 9 ; 1,3 à 2 % de matière

organique à C/N de 10 à 15 ; capacité d'échange forte (40 à 50 mé) saturée en cations échangeables (peu de potassium, mais 3 à 4 mé de sodium en profondeur) ; fortes réserves minérales (90 à 100 mé avec prédominance du magnésium ; 0,4 % de phosphore total.

– Sur grès feldspathique l'argilisation peut être notable avec de place en place apparition d'une structure prismatique pénétrant le grès altéré à architecture conservée. Un horizon (B) se différencie dans lequel plusieurs tendances évolutives se manifestent (vertique, sodique, hydromorphe). Exemple :

BBH 352 : profil situé au nord du km 42 de la route Garoua-Ngaoundéré, sur une crête d'un paysage découpé en "bad-lands". Matériau dérivé d'un grès arkose conglomératique (cailloutis en surface du sol). Végétation dégradée avec dominance de plages nues.

Ce profil dont l'horizon C est argileux et prismatique est associé à des sols peu évolués régosoliques ordinaires. Dans le fond plat des petits talwegs apparaissent des sols hydromorphes. Horizons :

- 0 - 5 cm Bariolé gris 5 YR 6/1,5 rouge 2,5 YR 5/6 (30 %) et blanc en plages millimétriques. Texture argilo-sableuse avec graviers. Structure cubique à sous-structure polyédrique dure et lissée d'humectation peu rapide et de tenue médiocre à l'eau. Enracinement fin adapté à la structure.
- A1
- 5 - 20 cm Même horizon mais plus dur et à structure moins régulière avec nombreuses faces lissées. Les plages rouges augmentent en nombre et taille.
- AB
- 20 - 40 cm Gris 10 YR 7/1 avec plages rouille 5 YR 6/6, plus argileux. Structure prismatique 10 x 10/20 - 30 cm pénétrant dans les horizons encaissants, d'humectation lente et de tenue médiocre à l'eau.
- BC
- 40 - 80 cm Grès feldspathique clair et friable, à grain fin et à architecture conservée. Joints argilisés rouge-rouille et poches argileuses. Lits de galets.
- C

Caractères analytiques

BBH 352	pH	R	A	L	FT	T	V	Na	MO	C/N	PT
A1	6,8	14	35	10	-	13	85	0,2	1,0	14	0,1
AB	6,7	8	35	10	-	15	96	0,4	0,7	14	0,1
B	7,1	6	40	9	2,0	17	99	0,5	-	-	-
BC	8,1	1	14	13	0,8	14	100	0,8	-	-	-

On remarquera la concentration des cailloux en surface, la faible différenciation texturale du solum, son pH neutre, la capacité d'échange assez élevée et saturée en cations, avec un peu de sodium échangeable (Na/T de 5 %)

Ce profil est classé peu évolué malgré son horizon argileux prismatique car l'érosion qui décape les horizons de surface limite son développement. Les matériaux feldspathiques présentent sous ces climats une potentialité d'argilisation élevée et c'est la mise à nu des horizons argileux qui est cause de leur imperméabilisation et donc de cette légère accumulation de sodium. On peut penser qu'en l'absence d'érosion l'évolution ne se ferait vraisemblablement pas vers les sols sodiques (sols ferrugineux tropicaux à proximité sur même matériau).

Ces profils n'ont pas été observés en affleurements cartographiables à 1/200.000. Le plus souvent l'horizon A1 repose directement sur un horizon C de grès arkose argillés par poches, bancs ou joints.

— Sur grès quartzeux, l'évolution ferrugineuse se marque très rapidement par le développement d'un horizon lessivé et d'un encroûtement ferrugineux de la roche altérée (voir profil RH 21 chapitre II 62). Dans les massifs et les zones érodées les affleurements rocheux (sols minéraux bruts) couvrent la plus grande partie de la superficie. Sur les fortes pentes d'éboulis du massif du Tinguelin à entablement gréseux on peut observer le sol suivant :

BBH 251 : pente de 60 % sur le versant ouest de l'hosséré Bané, encombré de boules et de blocs de grès quartzo-feldspathique. Horizons :

0 - 20 cm A1	Gris foncé 10 YR 4,5/1, 2/2 humide. Texture gravelo-sableuse un peu argileuse : 11 % hors refus de 37 %. Structure particulière avec des grumeaux peu fragiles (10-30 mm), 2,5 % de matière organique à C/N de 16. pH de 7. Capacité d'échange de 10 mé presque saturée en cations échangeables. 27 mé de cations totaux. 1,5 ‰ de phosphore total dans les cinq centimètres supérieurs.
20 - 60 cm A2C	Blanchissant par dessiccation. De même texture. Structure particulière sans cohésion sur les 20 premiers centimètres bouillants, puis légèrement plus cohérente. Blocs arrondis d'arkose blanche. Terre blanchâtre adhérent aux cailloux.
60 - 100 cm CR	Grès rose peu friable.

— Sur carapace gréseuse

BBH 252 : profil situé au sommet de l'Hosséré Bané, en topographie plane et sous un dallage de morceaux de grès ou de carapace. Végétation formée d'arbustes rabougris et de touffes graminéennes discontinues. Horizons :

0 - 30 cm A1	Gris-blanc 10 YR 4/2, 3/2 humide. Texture sablo-graveleuse un peu argileuse. Structure lamellaire sur 2 cm puis particulière de graviers quartzeux et de concrétions ferrugineuses. Ces concrétions de plus en plus nombreuses vers le bas ont 1 à 3 cm de grosseur, une pâte rouge violacée, une cuticule grise d'altération et sont cassables à la main. Les éléments grossiers ménagent une forte porosité intergranulaire qu'utilise un enracinement fin bien réparti. pH de 7,0. Teneur en argile 15 % hors refus (25 à 50 %). 5 % de matière organique dans la couche lamellaire, 1,5 % ensuite (C/N de 13). Capacité d'échange de 14 mé (couche 0-5 cm) presque saturée en cations échangeables. 2,5 ‰ de phosphore total. Réserves moyennés (10 mé) en cations totaux.
30 cm C	Carapace formée par la réunion de concrétions du type précédent et englobant des blocs de grès feldspathique.

2.2 — Sol peu évolué d'érosion sur horizon BC de sol rouge tropical

Ces sols occupent des paysages nettement vallonnés ou érodés avec abondance de cailloux en surface. Sur l'axe Dembo-Dourbey, les cailloux ont été rassemblés en terrassettes ou en petits tas par d'anciens utilisateurs. Ces terrains sont maintenant abandonnés, la partie fine de ces sols ayant presque complètement

disparu. Sous cette couche grossière, discontinue, apparaît un horizon C d'altération feuilleté, friable, avec, de place en place, un joint argilisé rouge ou un filon quartzeux. Ce type d'altération rappelle celle des sols rouges tropicaux et on observe effectivement ce type de sol en quelques endroits moins érodés.

L'horizon humifère est peu marqué, caillouteux, avec quelques agrégats polyédriques subangulaires. L'argilisation rouge est localisée dans les bancs micacés et feldspathiques de la roche où elle pénètre assez profondément. L'horizon C est peu résistant sauf dans des secteurs riches en filons quartzeux. Cependant, le résidu caillouteux concentré en surface ralentit l'érosion en nappe et en ravines. Il existe cependant des ravinements superficiels récents recoupant les anciennes terrasses de culture.

Certains secteurs du piedmont du massif de Peské-Bori portent des sols peu évolués d'érosion et d'apport dans lesquels une argilisation de type rouge tropical apparaît de place en place. C'est le cas notamment des zones découpées en "bad lands" et de certains glacis d'érosion. L'évolution actuelle paraît toutefois réaliser un lessivage du fer et de l'argile aux dépens de l'horizon sablo-caillouteux de surface. Ces affleurements ont été classés en sols peu évolués sur altération fersiallitique ancienne.

2.3 – Sols peu évolués d'apport alluvial

Ces sols s'observent sur les alluvions des vallées importantes, notamment celles des mayos Bénoué, Kébi, Louti, Oulo, Lebri et Badjouma (G. SIEFFERMANN 1964). Dans les hautes vallées soumises à une érosion active, ils n'occupent que des petites surfaces, rarement cartographiables à 1/200.000.

GM 82 : profil situé près de Sourou sur une étroite terrasse de vallée, commandée par un inselberg. Topographie plane dans laquelle le cours actuel du mayo est encaissé. Culture en billon. Un seul gros arbre. Horizons :

0 - 20 cm Ap	Gris-rose 7,5 YR 6/2, 4/2 humide. Texture sableuse avec quelques graviers. Structure peu développée, lamellaire sur quelques centimètres puis graveleuse fragile. Humectation lente sans effondrement. Forte porosité intergranulaire. Enracinement faible. 0,8 % de matière organique à C/N de 12. pH de 7,3. 2 % d'argile seulement. Capacité d'échange de 3,5 mé saturé en cations échangeables, 0,2% de phosphore total.
20 - 60 cm AC	Rose 7,5 YR 7/4, 5/4 humide. Texture sablo-graveleuse (6 % d'argile, refus 25 %) avec peu de feldspaths. Structure continue peu fragile d'humectation rapide suivie d'effondrement. Forte porosité intergranulaire. Mêmes caractères chimiques, mais moins de matière organique.
60 - 80 cm C	Brun frais et cohérent, formé de feldspaths et quartz automorphes atteignant 1 cm. Un peu de liant argileux. Structure continue à tendance polyédrique.

Dans les vallées principales les sols peu évolués d'apport sont associés à des sols hydromorphes ou vertiques et à des sols peu évolués hydromorphes. Leur texture est variable, sableuse, sablo-argileuse, argilo-sableuse (G. SIEFFERMANN 1964), avec des variations importantes et une stratification liées à l'alluvionnement. Leur teneur en matière organique varie de 1 à 2,5 % avec un rapport C/N de 10 à 15. Ils

contiennent parfois un peu de carbonates. Leur pH est voisin de 7 en surface et il augmente en profondeur, parfois jusqu'à 9. Leur capacité d'échange varie de 15 à 30 mé selon les teneurs en argile et en matière organique et elle est presque saturée en cations échangeables, avec parfois un peu de sodium en profondeur. Les réserves en cations totaux sont importantes (35 mé par exemple).

2.4 – Sols peu évolués d'apport colluvial

Les sols peu évolués sur colluvions s'observent dans les hautes vallées où ils se raccordent sans discontinuité aux sols sur alluvions. L'ensemble forme les glacis - terrasses étudiés par J. HERVIEU (1967). La pente est faible à moyenne et le drainage est bon. Le matériau est assez grossier (50 % de graviers par exemple), vaguement stratifié et formé de quartz et feldspaths, avec parfois des concrétions ou minéraux noirs. L'argilisation y est faible. Là où le recouvrement est peu épais les affleurements rocheux sont nombreux. Leur pH est faiblement acide, leur teneur en matière organique peu élevée (1,5 % à C/N de 14 par exemple). Leur capacité d'échange est basse (sols sableux), mais presque saturée en cations échangeables.

Dans les glacis plus anciens, on observe parfois à faible profondeur un horizon argilisé qui sert de plancher à un horizon grossier évidé et bouillant blanchissant à l'air (poudrage fin). Ce type de profil qui s'observe surtout sur roche en place sera décrit au chapitre II.3 (sols lessivés à contact "planique").

2.5 – Sols peu évolués intergrades hydromorphes

Ces sols sont associés aux sols peu évolués d'érosion ainsi qu'aux sols peu évolués d'apport.

Sols d'érosion intergrades hydromorphes

Ces sols sont associés aux sols peu évolués d'érosion. L'activité des vers y est fréquente. Exemple :

GM 112 : profil situé dans la région de SOUROU. Arène granitique avec affleurements rocheux. Savane arbustive avec touffes d'herbes espacées et buttées par l'érosion en nappe. Boulettes terreuses dues aux vers près des collets d'arbustes. Nodules carbonatés en surface du sol. Horizons :

0 - 15 cm	Gris clair 2,5 Y 6/2, 4/2 humide avec 20 % de filets rouille. Texture sableuse avec peu d'argile (11 %). Structure continue à tendance polyédrique, d'humectation rapide et sans effondrement. Porosité faible. 1,2 % de matière organique à rapport C/N de 13. pH de 7. Capacité d'échange de 8 mé saturée à 85 %. 0,1 ‰ de phosphore total.
A1	
15 - 35 cm	Brun-gris 2,5 Y 5/2, de texture sablo-argileuse (22 % d'argile) de structure continue d'humectation rapide et sans effondrement. pH de 7,2. Capacité d'échange de 12 mé saturée par le calcium et le magnésium. Peu de potassium, un peu de sodium. Pas de carbonates.
AC	

Dans ces profils, l'hydromorphie s'exprime soit par les taches ou filets rouille de l'horizon humifère, soit par l'activité des vers de terre, soit par des taches ou une teinte grise en profondeur, soit par une association de ces caractères.

Sols d'apport alluvial, intergrades hydromorphes

Ces sols sont fréquents dans la vallée de la Bénoué et du Faro, en association avec des sols peu évolués d'apport et des sols hydromorphes ou vertiques. On les observe aussi dans des vallées moins importantes. Exemple :

GM 67 : profil situé sur la rive gauche du mayo Tsikakiri en face de SORAU (Nigéria). Bande alluviale accidentée large de 800 m. Pente 10 %. Horizons :

- | | |
|-------------|---|
| 0 - 5 cm | Gris 10 YR 4/2; 2/2 humide. 1,2 % de matière organique à C/N de 17. Texture sableuse. Structure lamellaire grossière d'humectation rapide. pH : 6,5. Capacité d'échange de 10 mé saturée à 33 %. 0,22 ‰ de phosphore total. |
| A1 | |
| 5 - 40 cm | De plus en plus jaune. Texture sablo-graveleuse avec quartz, feldspaths et concrétions apportées. Structure particulière poreuse. |
| AC | |
| 40 - 130 cm | Beige à nombreuses taches d'hydromorphie 7,5 YR 5,5/6, 5 YR 5/6 humide. Texture sableuse avec 10. % de graviers. Structure particulière peu cohérente héritée de l'alluvionnement. Humectation rapide suivie d'effondrement. pH 6,6. Capacité d'échange de 4 mé saturée à 55 %. 0,1 ‰ de phosphore total. |
| C | |
| 130 cm | Alluvions sableuses claires, quartzo-feldspathiques. |

2.6 — Sols peu évolués intergrades vertiques

Ces sols présentent certains caractères des vertisols, mais ils sont peu épais, leur horizon B vertique est interrompu ou enfoui sous un horizon caillouteux, les plaquettes obliques sont généralement absentes. Les affleurements rocheux sont nombreux, le modelé accidenté. D'autres tendances évolutives se manifestent de loin en loin. L'érosion empêche le développement du profil. Exemples :

GM 100 : profil situé près du sentier de Sourou à Dorba dans le centre de la carte. Sol plan avec affleurements de-blocs granitiques couvrant 40 % de la surface du sol. Touffes graminéennes espacées et quelques arbres : *Boswellia*, *Anogeissus*, *Combretum*. Surface du sol fissurée, portant des nodules carbonatés. Horizons :

- | | |
|------------|--|
| 0 - 25 cm | Gris-brun 2,5 Y 3/2 en sec et humide. Texture sablo-argileuse avec 10 % de graviers quartzeux. Fortement structuré en polyèdres très fermes 10-30 mm à sur-structure prismatique fine 2 x 3/5 cm. Humectation lente. Faible porosité tubulaire fine. Enracinement bien réparti adapté à la structure. 1 % de matière organique à rapport C/N de 17. pH de 7,1. 0,5 ‰ de phosphore total. Capacité d'échange de 17 mé saturée en cations par le calcium essentiellement. Pas de carbonates. |
| AB | |
| 25 - 40 cm | Brun-gris 10 YR 4/2 en sec et humide. Texture argilo-sableuse avec 30 % de graviers feldspathiques jaunâtres et de nodules carbonatés durs et mamelonnés. Faiblement structuré en polyèdres friables d'humectation rapide suivie d'effondrement. pH de 8,4. Capacité d'échange de 21 mé saturée par le calcium. 0,4 % de carbonates dans la terre fine. |
| BC | |

40 - 60 cm Brun-gris 2,5 Y 5/2 en sec et humide. Texture gravelo-argileuse avec dominance de feldspaths et de morceaux de roche. pH 7,9, sans carbonates. Capacité d'échange de 19 mé saturée essentiellement par le calcium.
C

GM 26 : profil situé à 3 km à l'est de Dembo dans un paysage à petits interfluves caillouteux et à talwegs rocheux peu dénivelés. Affleurements de gneiss. Savane arborée avec champs de mil ou de coton. Horizons :

0 - 15 cm Gris, de texture gravelo-sableuse peu argileuse (quartz, morceaux de roche feldspathique), de structure particulière avec quelques agrégats polyédriques subangulaires peu fragiles. Forte porosité intergranulaire .
A1

15 - 40 cm Discontinu, gris-noirâtre, sablo-argileux avec graviers, irrégulièrement structuré en prismes peu poreux, durs. Capacité d'échange de 27 mé saturée par le calcium essentiellement, avec 2 mé de sodium (Na/T de 7 %). 0,2 % de phosphore total. Architecture de la roche reconnaissable.
BC

40 - 80 cm Roche en place avec joints d'argilisation brunâtre.
C

Ce type de sol est associé à des sols peu évolués d'érosion, des sols à tendance sodique, et des petits affleurements de sols rouges tropicaux (points hauts). L'argilisation du matériau est souvent notable, mais les tendances évolutives ne sont pas nettement exprimées.

2.7 — Les sols carbonatés

On observe sur les marnes du bassin d'Hama-Koussou et dans les paysages d'érosion des sols vertiques, des profils peu différenciés, fortement carbonatés jusqu'en surface, à la fois dans la masse et sous forme d'amas poudreux ou de nodules, fortement structurés en polyèdres, et de pH élevé (8 à 10). Ils n'ont pas de caractère vertique, sauf une sur-structure prismatique mal exprimée.

Ces profils s'apparentent aux sols calci-magnésique carbonatés, mais leur structure est anguleuse et leur horizon A1 peu différencié. Ils ne sont pas cartographiables à 1/200.000. Exemple :

BBH 167 : profil situé sur un affleurement de marne verte au sud d'Hama-Koussou dans un paysage érodé et à végétation dégradée (sol nu avec arbustes). En surface, résidu de cailloux anguleux de quartz roux. Horizons :

0 - 5 cm Brun-gris 2,5 Y à 10 YR 5/2, 10 YR 4/1 humide. Texture limono-argileuse avec de nombreux nodules carbonatés, cassables à la main. Réaction d'ensemble à HCl. Structure lamellaire 1 x 2/0,5 cm sur 1 cm (2 lamelles) puis polyédrique 10 mm parfaitement nette. Agrégats fermes à faces lisses. Forte porosité d'interstices, tubulaire faible. Enracinement fin adapté à la structure.
A1

5 - 15 cm 2,5 Y 6/2, 5 Y 6/2 humide (gris-olive). Texture limoneuse. Fortement structuré en polyèdres fins (5 mm) fermes avec sur-structure prismatique 5 x 5/10 cm. Très petites poches sableuses (faune ?). Humectation plus lente, tenue moyenne. Même porosité. Racines horizontales vers 15 cm.
AC

- 15 - 50 cm
C Marne "verte" 5 Y 4,5/2 de texture limoneuse avec amas de poudre carbonatée blanche irrégulièrement répartis, mais pouvant atteindre 30 % du volume. Parfaitement structuré en polyèdres de 5 mm à faces légèrement courbes et à sur-structure prismatique fine peu nette. Humectation très lente. Porosité faible.
- 50 - 160 cm
R Marne 5 Y 6,5/2 polyédrique, très difficile à humecter, avec nodules carbonatés à pâte dense, non cassables à la main et amas carbonatés poudreux atteignant plusieurs centimètres.

Caractères analytiques

BBH 167	pH	R	A	L	CB	FT	T	V	Na	Na/T	MO	C/N	PT
A1	8,3	16	24	31	4	-	22	100	0	0	1,0	10	0,9
AC	8,3	3	23	53	4	-	30	100	0	0	0,8	10	0,9
C	8,8	2	17	61	22	3,3	30	100	0,3	1	0,3	-	-
R	9,9	1	14	62	17	2,6	25	100	9,7	38	0,1	-	0,8

On remarquera la concentration des nodules carbonatés en A1 (refus), alors que les taux de carbonates et de limons augmentent au contraire vers le bas, la forte teneur en sodium échangeable du matériau et son absence dans le solum, la teneur élevée en phosphore total. La conductivité passe de 0.15 à 0.47 mmho/cm.

3 – LES SOLS LESSIVES A CONTACT PLANIQUE

Ces sols sont fréquemment observés en toposéquence, bien qu'ils ne forment pas d'affleurements cartographiables à l'échelle de la carte, sauf peut-être, dans la région de grès conglomératique au sud-est. Aucune classe actuelle de sols évolués ne paraît leur convenir. Ils sont donc placés provisoirement à la suite des sols peu évolués. Ils sont particulièrement bien typés sur les roches-mères feldspathiques parcourues par des filons quartzeux (roche du socle BBH 17) ou intercalées de bancs caillouteux (galets de grès conglomératiques BBH 131). Ils existent aussi en l'absence d'éléments grossiers (RH 24). Exemples :

BBH 17 : profil situé près de la route de Garoua, à 5 km au sud d'Hama-Koussou sur une colline dominant le petit bassin crétacé. Pente 10 %. Sols rouges tropicaux observés sur un autre versant. Horizons :

- 0 - 11 cm
A1 Brun-gris 10 YR 4/2, 2/1 humide (teinte homogène). Texture gravelo-sableuse. 6 % d'argile hors refus (44 % de graviers quartzeux et cailloux de roche). Eléments grossiers tachés de matière organique. Structure lamellaire sur 1 cm puis polyédrique subangulaire (5-20 mm) fragile, armée par un chevelu racinaire. Cohésion et porosité moyennes.
- 11 - 22 cm
A12 Brun 10 YR 4/2 à 5/3, 7,5 YR 3/2 humide (teinte homogène). Même texture. Structure massive poreuse peu cohérente stable à l'humectation.
- 22 - 40 cm
A21 10 YR 5,5/3, 3/2,5 humide. Texture graveleuse (refus de 70 %), 15 % d'argile hors refus. Structure particulière englobant quelques

agrégats polyédriques (2-5 mm) poreux et peu fragiles. Forte porosité intergranulaire.

- 40 - 70 cm
A22 Brun-pâle 10 YR 6,5/3, rouge foncé en humide (2,5 YR 3/6). 80 % de graviers et cailloux. Structure particulière de cohésion nulle en sec (éboulement spontané). Blanchiment des faces des éléments grossiers en quelques secondes à l'air (dessiccation ?). Ceux-ci sont anguleux plus ou moins posés à plat. Limite brutale de texture et consistance.
- 70 - 85 cm
B1 Brun-rouge 5 YR 4/4 en sec et en humide. Couleur répartie en plages millimétriques grises et rouille. Texture sablo-argileuse hors refus (33 %). Structure massive à débit polyédrique 10-20 mm ferme. Quelques concrétions jaune rouille (5-20 mm) localement cimentées.
- 85 - 100 cm
B2 Bariolé en plages millimétriques roses, grises et ocre. Frais. 30 % d'argile hors refus (30 %). Structure massive, compacte, collante, d'humectation lente sans effondrement.

Caractères analytiques

BBH 17	pH	R	A	L	FT _T	T	V	CT	MO	C/N	PT
A1	6,8	44	7	13	-	7	71	-	1,8	16	0,4
A2	6,1	67	14	11	2,7	9	60	22	1,1	14	0,2
B1	6,6	34	19	11	3,3	4	62	-	-	-	-
B2	7,1	31	28	8	4,1	15	66	72	-	-	-

On remarquera la forte teneur du profil en cailloux notamment en A₂, la nette différenciation en argile, les faibles variations du pH (absence de sodium échangeable et de carbonates), la faible capacité d'échange en A compte tenu de la teneur en matière organique, la faible différenciation en fer total.

BBH 131 : profil situé au sommet d'une petite butte dominant une zone accidentée et érodée (sols peu évolués). Couche de galets presque continue en surface. Pas de turricules de vers, mais quelques petites termitières. Absence de fentes de retrait. Croûte desquamée en surface du sol. Horizons :

- 0 - 15 cm
A1 Très foncé 10 YR 3/2. Texture graveleuse (75 %) formée de cailloux et galets quartzeux de tailles variées (0,2 à 10 cm) emballés dans une matrice sablo-argileuse massive, dure, peu prospectée par les racines. Limite distincte et régulière.
- 15 - 30 cm
A21 Brun 7,5 YR 4/2. Texture graveleuse à 85 %, formée des mêmes galets mais de structure particulière (éboulement spontané) et de forte porosité intergranulaire (matrice peu abondante).
- 30 - 55 cm
A22 Brun-gris 10 YR 5/2. Mêmes caractères, mais encore plus poreux et bouillant. Limite tranchée et régulière.

- 55 - 60 cm
AB Gris-brun 10 YR 6/2 blanchissant à l'air. Graveleux à 70 %, matrice sablo-argileuse. Structure massive compacte, très dure, sans racines ni fentes. Limite distincte et régulière.
- 60 - 80 cm
B Vertique gris 10 YR 6/1 avec taches rouges ou rouille mal délimitées. Texture argileuse avec 20 % de refus. Nettement structuré en prismes 5/10 cm durs et compacts. Plaquettes obliques à la base.
- 80 - 140 cm
BC Matériau clair très feldspathique avec des poches de l'horizon vertique. Grès arkosique à proximité.

Caractères analytiques

BBH 131	pH	R	A	L	FT	T	V	Na	CT	MO	C/N	PT
A1	6,6	74	18	19	-	16	89	0	25	2,7	16	0,36
A2	6,3	87	14	12	-	13	78	0	-	0,9	12	0,20
AB	6,2	70	22	18	1,6	13	-	0,2	-	0,4	9	-
B	5,6	21	55	11	-	41	99	0,8	37	-	-	-
BC	6,4	10	22	18	2,0	40	100	0,9	45	-	-	-

On remarquera les faibles variations du pH, l'augmentation du refus de bas en haut, la forte teneur en argile de l'horizon B qui présente une forte capacité d'échange, saturée en cations, avec un peu de sodium échangeable (pas de potassium). Pas de carbonates. Forte teneur en matière organique (hors refus) en A1.

RH 24 : profil situé à 1 km à l'est du pK 24 de la route Garoua-Ngaoundéré ; sur l'inflexion de pente d'une courte topo-séquence de sols ferrugineux et lessivés en haut, hydromorphes en bas (voir chapitre III 2). Horizons :

- 0 - 15 cm
A11 Gris N 5,5/0, 10 YR 2/1 en humide avec de très petites taches brunes diffuses inférieures au mm. Texture sablo-limoneuse (55 % de sables, 33 % de limons) avec des petites poches de sables-gros-siers. Structure polyédrique et grumeleuse 5-30 mm d'humectation rapide, sans effondrement. Porosité tubulaire et d'interstices. Radicales. Limite distincte.
- 15 - 40 cm
A12 Gris 10 YR 6/1, 5/1 humide avec des petites taches brunes plus apparentes. Même texture, un peu moins limoneuse. Faiblement structuré en polyèdres peu fragiles. Porosité tubulaire. Limite progressive.
- 40 - 110 cm
A2 Gris-clair N 8/0, 2,5 Y 5/2 humide avec des petites taches et gaines rouille d'hydromorphie. Texture sableuse (5 % d'argile seulement). Structure particulière poreuse peu cohérente, mais durcissant et blanchissant à l'air. Limite brutale.
- 110 - 130 cm
AB Gris 5 YR 5/1 avec 30 % de plages poudreuses blanches et quelques taches rouille plus grandes et bien délimitées. Texture sablo-argileuse. Structure continue dure avec quelques revêtements argileux gris.
- 130 - 180 cm
Bt Gris 5 YR 5/1 et rouille avec de nombreux revêtements gris 5 YR 5/1, humides, luisants, garnissant des petites et grandes cavités.

Texture sablo-argileuse. Structure massive et compacte, durcissant à l'air, d'humectation lente suivie d'effondrement.

180 - 230 cm
BG Gley gris 5 Y 6/1 avec quelques taches rouille bien délimitées et encore des revêtements 5 YR 5/1. Texture sablo-argileuse. Structure continue plastique et collante. Nappe laiteuse à 2 m (Février).

Caractères analytiques

RH 24	pH	R	A	L	FT	FL	T	V	CT*	MO	C/N	PT
A1	6,1	0	12	32	0,5	0,2	5	58	4	2,1	19	0,19
A2	6,2	7	5	12	0,4	0,1	2	24	1	0,5	18	-
AB	6,4	1	19	11	0,6	0,2	3	80	4	-	-	-
Bt	6,1	1	25	12	1,0	0,1	4	90	5	-	-	-
BG	5,8	1	27	12	1,2	0,2	5	100	5	-	-	-

* magnésium non compris.

On remarquera la légère concentration des cailloux en A2, la différenciation texturale brutale entre les horizons A et B, la capacité d'échange basse, désaturée en A, presque saturée en B (pas de sodium), les faibles réserves en cations, la faible teneur en fer et son augmentation en B.

Conclusion : Ces trois profils présentent en commun un passage brutal entre des horizons supérieurs graveleux ou sableux, poreux, évidés, bouillant et blanchissant à l'air et des horizons inférieurs massifs, compacts, gris avec des revêtements argileux. Ils possèdent certains caractères de sols évolués, ferrugineux pour BBH 17, vertique pour BBH 131, hydromorphe pour RH 24. Leur différenciation texturale extrême (contact planique) résulte vraisemblablement de l'importante érosion à laquelle est soumis le paysage (remaniement, formation d'un concentré grossier d'érosion) puisque les constituants grossiers des horizons inférieurs sont de nature différente ou beaucoup moins concentrés. Mais elle est fortement accusée par un processus de lessivage de l'argile qui l'emporte sur toutes les autres tendances évolutives. Ce lessivage qui paraît fréquemment dans les sols de cette région pourrait, dans certains cas, être utilisé à un niveau élevé de la classification (D. MARTIN 1968, R. MAIGNIEN 1968), mais son mécanisme génétique est mal connu.

4. LES SOLS BRUNIFIES TROPICAUX

DEFINITION ET CRITERES DE CLASSIFICATION

Les sols brunifiés (CPCS 1967) sont des sols évolués de profil A (B)C ou A B C. L'activité biologique est forte en A, du type mull à rapport C/N inférieur à 14. L'horizon B textural ou structural est brun, le fer libéré par l'altération, généralement en quantité limitée, restant lié au complexe argilo-humique.

Dans la sous-classe propre aux pays tropicaux la classification propose un seul groupe, celui des sols bruns eutrophes tropicaux caractérisés,

en A1 par un humus doux, assez abondant, bien lié à la matière minérale et donnant une structure polyédrique subangulaire nette.

en B par une structure cubique à polyédrique nette et un complexe absorbant à saturation élevée par le calcium. La libération des sesquioxydes de fer fait tendre la couleur vers le brun-rouge.

Ce groupe est divisé en trois sous-groupes : peu évolué, hydromorphe-vertique, et ferruginisé.

On rencontre fréquemment des sols de ce groupe sur la feuille Garoua, mais ils n'y forment pas d'unités cartographiables. Ils constituent cependant un élément assez constant des paysages pédologiques, mais sans que la superficie qu'ils occupent permette de les traiter en association. Une exception aurait pu toutefois être faite pour les paysages de sols rouges tropicaux (voir chapitre II 7) où les sols rouges n'occupent en fait que la partie supérieure des interfluves. Le passage aux vertisols des points bas s'effectue progressivement par des sols de type brun eutrophe ou intergrade rouges tropicaux et vertisols lithomorphes. Ce sol de transition a dans certains endroits une extension dominante (feuille de Poli).

Des sols bruns eutrophes tropicaux ont été observés au nord de la feuille dans la région Dourbey-Bossoum-Dembo, au piedmont des massifs, ou dans les régions érodées sur roche assez basique. Dans le centre également, en sommet d'interfluve dans des paysages peu évolués.

DESCRIPTION ET CARACTERES ANALYTIQUES

GM 106 : profil situé près de DORBA, sur le sommet cultivé d'un interfluve un peu plus large que les autres. Paysage de sols peu évolués régosoliques, hydromorphes ou vertiques, d'érosion et d'apport. Quelques bancs rocheux. Horizons :

- | | |
|-----------------|---|
| 0 - 10 cm
A1 | Brun 10 YR 4/2, 3/2 humide. Texture sablo-argileuse (30 % d'argile). Fortement structuré en polyèdres subangulaires stables à l'humectation qui s'effectue lentement. Forte porosité d'interstices. Radicelles. 2,8 % de matière organique à C/N de 13. pH de 8, sans carbonate ni sodium. Capacité d'échange de 22 mé saturée par le calcium. 1,2 % de phosphore total. |
| 10 - 50 cm
B | Brun-rouge-foncé 5 YR 3/4 en sec et humide. Texture argilo-sableuse (40 % d'argile) avec 30 % de refus quartzeux. Fortement structuré en polyèdres 10-30 mm fermes, instables à l'humectation qui est peu rapide. 1,5 % de matière organique à C/N de 11. pH de 8 sans carbonate ni sodium. Capacité d'échange de 29 mé saturée par le calcium. 0,9 ‰ de phosphore total. |

5. LES VERTISOLS

DEFINITION ET CRITERES DE CLASSIFICATION

Les vertisols (CPCS 1967) sont des sols à profil A (B) C, A (B)g C ou A (B) Cg plus ou moins homogénéisés ou irrégulièrement différenciés par suite de mouvements internes s'exprimant par la présence de larges agrégats gauchis et à faces striées, au moins à la base du profil et, souvent, par celle d'un micro-relief "gilgai" ou d'effondrements. Leurs horizons ne se différencient que par leur structure. Du fait des mouvements internes qui les affectent ils comportent souvent des éléments grossiers, irrégulièrement remontés à travers l'ensemble du profil.

Ils présentent de larges fentes de dessiccation et une structure polyédrique à prismatique grossière, au moins en (B) dont la macro-porosité est très faible et dont la cohésion ainsi que la consistance sont très fortes.

Ce sont des sols argileux à dominance d'argiles gonflantes dont les proportions avoisinent le plus souvent 35-40 % et dont la capacité d'échange est en moyenne de 35 à 40 mé. La couleur est en général foncée, relativement à leurs teneurs en matière organique.

Les conditions du drainage externe (possibilité d'écoulement de l'eau à la surface du sol) permettent de distinguer deux sous-classes, car elles sont en liaison très étroite avec les possibilités de néosynthèse d'argiles gonflantes sous l'action de la concentration cumulée d'ions Ca^{++} et Mg^{++} . Les vertisols de la sous-classe à drainage externe nul ou réduit s'observent en zones planes ou déprimées et présentent un pédo-climat très humide pendant de longues périodes.

Les vertisols de la sous-classe à drainage externe possible s'observent sur des pentes plus ou moins prononcées et sont riches en argiles du type 2/1 sur matériaux originels riches en Ca^{++} et Mg^{++} .

Au niveau des groupes la classification fait intervenir le type de structure de l'horizon de surface en distinguant les structures à formes arrondies des structures à angles vifs.

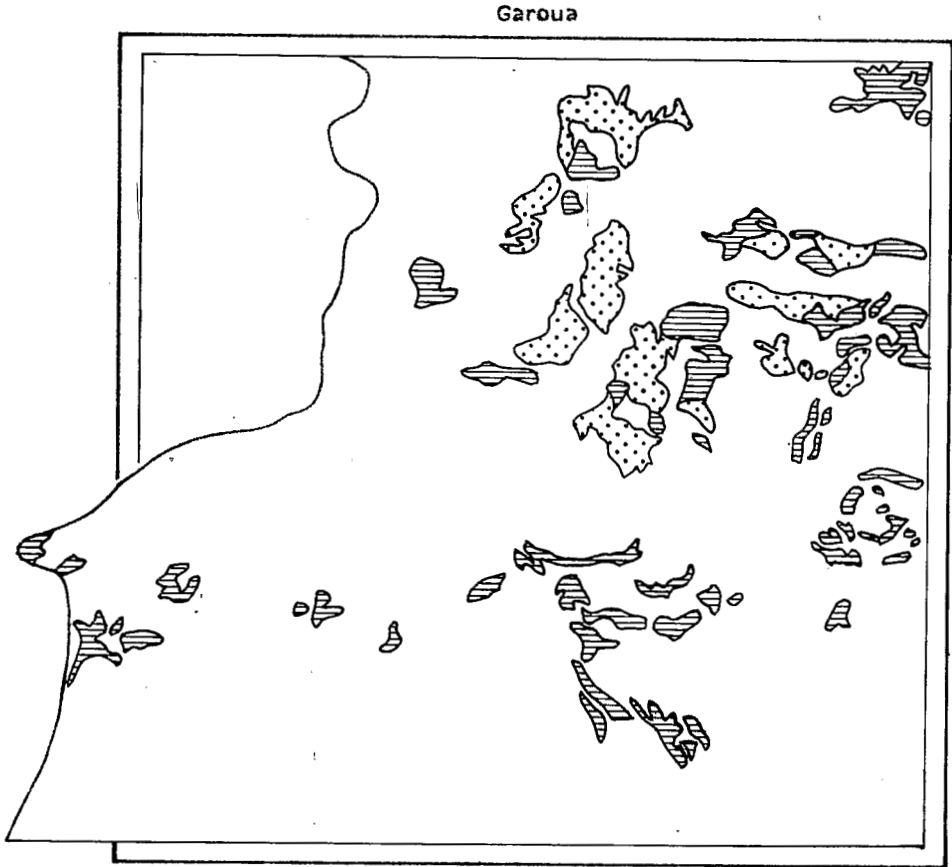
Les vertisols de la carte Garoua présentent souvent un horizon supérieur à structure fine et parfois arrondie, mais l'épaisseur de celui-ci n'atteint qu'exceptionnellement les 15 cm exigés pour l'appartenance au groupe "à structure arrondie sur au moins les 15 cm supérieurs". Les vertisols observés dans cette région et qui participent aux deux sous-classes entrent donc tous dans le groupe commun :

à structure anguleuse sur au moins les 15 cm supérieurs

Au niveau des sous-groupes la classification utilise l'intensité du processus fondamental (développement des caractères structuraux énoncés) et/ou des caractères secondaires liés à des actions d'hydromorphie ou de salure. D'où les sous-groupes :

- 1 modal : caractères structuraux complets et absence de caractères secondaires.
- 2 verticale : caractères vertiques moyennement accentués.
- 3 hydromorphe : présence de taches et concrétions d'hydromorphie.
- 4 halomorphe : à caractère de salure.
- 5 à structure finement divisée sur au moins les 10 cm supérieurs.

Sur la carte Garoua certains vertisols à drainage externe possible, dérivés de roches basiques (dits lithomorphes) présentent, du fait d'un rajeunissement constant par l'érosion accompagné d'une carbonatation d'ensemble, des caractères vertiques peu accentués : structure plus fine ou macro-porosité non nulle, ou faible épaisseur de l'horizon de diagnostique, ou absence d'agrégats gauchis à faces striées, ou absence du micro-relief gilgai, ou recouvrement caillouteux d'un décimètre environ. Ils ont été placés dans le sous-groupe verticale bien que certains d'entre eux présentent en outre des caractères de salure et d'autres de nombreuses concrétions noires qui témoignent de conditions hydromorphes, pas forcément actuelles du reste. Les autres vertisols lithomorphes sont bien développés, mais l'analyse révèle des taux élevés de sodium échangeable et une forte conductivité dans leur horizon BC et même (B). Ce caractère de salure n'a pas semble-t-il d'expression morphologique et il est associé souvent à un caractère d'hydromorphie actuelle (taches jaunes).



Vertisols



Vertisols peu évolués ou en association

VERTISOLS

Figure 8 – Vertisols

La salure n'a pas été rencontrée dans les paysages pédologiques associant les vertisols aux sols rouges tropicaux de haut de pente. Par contre, elle est très fréquente dans ceux qui voisinent avec les sols sodiques. On ne peut préciser dans le cadre de cette étude si elle affecte seulement certains affleurements dans leur ensemble ou certaines parties de tous les affleurements. Elle y est en outre relativement indépendante des marques hydromorphes. Il a été décidé de regrouper les vertisols lithomorphes à caractères vertiques bien développés qui voisinent avec des sols sodiques dans un sous-groupe mixte : hydro-halomorphe et de maintenir ceux qui sont associés aux rouges tropicaux dans le sous-groupe modal.

Les vertisols à drainage externe nul (ou topomorphes) développés sur alluvions anciennes ou récentes présentent dans la région du confluent Faro-Bénoué les mêmes caractères de salure et d'hydromorphie des horizons inférieurs. On ne peut affirmer qu'ils sont généralisés, mais ces sols ont été également regroupés dans un sous-groupe mixte hydro-halomorphe pour exprimer ce caractère fréquent de salure et/ou d'hydromorphie. Les vertisols alluviaux de la Bénoué, situés en amont de Garoua (SIEFFERMANN 1964) ne présentant pas ce caractère de salure sont laissés dans le sous-groupe modal.

Certains affleurements de vertisols alluviaux présentent en outre deux particularités que la classification précédente n'exprime pas :

— En position plus haute, en relation avec un pédo-climat moins longtemps humide et une savane plus fournie, moins épineuse, les vertisols se distinguent par l'absence de caractères de surface et par la différenciation du premier étage de prismes en horizon dégradé (parfois improprement qualifié de solodisé) : il est sec, de couleur grise plus claire, parfois arrondi en "colonne" à la surface supérieure, sa consistance est diminuée par l'apparition d'une sous-structure polyédrique ou même particulière et les agrégats prennent un aspect blanchi et poudreux au séchage, la texture devenant aussi un peu plus sableuse. Il y a donc apparition en surface d'un caractère qui n'est pas vertique et qui se manifeste là où le pédo-climat est moins longtemps humide. Les facteurs responsables ne sont pas bien connus ; plusieurs peuvent être en cause : lessivage, ferrolyse (BRINKMANN 1969). Leur intervention sera exprimée dans la classification au niveau du faciès : sols à faciès dégradé blanchi.

Ce caractère s'observe aussi sur certains vertisols lithomorphes, au nord de la carte notamment, en relation avec une dégradation de la végétation (dégradation qui peut être d'origine anthropique) et un pédo-climat plus sec bien que des taches d'hydromorphie l'accompagnent souvent.

— Sur certains affleurements de la basse vallée du Faro et, pour la Bénoué, en aval de Riao il existe au contraire un horizon grumosolique superficiel, mais dont l'épaisseur n'est que de 5 à 10 cm seulement. C'est insuffisant pour que ces affleurements puissent être classés dans le sous-groupe "à structure finement divisée sur au moins les 10 cm supérieurs". Certains auteurs les qualifient de "faiblement grumosoliques". Ils seront signalés simplement par le signe g. Ce caractère faiblement grumosolique, au contraire des sols à faciès dégradé blanchi qu'il exclut, correspond à une savane plus fournie en épineux (voire même à des bois d'*Acacia seyal*), à une position exondée, mais sans assèchement du pédo-climat : les fentes de retrait y sont toujours présentes et accompagnées de petits effondrements.

DESCRIPTION ET CARACTERES ANALYTIQUES

Les vertisols couvrent en affleurements individualisés environ 4,5 % de la carte Garoua. Ils sont associés topographiquement aux sols rouges tropicaux, dans les affleurements de ceux-ci et en position de bas de pente. Des roches qui permettent leur

formation existent en abondance dans le centre-nord de la carte, mais l'érosion empêche les sols d'y dépasser, sauf en position privilégiée, le stade peu évolué intergrade verticale. L'évolution verticale s'y juxtapose d'ailleurs à l'évolution sodique. Ces surfaces représentent aussi 4,5 % de la superficie de la carte. Compte tenu de toutes les associations, l'évolution verticale se manifeste sur plus de 10 % du territoire étudié.

5.1 — Les vertisols à drainage externe nul ou réduit. A structure anguleuse sur au moins les 15 cm supérieurs

Sous-groupe hydro-halomorphe :

BBH 75 : profil localisé en bordure du mayo Tiel, sur une pente ouest de 0,5 %. Végétation d'*Acacia seyal* en peuplement pur et tapis graminéen. En surface, fentes polygonales de 40 à 80 cm de côté avec réseau plus fin limité au premier horizon. Léger micro-relief, mais pas d'effondrements. De place en place des débris végétaux masquant les fentes ou une croûte sableuse de couleur claire. Horizons :

- 0 - 5 cm
A1 Brun 10 4/1 discrètement marqué de taches rouille serrées. Texture argileuse. Structure soit en une lamelle unique, soit en lamelles fines, soit en polyèdres fins (le long des fentes). Pas de macro-porosités dans cet horizon durci traversé de petites racines. Limite tranchée, mais très irrégulière comme le sommet des prismes sous-jacents.
- 5 - 35 cm
(B)g Noirâtre 10 YR 4/1, mais taché de rouille et présentant des incrustations de sables grossiers de couleur claire sur certaines faces d'agrégats. Structure prismatique grossière, plus fine près de fissures. Débit en lamelles imbriquées. Dur, frais, sans macro-porosités visible. Quelques nodules carbonatés (2 cm). Limite graduelle et régulière par les taches.
- 35 - 70 cm
(B) Moins taché, plus gris 10 YR 5/1 humide, avec encore des incrustations de sables. Structure prismatique grossière moins développée que ci-dessus. Nodules carbonatés un peu plus nombreux. Dur, frais et non poreux. Limite graduelle et régulière de type de structure et fermeture des fentes.
- 70 - 100 cm
Bna Structure en plaquettes obliques et à nodules carbonatés plus abondants.

Caractères analytiques

BBH 75	pH	R	A	L	CB	FT	T	V	Na	Na/T	CT	MO	C/N	PT
A1	6,5	0	49	34	0	-	26	73	0,3	1	56	1,6	11	0,44
Bg	7,2	0	50	30	0	-	26	100	0,9	3	56	0,7	10	0,29
(B)	8,8	0	42	36	0,3	4,1	26	100	2,2	8	-	-	-	-
Bna	9,0	1	43	34	1	3,6	25	100	3,7	15	54	-	-	-

On remarquera la brusque augmentation du pH dans les horizons B sodiques et carbonatés (conductivité atteignant 0,3 mmhos/cm), la faible différenciation texturale, la capacité d'échange élevée et saturée en cations échangeables avec 15 % de sodium en Bna.

Variations à partir de ce type : L'horizon supérieur peut être grumosolique, mais son épaisseur ne dépasse pas alors 10 cm. Les nodules carbonatés peuvent apparaître dès la surface, mais la teneur en carbonates reste faible dans la terre fine. Le micro-relief peut être accentué en creux et bosses avec de petits effondrements. L'enracinement varie beaucoup avec la végétation. Le taux d'argile peut atteindre 65 %, celui de sables grossiers restant inférieur à 10 %. Les deux profils analysés présentent des caractères de salure.

Sous-groupe modal :

Vers le confluent du mayo Kébi étudié par SIEFFERMANN (1964), les vertisols alluviaux ont au contraire un pH acide à neutre, une texture très fortement argileuse (70-80 %), une capacité d'échange de cations élevée (30 à 60 mé) peu de sodium échangeable ($Na/T \leq 5$ %). Là où ils ne s'assèchent pas, par suite d'une plus longue inondation, ils s'enrichissent en matière organique (jusqu'à 4 %). Cette légère accumulation d'une matière organique bien évoluée ne les apparente pas au sous-groupe hydromorphe.

Sols à faciès dégradé blanchi :

Ce faciès est fréquemment observé, mais il ne caractérise des affleurements entiers qu'au sud du confluent Faro-Bénoûé.

Caractère faiblement grumosolique :

Il apparaît fréquemment au sud du même confluent et dans la région de Riao. Il est plus ou moins généralisé sur les affleurements distingués par le signe g.

5.2 — Les vertisols à drainage externe possible et à structure anguleuse sur au moins les 15 cm supérieurs.

Sous-groupe vertique :

Les caractères vertiques de ces sols ne sont que modérément accentués ou alors un ou plusieurs d'entre eux font défaut. Souvent aussi ils présentent une couche caillouteuse superficielle d'un décimètre d'épaisseur environ. Parfois, ils contiennent des concrétions noires dont on ne peut dire si leur formation est actuelle. Ces sols peuvent être associés dans leurs affleurements à des solonetz érodés ou peu développés ou à des sols dont la morphologie tient à la fois des solonetz et des vertisols. Du point de vue cartographique, leur distribution se distingue de celle des sols peu évolués intergrades vertisols (voir chapitre II 26) par leurs caractères vertiques plus constants, marqués sur une plus grande épaisseur, et par la présence de surfaces de vertisols parfaitement développés là où l'érosion est moins active. Exemples :

Au nord-est de la carte M. VALLERIE (1964) décrit des sols peu profonds et parfois caillouteux sur embréchite.

GDR 9 : localisé au nord-ouest de Guider sur une pente légère, sous savane arbustive et culture de mil et arachide. Horizons :

0 - 10 cm	Gris-foncé 10 YR 4/1. Sablo-argileux, feldspaths et débris de roche, quelques petites concrétions rouges et noires. Faiblement structuré en polyèdres, cohésion forte, porosité faible. Fentes fines.
-----------	---

- 10 - 25 cm Brun-gris-foncé 10 YR 4/2. Argilo-sableux, concrétions noires, très peu de graviers. Structure polyédrique à prismatique mal exprimée, forte cohésion.
- 60 cm Roche altérée de teinte gris-clair.

A l'analyse le pH est légèrement acide, plus élevé là où apparaissent des nodules carbonatés. La matière organique (1,5 à 3 %) est mieux évoluée sous culture. La capacité d'échange (20 à 30 mé) est presque saturée en cations échangeables. 40 mé de réserves minérales, peu de potassium et phosphore. Certains profils sont moins argileux et la structure prismatique n'y apparaît pas:

BBH 213 : profil situé près de la bretelle de Diatoumi, au nord de Dembo, dans un paysage très marqué par l'érosion en ravines. Végétation dégradée d'*Anogeissus*, *Bauhinia*, *Daniella* et *Acacia scorpioïdes* ; en surface, micro-relief d'érosion en nappe et rigoles allant localement jusqu'aux "touradons". Croûte noire lissée discontinue. Plages de nodules carbonatés cupulés et de cailloux quartzeux émoussés. Horizons :

- 0 - 10 cm
A1 Gris 10 YR 5/1. Limono-argileux (30 % d'argile, 45 % de limons) avec quartz et feldspaths et nombreuses petites concrétions carbonatées (2 à 4 mm). Fortement structuré en polyèdres fins et durs. Forte porosité d'interstices utilisée par de nombreuses radicelles. Limite distincte et régulière de couleur et structure.
- 10 - 27 cm
(B) Plus clair et plus verdâtre 2,5 Y 5/2 avec quelques taches jaunes. Même granulométrie mais nodules plus gros et plus nombreux. Amas crayeux carbonatés. Fortement structuré en prismes moyens et durs à nette sous-structure lamellaire. Pas de macro-porosité visible. Quelques radicelles. Limite distincte et irrégulière par la structure.
- 27 - 43 cm
(B)g Disparition progressive de la structure prismatique et augmentation des taches jaunes.
- 43 - 100 cm
(BC)g De plus en plus taché et de moins en moins carbonaté en amas crayeux. Quartz et feldspaths.

Caractères analytiques

BBH 213	pH	R	A	L	FT	T	V	Na	Na/T	MO	C/N	PT
A1	8,9	13	46	26	-	27	100	0,1	0	0,3	8	0,1
(B)	8,9	11	44	28	-	25	100	0,2	0	0,2	7	0,1
(B)g	8,6	13	41	28	3,6	24	100	0,6	2	-	-	-
(BC)g	9,3	5	41	24	3,9	22	100	2,3	10	-	-	-

On remarquera l'absence de variations texturales et du pH sauf dans l'horizon BC sodique et carbonaté, la très faible teneur en matière organique, la saturation du complexe absorbant à capacité d'échange élevée, la teneur en fer total de B comparable à celle du profil BBH 75.

En conclusion, l'horizon vertique est ici caractéristique, mais peu épais (15 cm) et concurrencée par l'halomorphie et l'hydromorphie dans les horizons sous-jacents.

Des sols à caractères vertiques peu développés s'observent également près de Nakong (15 km de Garoua) sur une roche noire non identifiée.

Sous-groupe hydro-halomorphe

GM 41 : ce profil sur gabbro est un des vertisols les mieux développés. Localisé près du village de MBOUTOU, sur la nouvelle piste DEMBO-SORAU (Nigéria) au nord-ouest de la carte, dans l'anneau déprimé d'une vaste "structure annulaire", sous savane arbustive dégradée à *Anogeissus leiocarpus*, *Balanites aegyptiaca*, *Combretum* et touffes graminéenne non contiguës. La surface du sol est assez plane, en légère pente (2 %) vers un drain central, marqué d'un réseau polygonal de fentes et recouverte ici et là de plaques de nodules carbonatés. Horizons :

- | | |
|---------------------|---|
| 0 - 10 cm
A1 | Noir N 3/ argilo-sableux. Fortement structuré en grumeaux grossiers 5-20 mm fermes. Nodules carbonatés durs peu jaunis, inférieurs au cm. Forte porosité inter-agrégats. Limite tranchée de structure. |
| 10 - 30 cm
(B) | Noir N 2/, argilo-sableux. Fortement structuré en prismes 5 x 5/10 cm à sous-structure de polyèdres fermes 10-30 cm. Nombreux nodules carbonatés. Fentes béantes parcourues par des racines verticales. Forte porosité de fentes. Limite distincte par taille de structure. |
| 30 - 70 cm
(B)2 | Même horizon mais structuré en prismes plus larges 10 x 20/15-30 cm, sous-structuré d'abord en polyèdres puis en plaquettes obliques lissées, de plusieurs cm. Texture argileuse, nombreux nodules. Limite de structure. |
| 70 - 90 cm
B1ca | Concentration irrégulière en nodules commandant le type de structure : polyèdres ou plaquettes obliques. Fentes étroites, porosité inter-agrégats. Limite progressive par carbonates. |
| 90 - 120 cm
B2ca | Rendu blanc (5 Y 8/1) et poudreux par les carbonates : Nodules 2-10 mm friables à la main et poudre carbonatée sur les polyèdres 10-30 mm englobant plusieurs nodules. Cohésion faible. Quelques racines. Limite distincte de couleur texture et structure. |
| 120 - 175 cm
B3 | Sablo-limoneux gris 5 Y 7/1 parcouru de joints carbonatés fins et serrés : inférieurs au mm et espacés d'un cm. Petites plages d'abord rouille, inférieures au cm, puis jaunes couvrant 20 % de la surface. Structure continue à débit polyédrique 10-30 mm indépendant des joints carbonatés. Peu fragile. Les joints carbonatés paraissent correspondre à un remplissage de pores tubulaires comme ceux de la faune et des racines. Quelques plages jaune-rouille de roche altérée. Forte cohésion, pas de nodules carbonatés mais quelques amas friables dans des petites cavités. Limite distincte de couleur et texture. |
| 175 - 240 cm
C | Noir jaune et rouille, sablo-graveleux provenant de la désagrégation sur place d'une roche à cristaux automorphes souvent friables à la main et de plusieurs millimètres d'épaisseur qui sont des feldspaths et des ferro-magnésien (gabbro). Structure continue moyennement cohérente. Horizon frais et humide à tache d'hydromorphie. |

Caractères analytiques

GM 41	pH	R	A	L	CB	FT	T	V	Na	Na/T	CT*	MO	C/N	PT
A1	8,8	10	41	37	1	1,3	44	100	0,5	1	65	0,6	18	0,25
B	8,9	13	42	32	4	7,7	42	100	1,7	4	110	0,4	17	0,23
B	9,3	14	54	24	6	6,0	43	100	4,8	11	145	0,4	23	0,24
Bca	8,9	44	14	45	18	5,1	42	100	7,3	18	310	-	-	-
Bna	9,2	0	6	20	1	5,6	27	100	3,6	13	51	-	-	-
C	9,0	11	1	2	0	4,5	-	-	-	-	45	-	-	-

* Magnésium non compris.

On remarquera le pH élevé du profil, la faible différenciation texturale, la capacité d'échange très forte et saturée en cations, les teneurs considérables en carbonates (refus en Bca) et en sodium échangeable, la forte teneur en fer des horizons B et les fortes réserves minérales.

Sur le même affleurement, mais au sud, sur un granite parcouru de filons andésitiques, on observe un sol moins épais, grumosolique sur 10 cm, non carbonaté et non sodique, de pH neutre et où la matière organique est un peu plus abondante (1,7 %). Les caractères vertiques sont également moins accentués ; la macro-porosité en B est très faible, mais non nulle.

Sur les marnes du synclinal de Hama-Koussou on observe des vertisols bien différenciés mais caillouteux, érodés et carbonatés. Leur horizon supérieur peut être grumeleux. Localement un sol assez exceptionnel y a été rencontré : il est très fortement structuré en polyèdres fins dont les faces sont entièrement recouvertes de poudre blanche carbonatée qui forme des gros amas entre les agrégats. Le pH dépasse 9, la teneur en carbonates 20 %. Le complexe est saturé ; le sodium, abonde dans l'horizon C : 10 mé pour une capacité d'échange de 28mé. Voir chapitre II 27.

Sous-groupe modal

Les sols de ce type sont représentés dans l'est de la feuille, sur roches riches en feldspaths et minéraux ferro-magnésiens et généralement en association avec des sols rouges tropicaux. Exemples :

BBH 202 : profil situé à l'est de Bibémi dans un paysage à petits interfluves marqués de griffes d'érosion, sous savane arborée. Sols rouges tropicaux en haut de pente. Cailloux épars de quartz rubéfiés. Quelques fentes. Faible activité des vers. Léger micro-relief. Horizons ;

- 0 - 10 cm
A1 Brun-gris 10 YR 4/2. Texture sablo-argileuse avec quelques cailloux. Fortement structuré en polyèdres fins et en cubes (5 cm) durs et de faible porosité. Radicelles. Limite distincte et irrégulière de structure.
- 10 - 45 cm
B 10 YR 3/2. Texture argilo-sableuse avec quelques graviers quartzueux, des nodules carbonatés inférieurs au centimètre et quelques petites concrétions dures et rondes (2 mm). Fortement structuré en prismes (5 cm) se défaisant en plaquettes obliques très dures et non poreuses, à faces lisse. Limite graduelle.

- 45 - 90 cm
B3 Mêmes teinte et même texture. Structure en plaquettes obliques très dures à sur-structure prismatique. Fentes étroites, porosité nulle, peu de racines.
- 90 - 120 cm
BC De couleur irrégulière brun-olive-pâle 2,5 YR 5/4 de texture sablo-argileuse, faiblement structuré en polyèdres durs et non poreux. Absence de racines.

Caractères analytiques

BBH 202	pH	R	A	L	FT	T	V	Na	Na/T	CT	MO	C/N	PT
A1	7,5	0	30	28	-	26	100	0	0	84	2,7	14	0,62
B2	8,0	1	48	27	9,5	32	100	0,1	0	212	1,2	16	0,60
BC	8,8	1	25	27	8,2	29	100	0,3	1	214	-	-	-

On remarquera l'augmentation de la teneur en argile dans l'horizon B, la saturation du complexe absorbant à capacité d'échange élevée (très peu de sodium) les teneurs plus importantes en matière organique, les fortes réserves minérales et la teneur élevée en fer total (Lj. NALOVIC et FX. HUMBEL 1970).

Sur schistes sédimentaires crétacés au nord-est de la carte M. VALLERIE (1964) décrit des vertisols typiques lithomorphes pas très épais, par exemple :

GDR 39 : profil situé près de BA-BOURI, sur très faible pente et sous savane arbustive.
Horizons :

- 0 - 15 cm Brun-gris 2,5 Y 5/2, argileux à structure prismatique et larges fentes de retrait. Porosité faible, cohésion forte, un peu frais.
- 15 - 40 cm Brun-gris 2,5 Y 5/2, argileux, prismatique moins bien exprimé et fentes de retrait moins marquées. Cohésion moyenne, porosité faible, un peu humide.
- 40 - 60 cm Brun-gris foncé 2,5 Y 4/2, argileux, polyédrique, cohésion moyenne, porosité très faible, humide.
- 60 cm Schiste altéré.

A l'analyse, l'auteur indique 50 % d'argile, 15 % de limon, un pH faiblement acide en surface et inférieur à 8,5 en profondeur, une capacité d'échange de 40 à 50 mé presque saturée, mais ici aussi peu de potassium. Des fortes réserves minérales (140 mé).

6. LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

DEFINITION ET CRITERES DE CLASSIFICATION

Les sols ferrugineux tropicaux forment la première sous-classe de la classe des sols à sesquioxydes de fer, dont les sols fersiallitiques décrits au chapitre 11.7 forment la seconde.

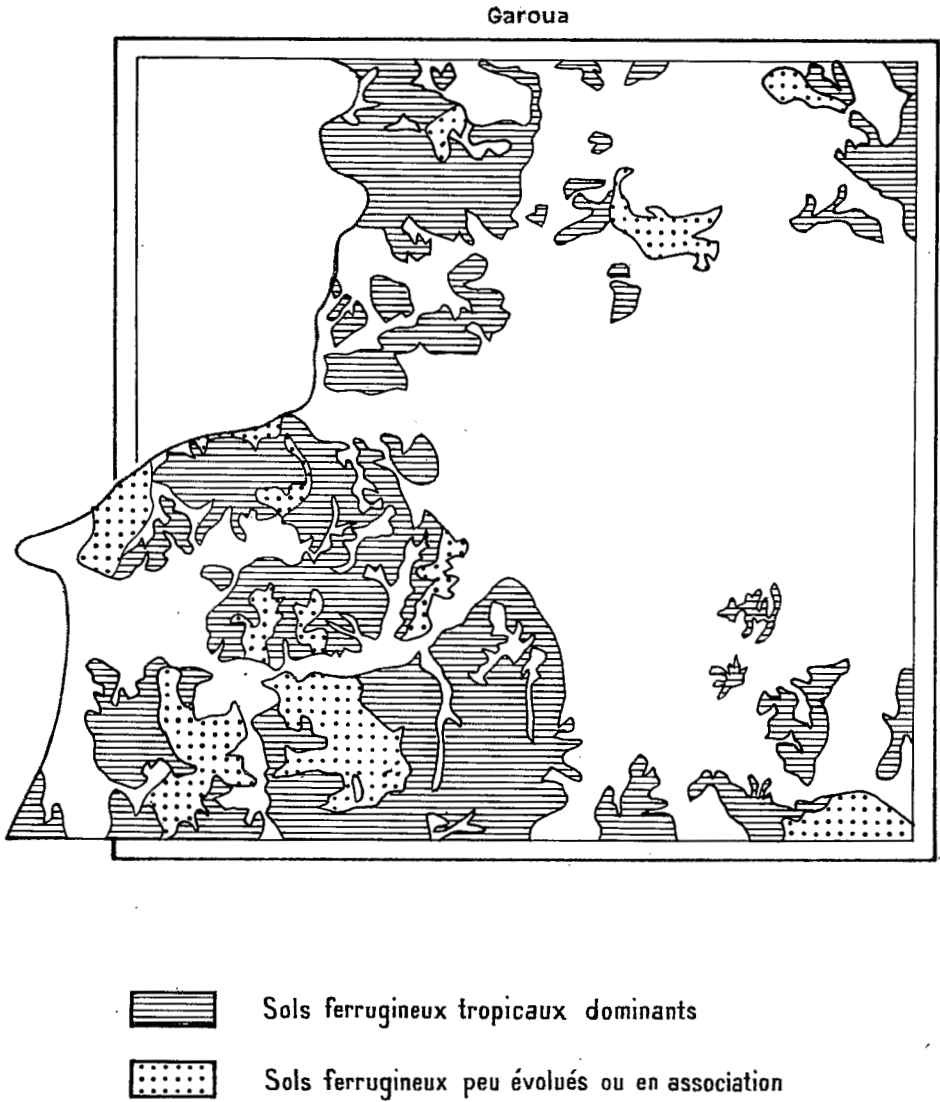


Figure 9 – Sols ferrugineux tropicaux

Les sols de la classe IX des sols à sesquioxydes de fer (CPCS 1967) ont un profil A B C ou A (B) C. L'individualisation des sesquioxydes de fer ou de manganèse leur confère une couleur très accusée, rouge, ocre-rouille ou noire (oxydes de manganèse) qui intéresse les horizons B où ces oxydes peuvent se trouver sous forme figurée dans des concrétions, carapace ou cuirasse. L'hydrolyse des minéraux y est moins poussée que dans les sols ferrallitiques (classe de sols qui ne sont pas représentés sur cette carte, mais qui occupent plus au sud une grande partie du Cameroun central et méridional), le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ y est supérieur à 2, la gibbsite absente, le taux de saturation en cations échangeables supérieur à 50 %, la teneur en matière organique faible (décomposition rapide).

La classe est divisée en deux sous-classes : l'une où prédomine très largement la genèse, l'individualisation, les migrations ou la concentration des oxydes métalliques. C'est la sous-classe 1 des sols ferrugineux tropicaux où le taux de saturation du complexe est inférieur à 65 % en B.

L'autre où la fraction argileuse prend génétiquement et morphologiquement une importance prépondérante et dans laquelle les oxydes accompagnent l'argile. C'est la sous-classe 2 des sols ferrallitiques où le taux de saturation est voisin de 100 %. Ces sols sont représentés ici par les sols rouges tropicaux.

Dans la sous-classe des sols ferrugineux tropicaux les conditions de pédogenèse favorisent la séparation des sesquioxydes de fer d'avec les particules argileuses et leur migration. C'est ce lessivage de l'argile qui sert actuellement de critère de différenciation au niveau du groupe, les caractères communs aux sols des trois groupes (peu lessivés, lessivés et appauvris) étant :

Profil ABC, richesse en sesquioxydes, coloration jaune (10 YR, 7,5 YR) en B avec des "valeurs" supérieures à 5, et des "intensités" supérieures à 4 (Code Munsell), structure massive en A et B, complexe argileux moyennement désaturé en B (50 à 65 %) constitué essentiellement d'argiles kaolinitiques de néoformation en mélange avec des argiles héritées. Ces argiles héritées sont essentiellement illitiques, la montmorillonite se maintenant difficilement dans ce milieu (H. PAQUET 1969).

Certains sols rencontrés sur les roches siliceuses en place (grès ou granite) de la carte GAROUA répondent aux critères précédents, mais leur couleur est nettement plus rouge. Sur glaciais d'accumulation, on observe des sols de couleur rouge et peu désaturés qui ont été considérés comme intergrades avec les sols ferrallitiques (sous-classe 2).

DESCRIPTION ET CARACTERES ANALYTIQUES

6.1 — Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés

Sous-groupe à complexe presque saturé :

M. VALLERIE (1964) décrit au nord-est de SORAWEL des sols peu argileux (15 % au maximum) à complexe presque saturé, mais relativement bien pourvus en matière organique (2 %), et présentant des réserves minérales fortes, de l'ordre de 100 mé. Le pH y est voisin de la neutralité. Exemple :

GDR 16 : profil observé près de Koïna. Pente moyenne. Savane arbustive cultivée en mil. Horizons :

- 0 - 15 cm Brun-gris foncé. 10 YR 4/2, texture sableuse avec des fragments de roche ou de quartzite et quelques gravillons noirs. Faiblement structuré en polyèdres fragiles. Bonne porosité, légères fentes.
- 15 - 35 cm Brun-rouge 5 YR 4/3, texture sablo-graveleuse avec fragments de roche et gravillons noirs. Faiblement structuré en polyèdres fragiles de porosité moyenne.
- 35 - 60 cm Même horizon, mais moins poreux.

— Sur le piedmont sud du massif de Peské-Bori M. VALLERIE (1967) décrit des sols analogues, mais légèrement désaturés, sur grès. Sur colluvions par contre, la différenciation en argile y est plus prononcée (de 10 % dans l'horizon A à 40 % en B), mais cet horizon A n'a pas l'épaisseur suffisante pour faire entrer ces sols dans le groupe lessivé.

— A Barnaké, sur des sables et graviers alluviaux et en association avec des sols sodiques on observe des sols sableux peu différenciés en argile et en fer présentant un horizon B de teinte 7,5 YR 5/6 marqué de raies horizontales de cohésion. Exemple :

BBH 82 : profil observé sous savane arbustive, en haut de pente (2 %), la surface du sol étant marquée par l'érosion en nappe (buttes au collet des touffes, plages de sables déliés). Horizons :

- 0 - 13 cm
A11 Couleur gris foncée 10 YR 4/1, texture sableuse (85 %), structure faiblement polyédrique fine ou lamellaire, fragile. Nombreux pores tubulaires et radicelles.
- 13 - 23 cm
A12 10 YR 4/2, sableux, massif mais fragile, poreux avec nombreuses racines.
- 23 - 40 cm
A2 Brun 10 YR 5/3, sableux, massif, très fragile et très poreux, grosses racines.
- 40 - 70 cm
AB Plus cohérent avec raie de cohésion de 50 à 60 cm.
- 70 - 120 cm
B2 Brun soutenu 7,5 YR 5/5, sablo-graveleux, massif avec plusieurs raies de cohésion. Début de structure fragmentaire autour des raies.
- 120 cm
B3 Matériau sableux frais de même teinte. A 2,5 m P. BRABANT (renseignement oral) observe des revêtements argileux gris sous la limite supérieure de la nappe phréatique. Ce sol serait donc profondément lessivé.

Caractères analytiques

BBH 82	pH	R	A	L	FT	T	V	MO	C/N	PT
A1	7,1	1	4	11	-	5	74	0,9	16	0,25
A2	6,7	2	5	9	1,0	4	71	0,6	15	0,26
AB	6,5	2	6	8	-	4	63	0,4	11	-
B	6,6	38	5	3	1,1	4	64	-	-	-
C	6,7	34	2	2	1,0	3	48	-	-	-

On remarquera les faibles teneurs en argile et en fer de tous les horizons, leur pH faiblement acide, les faibles capacités d'échange. Les raies de cohésion sont les seuls caractères visibles de différenciation en B. Ce sol pourrait être en fait profondément lessivé, tous les horizons décrits ici étant alors des horizons A ou AB.

6.2 -- Sols ferrugineux tropicaux lessivés

Les sols de ce groupe présentent, sous un horizon lessivé, un horizon enrichi en argile en même temps qu'en sesquioxydes de fer, l'horizon sous-jacent (matériau originel) étant de richesse intermédiaire. L'indice de lessivage y est inférieur à 1/1,4 (CPCS 1967).

On rencontre ces caractéristiques dans des sols dérivés de roches acides, grès de Garoua, granites, gneiss, etc. Sauf dans les sols intergrades ou à horizon B rouge épais, l'horizon le plus enrichi en fer total y est situé sous l'horizon le plus argileux.

Sous-groupe modal :

Les sols rassemblés ici présentent en fait des faciès très variés :

Faciès des sols à horizon B rouge et épais :

Sur grès de Garoua on observe des sols présentant à l'analyse des caractères nets de lessivage en argile et en fer, l'horizon d'accumulation étant de couleur rouge (2,5 YR 4/7) avec des facettes lisses rouges sur les faces d'unités structurales. Exemple :

RH 26 : profil observé dans un puits, au pied d'un affleurement gréseux en dôme, au pK 24 de la route Garoua-Ngaoundéré. Savane arbustive à *Daniella* et karités. Horizons :

0 - 15 cm A11	Brun-gris foncé 10 YR 4/2, 3/2 humide. Texture sableuse. Structure lamellaire sur quelques centimètres puis continue poreuse et peu fragile d'humectation rapide. Limite distincte de couleur.
15 - 30 cm A12	Pénétration humique en traînées 10 YR 5/3. Texture sableuse. Faiblement structuré en polyèdres 10-50 mm fermes et poreux.
30 - 50 cm AB	Brun 7,5 YR 5/4, 5 YR en humide. Texture légèrement plus argileuse. Même structure stable à l'humectation (rapide). Cohésion notable. Limite distincte de couleur, texture et cohésion.
50 - 100 cm B1	Rouge 2,5 YR 5/6, 4/6 humide. Texture sablo-argileuse sans feldspaths visibles. Moyennement structuré en polyèdres friables absorbant l'eau mais s'effondrant après humectation.
100 - 160 cm B2	Rouge 2,5 YR à 10 R 4/8 en sec et humide. Texture argilo-sableuse à sables grossiers assez propres. Structure polyédrique irrégulière à facettes lissées rouges s'effondrant à l'humectation.
160 - 400 cm B3	Progressivement moins rouge (5 YR 5/6), moins argileux, plus graveleux (20 %). Faiblement structuré en polyèdres grossiers peu fragiles sans facettes brillantes.

400 - 600 cm Arène quartzeuse claire et dure avec feldspaths apparents.

C

600 - 1500 cm Grès arkosique peu cimenté avec deux passées argileuses.

CII

Caractères analytiques

RH 26	pH	R	A	L	FT	FL	T	V	CT*	MO	C/N
A1	6,9	0	7	9	0,4	0,3	4	49	3,5	0,7	17
A2	6,6	0	13	10	1,2	0,6	3	47	2,3	0,3	12
B2	6,0	4	35	7	3,0	1,6	5	67	5,0	-	-
B3	5,8	22	29	11	2,0	1,5	4	57	4,0	-	-
C	6,2	48	14	1	0,7	0,5	2	57	1,0	-	-

* magnésium non compris

On remarquera la nette différenciation en argile et en fer avec maximum dans l'horizon le plus vivement coloré, le pH voisin de 6 (sauf en surface), les faibles capacités d'échange, leur taux de saturation normal pour un sol ferrugineux, les faibles réserves en cations totaux.

Ce type de profil à horizon B rouge épais et argileux n'occupe pas de grandes surfaces continues mais forme des plaques de plusieurs hectares autour d'affleurements de grès ou dans des enlèvements des lignes de partage des eaux. Son horizon B rouge, épais, friable, homogène, perméable, structuré en pseudo-sables, de faible capacité d'échange et pauvre en minéraux altérables n'est pas sans rappeler celui des sols ferrallitiques. Il est cependant moins léger, moins poreux et moins désaturé que celui-ci. Son rapport silice sur alumine est égal ou inférieur à 2. Le passage au grès sous-jacent est généralement brutal vers 4 m de profondeur. Cette épaisseur assez régulière, ne permet pas de concevoir une origine entièrement colluviale du sol. Les caractéristiques moyennes de l'horizon B rouge d'un sol ferrallitique de Ngaoundéré et de l'horizon B rouge d'un sol ferrugineux de Garoua sont résumées ci-dessous. Les matériaux sont comparables (granite et arkose).

B "ferrugineux"

B "ferrallitique"

Couleur en sec	2,5 YR	2,5 YR
Épaisseur maximum	4 m	5 m
Capacité d'échange	5 mé	5 mé
Réserves en cations	10 mé	10 mé
Acidité	6	5,5
Perméabilité Müntz	10 cm/h	10 cm/h
Teneur en pseudo-sables	-	40 %
Teneur en fer total	5 %	9 %
Taux d'argile	35-45 %	45-65 %
Taux de saturation	60 %	6 %
Densité apparente	1,6	1,2
Porosité sur mottes	30 %	50 %
Porosité totale	35 %	60 %
Rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	1,5 à 2	1,6

Il apparaît donc que l'horizon rouge du sol de la région de Garoua est moins argileux, moins désaturé et plus tassé que celui de Ngaoundéré. Si ces différences peuvent être induites par la situation actuelle de ces sols, une parenté pédogénétique entre ces matières rouges reste possible. Un colluvionnement à courte distance pourrait expliquer la granulométrie plus sableuse et le tassement ainsi que la position de ces sols dans le paysage. Le taux de saturation en cations serait, lui, déterminé par le drainage actuel. Ces sols rouges et épais de Garoua s'observent principalement dans des endroits peu exposés à l'érosion, à laquelle ils sont particulièrement sensibles. Leur matière a pu y être piégée lors du démantèlement d'une ancienne couverture pédologique faiblement ferrallitique, les modalités de sa mise en place et les conditions édaphiques actuelles assurant tassement, appauvrissement en argile et saturation relative en cations. Il est moins satisfaisant d'y voir la marque d'une pédogénèse actuelle affectant des affleurements de grès plus feldspathiques donnant pour cette raison naissance à des sols plus argileux qu'alentour et dépourvus de concrétions ferrugineuses.

Faciès des sols à horizon bariolé :

Sur grès de Garoua on observe des sols nettement différenciés en argile et en fer présentant à profondeur variable un horizon bariolé rouge et blanc enrichi en fer, mais sans induration en concrétions ou carapace. Lorsque le profil est en rupture de pente des versants cet horizon bariolé est dans la zone de battement de la nappe phréatique. On l'observe aussi en sommet d'interfluve, mais il s'y développe alors une structure polyédrique indépendante du bariolage indiquant que celui-ci n'est peut-être pas actuel. Exemple :

ONCH 2 : profil situé au pK 16 de la route Garoua-Ngaoundéré, sur une pente de 2 %, à 200 m d'un bas-fond évasé. Savane dégradée avec cultures. Bon drainage externe et interne jusqu'à 1,5 m. Pas d'érosion en nappe apparente. Pas de vers, mais beaucoup de termites dans tout le profil. Horizons :

- | | |
|---------------------|---|
| 0 - 18 cm
Ap | Brun-rouge 5 YR 3/3 et gris 3/1 en plages bien délimitées traduisant une mauvaise décomposition et liaison des matières organiques auxquelles s'ajoute un effet de culture. Cet horizon humifère rappelle celui des sols hydromorphes; texture sableuse, structure continue de cohésion faible (examen humide). |
| 18 - 40 cm
A21 | Brun-rouge 5 YR 4/3 avec grandes plages noirâtres bien délimitées. Texture sableuse, structure particulière de faible cohésion (effondrement spontané). |
| 40 - 75 cm
A22 | Rouge-jaune 5 YR 5/6 avec des plages rouille très diffuses. Texture sableuse, structure particulière à tendance grumeleuse. Effondrement facile. Forte porosité de sables et de tubes (radicelles et termites). |
| 75 - 90 cm
AB | Transition de couleur jusqu'à 2,5 YR 4/6. Localement grandes plages noirâtres de plusieurs centimètres. Texture légèrement plus argileuse. |
| 90 - 136 cm
B1 | Rouge 2,5 YR 4/6 de texture sablo-argileuse, faiblement structuré en polyèdres 20-30 mm friables. |
| 136 - 158 cm
B2t | Rouge 2,5 YR 4/8, de texture franchement sablo-argileuse, moyennement structuré en polyèdres fragiles, à forte porosité tubulaire et de cavités fauniques. |

158 - 210 cm B2fe Bariolé rouge 2,5 YR 6/8, 5 YR 5/6 et crème 10 YR 7/6 (20 %) avec des plages noirâtres fauniques. Faiblement structuré en polyèdres irréguliers 20-50 mm ou bien massif peu cohérent. Forte porosité tubulaire grossière et nombreuses cavités. Diminution nette des racines. A 2,10 m nappe d'eau claire.

Caractères analytiques

ONCH 2	pH	R	A	L	FT	FL	T	V	MO	C/N	PT
Ap	6,8	2	2	9	0,5	0,3	4	62	0,65	14	0,1
A2	7,5	4	6	13	1,0	0,5	3	84	0,90	14	0,1
B1	(8,1)	3	18	10	2,0	1,2	4	75	-	-	0,1
Bt	(8,1)	8	23	10	2,1	1,5	5	74	-	-	-
Br	(7,8)	40	22	11	2,6	1,7	5	73	-	-	-
Bfe	6,8	11	24	13	2,3	1,9	4	55	-	-	-

On remarquera le décalage entre les teneurs maximales en argile et en fer, la texture sableuse, la faible teneur en fer, les faibles capacités d'échange, saturées à 70 %.

La morphologie de ces sols à horizon bariolé témoigne des mauvaises conditions de drainage, existant ou ayant existé à la base du profil. Leur extension est faible et ils paraissent constituer un élément important de certaines toposéquences sur grès.

Faciès des sols à horizon A2 hypertrophié :

Ce profil comprend une épaisse partie sablo-caillouteuse, bouillante et évidée, reposant, par un contact brutal, sur un horizon cohérent de grès ferruginisé et argilisé sur quelques millimètres ou centimètres. Le grès présente plus profondément des croûtes ferrugineuses dont l'origine peut être pédologique ou géologique. Exemple :

RH21 : profil situé près d'un affleurement surbaissé de grès, sur une ligne de partage des eaux, en sommet d'interfluve. Très bon drainage externe et interne. Grès quartzeux et feldspathique à petits bancs ferrugineux. Déchaussement des touffes d'herbes très espacées et plages de sables déliés témoignant de l'érosion en nappe. Pente 1 %. Horizons :

- 0 - 20 cm A11 Gris 10 YR 6/1,5, 3/3 humide, de texture sableuse grossière, de structure particulaire peu cohérente mais poreuse, s'humectant rapidement et sans effondrement. Limite distincte de couleur.
- 20 - 40 cm A12 Gris clair 10 YR 7/2, 5/3 humide, avec pénétration humique en traînées. Texture sableuse, structure particulaire et poreuse. Limite de couleur humide.
- 40 - 60 cm A2 Gris-rose 7,5 YR 8/2, 6/6 humide. Mêmes caractères que ci-dessus, mais plus graveleux. Limite tranchée et régulière de texture.

- 60 - 90 cm
A2 Blanc-rose 7,5 YR 8/2, 6/6 humide. Texture gravelo-sableuse avec un peu d'argile. Structure particulaire, poreuse et bouillante englobant des tablettes résistantes de grès ferrugineux. Limite crénelée par indentations en colonnes colorée et consolidées du grès sous-jacent, parfois détachées de leur base.
- 90 - 130 cm
BC Grès pénétrant l'horizon sus-jacent en turricules hauts d'un décimètre, parfois excavés ou détachés à leur base. Ces tours sont rougies (2,5 YR 4/6) et durcies par un ciment ferrugineux et elles enserrent des petits feldspaths blancs. L'arène qui les entoure est rose 5 YR 7,5/3, 5/6 humide, plus graveleuse que les tours et dépourvue de feldspaths. Sa structure est particulaire bouillante et caviteuse.
- 130 - 180 cm
CR Grès grossier quartzeux avec feldspaths, peu résistant, englobant des poches de l'arène ci-dessus. Croûte ferrugineuse à 140 cm.

Caractères analytiques

RH 21	pH	R	A	L	FT	FL	T	V	CT*	MO	C/N	PT
A1	6,1	7	6	7	0,2	0,2	3	35	1	0,7	16	0,15
A2	6,1	58	10	6	0,3	0,2	2	35	1	0,4	15	0,15
BC	5,8	18	19	6	0,5	0,4	2	30	1	0,2	12	0,15
CR	5,9	21	14	7	0,3	0,3	2	45	1	-	-	-

* magnésium non compris.

On remarquera les faibles teneurs en argile et en fer, sans décalage des maxima, les pH voisins de 6, la faible saturation du complexe absorbant.

L'horizon A2 est souvent très caillouteux et évidé et la surface de ses éléments grossiers prend au séchage une teinte blanc-grise très claire, voire même un aspect poudreux caractéristique.

Ce type de profil, profondément lessivé en argile, est peu différencié en fer, si l'on exclut de la pédogénèse les croûtes ferrugineuses profondes du grès sous-jacent. Il participe essentiellement à l'ensemble des divers sols lessivés du bassin de la Bénoué, particulièrement abondants sur les grès de Garoua. Le contact brutal entre les horizons A2 et BC n'est pas ici le lieu d'une circulation oblique des eaux infiltrées, ce qui indique une pénétration verticale plus profonde des eaux météoriques, faisant participer au moins les premières croûtes ferrugineuses à la dynamique actuelle.

Faciès des sols localement indurés sur grès :

A l'approche de la limite sud du bassin des grès de Garoua, en bordure de carte avec la feuille de POLI (P. BRABANT et F.X. HUMBEL 1971), les sols ferrugineux tropicaux présentent fréquemment un horizon concrétionné peu profond (50 à 80 cm) et peu épais (30 cm). De place en place, un horizon induré plus conséquent est sub-affleurant ou dégagé en carapace ou cuirasse.

Cet horizon concrétionné englobe de nombreux cailloux ou galets quartzeux et il est plus ou moins évidé de sa matrice. Ces sols incorporent donc des matériaux grossiers résiduels, concentrés sur place par l'érosion ou repris par un processus de remaniement. Son caractère caviteux, l'aspect de surface des concrétions et le dégagement de carapaces ferrugineuses suggèrent que cet horizon est actuellement plutôt le siège d'un lessivage du fer que d'un apport absolu.

Le concrétionnement et l'induration se généralisent plus au sud sur la feuille Poli. Leur apparition sur les grès, immédiatement au nord du contact faillé avec le socle, indique que cette individualisation plus poussée des sesquioxides de fer n'est pas liée ici à la roche-mère, mais à des facteurs climatiques ou géomorphologiques.

Un autre secteur de sols ferrugineux concrétionnés ou indurés sur grès s'observe entre Demsa et Barnaké à l'ouest de la feuille.

6.3 – Sous-groupe à concrétions

Faciès des sols faiblement concrétionnés sur granite ou gneiss :

Sur roche siliceuse du socle, on observe des sols ferrugineux nettement lessivés en argile et en fer où l'horizon d'accumulation d'argile, de couleur rouge-jaune, surmonte un horizon enrichi en fer. Cet enrichissement relatif en fer s'exprime par un bariolage et quelques concrétions noirâtres, généralement peu consolidées, et qui paraissent formées, à la base du profil, autour de minéraux ferromagnésiens en cours d'altération. Exemple :

GM 33 : profil situé près du pK 14 de la piste Dembo-Sorau, au sommet d'un interfluve du bassin du mayo Tiel, sur matériau granitique quartzo-feldspathique. Végétation de savane arbustive ou arborée peu fournie. Erosion en nappe marquée par un déchaussement des touffes graminéennes et l'espacement de celles-ci. Croûte noire desquamée en surface du sol. Associé à des solonetz et à des sols peu évolués. Horizons :

- 0 - 4 cm
A1 Brun-pâle 10 YR 6/3, 7,5 YR 3/2 humide, de texture sableuse. Bien structuré en lamelles grossières ou en grumeaux fragiles (5-10 mm). Humectation rapide et sans effondrement. Poches de sables déliés par endroit. Forte porosité de sables. Enracinement faible, mais bien réparti. Limite brutale de structure.
- 4 - 15 cm
A21 Brun-jaune-pâle 10 YR 6/4, 3/4 humide. Texture sableuse à sables sales. Structure continue cohérente à cassure subanguleuse. Forte porosité tubulaire fine et de sables. Enracinement fin peu abondant. Limite tranchée de couleur et de structure.
- 15 - 25 cm
A22 Brun soutenu 7,5 YR 5/6, 5 YR en humide. Petites plages rouille plus cohérentes et quelques plages grises. Texture sableuse faiblement argileuse. Faiblement structuré en polyèdres 20-50 cm peu fragiles. Humectation rapide sans effondrement de la structure. Très forte porosité tubulaire et de sables. Enracinement fin adhérent aux agrégats. Limite distincte de couleur, texture et cohésion.
- 25 - 55 cm
Bt Teinte homogène s'accroissant progressivement vers le rouge-jaune 5 YR 5/8 à l'état sec et à l'état humide. Texture sablo-argileuse.

Faiblement structuré en polyèdres 10-50 mm peu fragiles avec fentes de retrait suivies par les racines. Humectation rapide suivie d'effondrement. Forte activité des termites : cavités à remplissage friable prospecté par les racines. Rares poches grisâtres plus sableuses. Porosité tubulaire notable, mais pas fine.

- 55 - 95 cm Horizon de transition moins rouge, plus cohérent, non fissuré.
- 95 - 115 cm
B1fe Bariolé en plages centimétriques beige-jaune et rouge rouille discrètes. Texture sablo-argileuse à quartz et feldspaths salis de matrice. Rares petites concrétions noires. Faiblement structuré en polyèdres fermes 10-30 mm. Les secteurs jaunes sont plus sableux et plus friables que les rouges. Forte porosité tubulaire grossière utilisée par les radicelles. Limite distincte par les concrétions.
- 115 - 140 cm
B2fe Beige-jaune et rouge rouille en plages de plusieurs centimètres. Teinte moyenne 10 YR 7/4, 7,5 YR 5/6 humide. Texture sablo-argileuse avec des concrétions noires inférieures au centimètre, friables à la main, de forme irrégulière avec une cuticule rouille. Feldspaths roses automorphes et quartz peu émoussés. Dur, cohérent, englobant des poches claires plus friables. Forte porosité tubulaire et de cavités suivie par les racines.
- 140 - 155 cm Grossier formé de quartz et de morceaux de granite en toutes dispositions. Matrice de l'horizon ci-dessus avec moins de concrétions.
- 155 - 260 cm
BC Polychrome beige-blanc, noir et rouge rouille en plages consolidées atteignant plusieurs centimètres. Structure continue durcie. Grandes cavités fauniques à racines pendantes. Enracinement faible en dehors. Joints verticaux sablo-graveleux particuliers. Les secteurs noirs paraissent être des concrétions formées autour de minéraux ferro-magnésiens en cours d'altération.

Caractères analytiques

GM 33	pH	R	A	L	FT	FL	T	V	MO	C/N	PT
A1	6,6	2	3	11	0,8	0,5	4	69	0,8	23	0,18
A2	6,1	1	11	13	1,5	0,9	6	50	0,6	17	0,15
Bt	5,8	1	27	13	3,0	2,1	8	63	0,4	11	0,13
Bfe	6,2	27	19	17	3,9	3,1	6	63	-	-	-
BC	6,5	38	17	16	2,1	1,5	7	65	-	-	-

On remarquera le décalage entre les maxima de teneurs en argile et en fer, le pH voisin de 6, la saturation assez élevée de la capacité d'échange en cations échangeables, le refus important en Bfe et BC (gravier quartzueux et feldspathiques, concrétions ferrugineuses).

Ce profil peu argilisé et peu concrétionné s'observe sur les roches acides du socle. L'érosion en nappe y est active, mettant souvent à nu l'horizon B textural. Sur pente le sol est moins développé et moins bien différencié.

Au sud-est de la carte ces sols sont situés au sommet des buttes et ils comportent habituellement un horizon grossier quartzeux à faible profondeur.

6.4 – Sous-groupe induré

On rencontre sur les grès de Garoua des sols ferrugineux tropicaux lessivés présentant un horizon B induré en carapace. Exemple :

BBH 19 : profil observé dans un puits, au bord de la route Garoua-Gachiga, sur un glacis d'érosion peu découpé, commandé par le massif gréseux du Tinguelin. Horizons :

0 - 3 cm A2	Plages de sables grossiers déliés. Pas de turricules de vers.
3 - 11 cm A1	Gris-brun-pâle 10 YR 6/2, 3/3 humide. Texture sableuse. Structure lamellaire sur 2 cm puis massive de cohésion moyenne. Forte porosité vacuolaire, enracinement faible. Poudre blanche sur les sables grossiers ; absorption d'eau rapide, mais effondrement à l'humectation. Limite nette de couleur et consistance.
11 - 25 cm A21	Pâle à l'état sec 10 YR 7/3, foncé en humide 7,5 YR 4/4 avec répartition irrégulière de la teinte. Texture sableuse, peu d'éléments grossiers. Faiblement structuré en polyèdres moyens peu fragiles à faces poudreuses. Cohésion et dureté moindres. Forte porosité tubulaire et vacuolaire. Limite ondulée et distincte pour les éléments grossiers.
25 - 50 cm A22	Gris-rose 7,5 YR 7/2 à 6/4, 4/4 humide. Texture gravelo-sableuse. Structure particulière avec quelques grumeaux moyens se défaisant à l'humectation. Les graviers sont des concrétions jaunes souvent aplaties et des morceaux de quartz résistants et peu usés. Quelques morceaux de grès ou de cuirasse de disposition quelconque atteignent 10 cm. Forte porosité d'interstices. Enracinement fin bien réparti. Cohésion d'ensemble faible surtout entre 40 et 50 cm de profondeur où l'horizon se défait sous la pression du doigt. Limite brutale et ondulée avec poches.
50 - 75 cm B2	Carapace ferrugineuse englobant les poches et tubes de l'horizon sus-jacent représentant 40 % du volume. La carapace est formée de sables et graviers quartzeux cimentés par des oxydes jaune-rouille. Le remplissage est rouge-jaune, sablo-argileux, massif de cohésion faible avec des poches grises de structure particulière. Limite distincte de couleur et de dureté.
75 - 110 cm BC	Grès à architecture conservée, ferruginisé par des cloisons brunes très dures adaptées à la structure.
110 - 270 cm IC	Grès quartzeux à grain fin avec galets quartzeux, lentilles argileuses et cloisons ferrugineuses horizontales.
270 - 310 cm IIC	Argile bariolée blanche et rouge en plages centimétriques, fraîche, friable et onctueuse.
310 - 330 cm IIIC	Couche de galets roulés dans un grès frais et friable.

330 - 345 cm Argile bariolée comme ci-dessus.

IIC

345 - 380 cm Grès fin friable et humide.

IC

Caractères analytiques

BBH 19	pH	R	A	L	FL	FT	T	V	CT	MO	C/N	PT
A1	6,5	4	5	11	0,4	0,5	2	35	8	0,7	15	0
A2	6,0	74	8	13	0,5	0,7	2	27	5	0,3	10	0,1
B2	6,0	43	26	13	2,1	4,2	3	35	-	-	-	0
BC	5,8	30	21	11	2,9	4,0	3	34	8	-	-	0
C	5,2	5	14	12	1,3	1,5	2	26	5	-	-	0

On remarquera l'importance du refus quartzeux dans l'horizon A2, la nette différenciation en argile et en fer avec décalage des maxima pour le fer libre, le pH voisin de 6, les faibles taux de saturation du complexe absorbant, les très faibles capacités d'échanges et teneurs en phosphore total, les faibles réserves en cations totaux.

BBH 395 : profil observé dans une carrière au bord de la route Garoua-Ngaoundéré, au pK 16, sur la pente d'un large interfluve surbaissé. Plages de sables déliés et quelques turricules de vers en surface. Horizons :

- 0 - 8 cm Teinte grise hétérogène 10 YR 6/2 à 5/3, foncée à l'état humide 7,5
A11 YR 3/2. Texture sableuse. Structure continue de cohésion faible. Humectation rapide. Forte porosité tubulaire et de sables. Enracinement fin. Limite tranchée de couleur.
- 8 - 20 cm Teinte hétérogène 10 YR 5/3 et 7,5 YR 5/4 en plages centimétriques
A12 diffuses. Texture sableuse. Structure continue fragile d'humectation rapide. Quelques cavités fauniques. Limite distincte de couleur.
- 20 - 45 cm Teinte finement hétérogène 7,5 YR 7/3 à 6/6, 5 YR 4/8 à l'état
A2 humide. Texture sableuse. Faiblement structuré en polyèdres grossiers peu fragiles d'humectation rapide suivie d'effondrement. Porosité irrégulière mais forte. Limite graduelle de couleur et texture.
- 45 - 130 cm Rouge 5 YR 5/6, 4/8 humide avec quelques plages blanchâtres,
Bt légèrement plus argileux. Faiblement structuré en polyèdres peu fragiles englobant des noyaux cohérents. Effondrement à l'humectation qui est rapide. Très forte porosité tubulaire et de poches sableuses d'origine faunique. Enracinement fin bien réparti. Limite graduelle et irrégulière de structure et couleur.
- 130 - 300 cm Bariolé blanc-jaune-rouille, rouge-rouille-rose et induré. Texture
Bfe sablo-argileuse et graveleuse. Structure continue cimentée mais caverneuse englobant des poches particulières. Humectation lente des secteurs colorés. Gravier dans les poches claires.

L'horizon C n'est pas atteint.

Caractères analytiques

BBH 395	pH	R	A	L	FT	T	V	CT	MO	C/N	PT
A1	6,6	2	6	13	-	4	71	12	0,6	14	0,1
A2	6,0	3	8	13	0,8	2	51	12	0,5	12	0,1
Bt	6,3	4	16	10	1,5	4	51	14	-	-	-
Bfe	6,3	20	24	10	3,2	4	47	14	-	-	-

On remarquera l'augmentation des teneurs en argile et en fer dans l'horizon Bfe, le pH voisin de 6, les faibles capacités d'échange, les réserves moyennes en cations totaux (magnésium essentiellement).

On observe ces deux types de profils sur des glacis ou en ruptures de pente à proximité des sols hydromorphes de bas-fond. Le second se distingue par son horizon rouge. Dans les deux types l'horizon induré est bariolé et caviteux. Sa teneur en fer total ne dépasse qu'exceptionnellement 4 % (cuirasses à 10 %).

La teneur en fer total des sols de ce sous-groupe induré n'est pas plus élevée que celle des sols du sous-groupe modal. Par contre, leur teneur en argile est moindre dans l'horizon B : 25 % au lieu de 35 %. L'individualisation du fer sous forme de carapace s'observe à la base des horizons B texturaux moins argileux des sols de ruptures de pente.

Ces profils ferrugineux tropicaux lessivés et indurés ne forment pas de surfaces cartographiables à 1/200.000 bien qu'ils constituent un élément assez fréquent de la toposéquence, en charnière des parties convexes et concaves, sur les vastes interfluves surbaissés des grès de Garoua. Pas de cuirasse de nappe observée dans les bas-fonds qui recouvrent des dépôts colluviaux fins très épais (puits du CEA). Bien que les profils soient verticalement bien différenciés en fer et que le modèle actuel présente des pentes favorables au cuirassement, les paysages pédologiques observés sur les grès de Garoua ne présentent pas de concentration notable en oxydes de fer. La roche sous-jacente est pourtant relativement riche sous forme de ciment ou de bancs. Le fer mis en mouvement par les processus pédologiques est donc soit exporté hors du paysage, soit enfoui profondément dans le grès sous-jacent. L'enrichissement en fer de certains bancs ou cloisons de celui-ci pourrait être en effet partiellement d'origine pédologique.

6.5 – Faciès des sols intergrades vers les sols fersiallitiques

PP5 (Grès de Garoua) : profil situé au pK 38 de la route Garoua-Ngaoundéré, sur une pente de 3 % d'un vaste interfluve. Evolution hydromorphe dès la mi-pente. Champ de mil. Horizons :

- 0 - 20 cm Gris 10 YR 6,5/3, 3/4 humide. Texture sableuse. Structure massive de cohésion moyenne. Humectation lente sans effondrement. Porosité tubulaire moyenne. Enracinement fin. Limite tranchée de couleur et texture.
Ap

- 20 - 50 cm Rouge 2,5 YR 4/6 sec et humide. Texture sablo-argileuse. Faiblement structuré en prismes, humectation rapide, sans effondrement. Revêtements argileux gris, non continus, sur certains plans. Limite graduelle de structure.
AB

- 50 - 90 cm
B2t Rouge 2,5 YR 4/8. Texture argilo-sableuse. Moyennement structuré en polyèdres moyens avec tendance à sur-structure prismatique. Nombreux revêtements argileux. Humectation rapide suivie d'effondrement. Porosité tubulaire moyenne et poches de faune. Limite distincte par concrétions.
- 90 - 110 cm
B2fe Concrétionné avec quartz anguleux et en dragées, fragments de grès à ciment ferrugineux. Matrice sablo-argileuse rouge 2,5 YR 5/6 et blanche 10 YR 8/1 en plages délimitées de plusieurs millimètres. Structure continue, tassée non poreuse.
- 110 - 150 cm
BC Argilisation compacte épargnant quelques feldspaths avec quelques concrétions ou minéraux ferro-magnésiens. Teinte blanc-jaunâtre et rouge rouille. Texture sablo-argileuse. Structure continue tassée et imperméable. Humectation lente avec effondrement.
- 150 cm
C Apparition de quelques volumes de roche plus blancs et moins argilisés en forme de tours.

Caractères analytiques

PP 5	pH	R	A	L	FT	FL	T	V	CT*	MO	C/N	PT
Ap	6,9	0	5	11	0,6	0,5	3	77	-	1,0	13	0,15
Bt	6,1	3	38	9	2,5	2,1	9	76	8	0,6	9	0,26
Bfe	6,7	36	29	11	7,1	3,4	9	87	8	0,4	7	0,23
C	6,9	6	21	9	1,6	1,4	8	93	8	-	-	0,12

* magnésium non compris.

On remarquera l'appauvrissement en argile de l'horizon cultivé contrastant avec la forte teneur de l'horizon B, le refus élevé en Bfe avec forte teneur en fer total, le taux de saturation élevé de la capacité d'échange, elle-même plus élevée que dans les sols ferrugineux précédents, les réserves également plus élevées en cations totaux, hors magnésium.

Ce profil est nettement lessivé en argile et en fer, celui-ci s'individualisant sous forme de concrétions dans l'horizon sous-jacent à celui d'accumulation d'argile. La migration de l'argile est matérialisée par des revêtements gris argileux très nets. Le billonnage du champ estompe les caractères structuraux de l'horizon lessivé. C'est donc bien un sol ferrugineux tropical lessivé à concrétions. Sa couleur très vive 2,5 YR 4/8, sa structure polyédrique ou prismatique nette, et surtout son taux de saturation élevé (80 à 90 %) sont toutefois des caractères des sols fersiallitiques d'où son classement dans un faciès intergrade. Cette évolution particulière paraît en relation avec un faciès gréseux plus riche en feldspaths calciques et en minéraux ferrugineux. Ce profil manifeste sur les grès de Garoua l'évolution la plus avancée vers les sols fersiallitiques et méritait à ce titre d'être signalé.

BBH 212 (Glacis) : profil situé au piedmont du massif de Goho sur une pente de 2 %. Carapace affaissée visible dans les entailles. Billons de cultures. Termitières très rouges, cailloux de quartz en surface. Horizons :

- 0 - 10 cm Ap Brun 10 YR 5/3. Texture sablo-graveleuse. Structure lamellaire due à la culture puis polyédrique moyenne. dure. Porosité tubulaire notable. Fines radicules.
- 10 - 50 cm Bt Homogène s'accroissant jusqu'à 2,5 YR 4/6. Pénétration humique visible jusqu'à 22 cm (horizon AB). Texture argilo-sableuse avec des cailloux de quartz et feldspaths de plus en plus abondants (35 %). Faiblement structuré en polyèdres subanguleux durs, puis massif dur. Porosité tubulaire grossière. Peu de radicules. Limite graduelle et irrégulière.
- 50 - 110 cm Bfe Moins rouge 2,75 YR 4/6 et consolidé localement en carapace jaune et noire.

Caractères analytiques

BBH 212	pH	R	A	L	FT	T	V	MO	C/N	PT
Ap	6,2	20	8	14	-	5	85	1,3	14	0,13
B	5,5	35	32	16	4,2	10	80	1,1	11	0,13
Bfe	5,7	41	22	17	5,2	7	90	-	-	-

On remarquera ici aussi l'appauvrissement en argile de l'horizon cultivé, le décalage des maxima des teneurs en argile et en fer, le taux de saturation élevé de la capacité d'échange, l'augmentation du refus en profondeur (induration).

Outre sa couleur vive, ce profil se rapproche des sols fersiallitiques par sa capacité d'échange et son taux de saturation élevés et l'absence des caractères morphologiques du lessivage. L'horizon lessivé peut, il est vrai, avoir été perturbé par la culture en billons. Ce type de sol intergrade caractérise de grandes étendues de glaciés "peské-boriens" (HERVIEU 1967).

7. LES SOLS FERSIALLITQUES

DEFINITION ET CRITERES DE CLASSIFICATION

Les sols rouges tropicaux définis par D. MARTIN, G. SIEFFERMAN et M. VALLERIE (1966) sont représentés sur la feuille Garoua. Ils répondent aux exigences de la sous-classe fersiallitique des sols à sesquioxides bien qu'ils n'y soient pas nommément cités.

Les sols fersiallitiques ont un profil très vivement coloré en B (10 R, 2,5 YR ou 5 YR), les oxydes de fer accompagnant l'argile dans sa distribution. Ils sont dépourvus de carbonates, même si le matériau originel en contient et le complexe argileux est formé pour partie d'illite ou montmorillonite. Le taux de saturation y est supérieur à 65 % et souvent voisin de 100 % (CPCS 1967).

La classification C.P.C.S. distingue un groupe à réserve calcique qui conviendrait à ces sols rouges tropicaux riches en minéraux feldspathiques altérables. Leur taux de saturation approche 100 % et leur pH est compris entre 7 et 7,5. L'indice de lessivage y est toutefois souvent supérieur à 1/1,4.

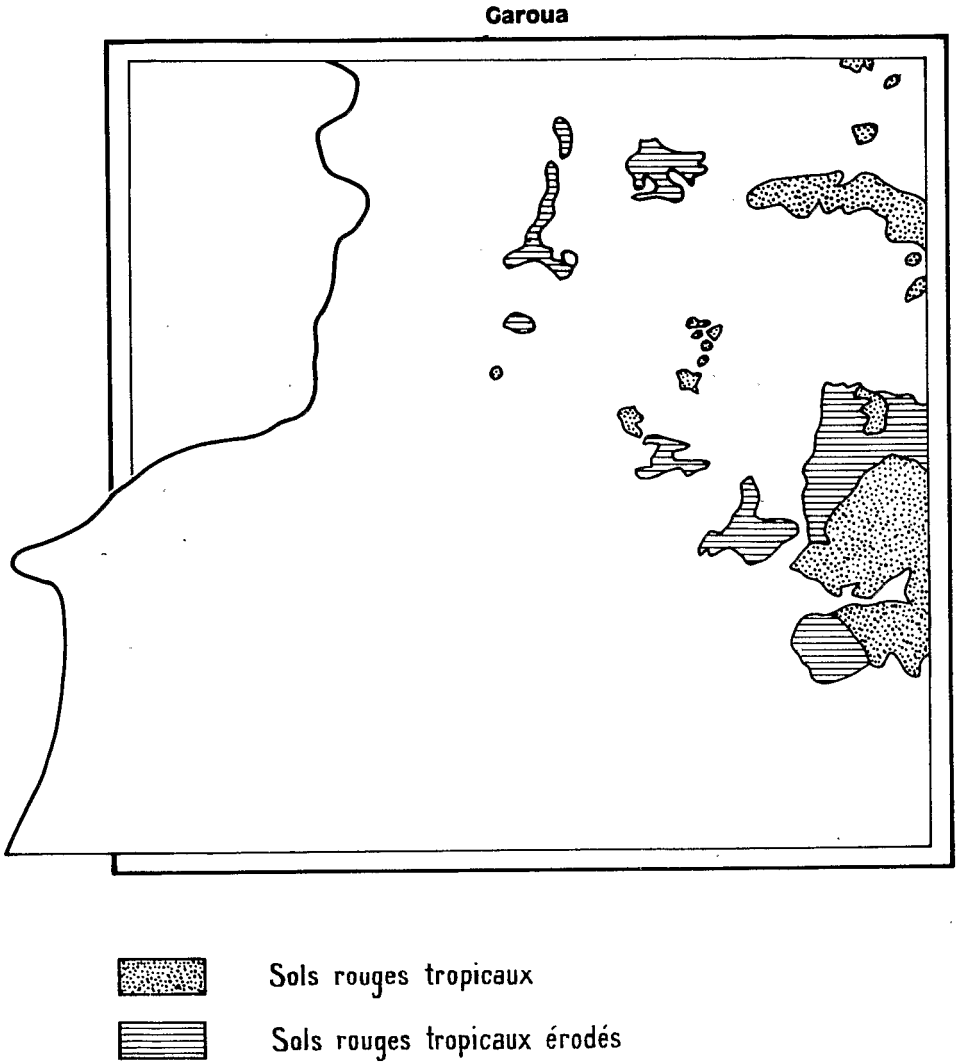


Figure 10 — Sols fersiallitiques rouges tropicaux

Ces sols particulièrement sensibles à l'érosion et recherchés pour la culture ont occupé des surfaces importantes dans la moitié nord de la carte Garoua. Ils ont été tronqués jusqu'à l'horizon BC ou C et les nombreux cailloux qu'ils contiennent ont été rassemblés en murs ou tas caractéristiques par les utilisateurs (région Dembo-Dourbey).

Les sols rouges tropicaux normalement développés n'occupent plus que des secteurs limités en sommet d'interfluve dans tout le quart nord-ouest, finement disséqué, de la feuille Garoua. Ils couvrent de plus grandes superficies dans le centre et surtout dans l'est où ils ont été décrits par M. VALLERIE (1964) et G. SIEFFERMAN (1964). Enfin, ils forment dans le sud-est un vaste ensemble où des vertisols lithomorphes occupent les points bas :

DESCRIPTION ET CARACTERES ANALYTIQUES

GDR 21 (M. VALLERIE) : sur embréchite, terrain plat, culture de mil, savane arbustive.
Horizons :

- | | |
|------------|---|
| 0 - 10 cm | Brun-rouge 5 YR 4/3. Texture sablo-argileuse avec graviers. Structure faiblement polyédrique de cohésion faible. Porosité moyenne. Quartzite en surface et dans le profil. Fragments de roche. Quelques gravillons noirs. |
| 10 - 30 cm | Rouge foncé 2,5 YR 3/6. Texture sablo-argileuse à argilo-sableuse avec graviers. Structure polyédrique de cohésion faible. Porosité moyenne. Fragments de roche et quelques gravillons noirs. |
| 30 cm | Roche altérée. |

A l'analyse : les sols de ce type présentent une teneur en argile ne dépassant pas 25 % et les graviers sont présents dans tous les horizons. Le pH varie de 8 en surface à 7,6 en profondeur. Teneur en matière organique de 1,5 à 2,5 % avec un rapport C/N voisin de 10. Capacité d'échange de 15 mé sur sol total, 50 à 80 mé si on la rapporte à l'argile ce qui semble indiquer la présence de montmorillonite. Taux de saturation de 100 %. 25 mé environ de cations totaux, calcium et magnésium principalement.

GM 62 : profil situé à 3 km au nord de la route Garoua-Maroua, le long de la piste de Bor. Paysage de petits interfluves entre des talwegs peu imprimés dans la roche. Sommet d'interfluve, en pente nulle. Gneiss oëillé avec filonets quartzeux. Savane arbustive dégradée, à *Ziziphus*. Cultures de mil. Nombreux affleurements rocheux. Bon drainage, externe et interne. Quelques termitières en forme de cheminée. Vertisols et sols peu évolués sur les pentes de l'interfluve. Horizons ;

- | | |
|-----------------|--|
| 0 - 5 cm
Ap | Brun-rouge 8,75 YR 4/4, 3/2 humide. Texture sableuse peu argileuse avec graviers de quartz et de petits feldspaths. Structure lamellaire 3 x 5/2 cm due à la culture, puis polyédrique cohérente. Forte porosité de cavités de moins de 1 cm. Enracinement fin. Mélange de terre de l'horizon sous-jacent. |
| 5 - 40 cm
B2 | Rouge 2,5 YR 3/6. Texture argilo-sableuse avec graviers et sables quartzeux. Niveau discontinu de cailloux quartzeux. Fortement structuré en polyèdres 5-20 mm durs. Sur-structure prismatique. Forte porosité d'interstices. Poches termitiques. Limite nette de disparition de la sur-structure. |

- 40 - 60 cm
BC Rouge, pétri de grands feldspaths et de minéraux ferro-magnésiens friables, inférieurs au cm. Fortement structuré en polyèdres fins. Limite graduelle.
- 60 - 150 cm
C Roche gneissique litée verticalement et parcourue de filonets quartzeux friables, jaune-noirâtres. Localement poches d'horizon BC descendant jusqu'à 80 cm ainsi que des cavités termitiques. Ailleurs, joints de terre rouge. Enracinement faible.

Caractères analytiques

GM 62	pH	R	A	L	FT	FL	T	V	CT*	MO	C/N	PT
Ap	7,1	14	11	10	4,5	2,2	10	97	14	1,8	19	0,52
B2	7,1	12	39	11	8,3	4,1	17	100	24	0,4	11	0,25
BC	7,6	11	8	4	6,9	1,9	7	100	35	-	-	-
C	7,5	9	2	3	6,9	1,9	6	100	50	-	-	-

* magnésium non compris.

On remarquera le pH légèrement supérieur à la neutralité, la forte teneur en argile et en fer de l'horizon B à capacité d'échange élevée et saturée en cations, la concordance des maxima de teneurs en argile et en fer, les réserves importantes en cations totaux, la teneur en matière organique plus élevée que celle des sols ferrugineux.

BBH 203 : profil situé près de Bibémi, au sommet plat d'un petit interfluve, dans un paysage finement disséqué, drainé vers la Bénoué. Gneiss fin à filons micaschisteux. Savane arborée assez dense (*Anogeissus leiocarpus*, *Balanites aegyptiaca*, *Tamarindus indica*, *Acacia scorpioïdes*, *Ziziphus*). Termitières rouges, déjections de vers au collet des arbustes. Dallage de cailloux de quartz ferruginisé, ralentissant l'érosion en nappe. Croûte squameuse rougeâtre entre les cailloux. Vertisols sur la moitié inférieure des pentes. Horizons :

- 0 - 8 cm
A1 Brun 7,5 YR 4/4 rougissant rapidement à la base. Texture sablo-limo-argileuse avec graviers quartzeux. Structure lamellaire à cubique grossière avec lissage de quelques faces. Porosité faible, bonne prospection des racines. Limite distincte et régulière de couleur.
- 8 - 23 cm
B2 Rouge 2,5 YR 4/6. Texture argilo-limoneuse, quelques feldspaths et graviers quartzeux. Fortement structuré en polyèdres moyens se défaisant en très fins, peu durs. Porosité d'interstices.
- 23 - 45 cm
BC Juxtaposant des secteurs rouges d'horizon B et des secteurs jaunes d'horizon C où l'architecture de la roche est conservée. Texture sablo-limoneuse, cohésion faible.
- 45 - 100 cm
C Roche friable litée, feldspathique et micacée avec joints argilisés rougeâtres.

Caractères analytiques

BBH 203	pH	R	A	L	FT	FL	T	V	CT	MO	C/N	PT
A1	7,4	7	20	37	7,6	2,4	14	100	130	2,0	13	0,56
B2	7,4	2	32	33	9,4	2,3	16	100	122	1,1	14	0,66
BC	7,4	0	15	32	7,9	2,0	12	100	177	-	-	-
C	7,5	0	2	20	7,1	2,2	7	100	198	-	-	-

On remarquera la concordance des maxima de teneurs en argile et en fer, le pH peu supérieur à la neutralité, les fortes teneurs en fer, la saturation du complexe absorbant à capacité d'échange assez forte, les réserves en cations très importantes, les teneurs notables en phosphore total.

Conclusion : Tous ces sols appelés Rouges Tropicaux sont assez comparables : roche-mère riche en minéraux feldspathiques et ferro-magnésiens, résidu de quartz filonien jouant plus ou moins un rôle protecteur contre l'érosion en nappe ; pédogénèse de vertisols dans les endroits moins bien drainés ; cultures fréquentes ; roche altérée friable épaisse débutant vers 50 cm de profondeur seulement ; teneur maximum en fer et en argile dans un horizon B rouge, fortement structuré en polyèdres moyens ou fins ; capacité d'échange assez élevée (16 mé) saturée à 70-100 %, due à des argiles du type montmorillonite et illite ; réserves importantes en cations totaux, sauf en potassium ; matière organique relativement abondante (2 %) à C/N de 10 à 20 ; pH légèrement supérieur à 7 ; peu de phosphore total (0,2 à 0,5 %).

Le paysage est finement disséqué en petits interfluves caillouteux et l'association est étroite avec les vertisols. La sensibilité à l'érosion naturelle et culturale est extrême, à peine atténuée par le cailloutis superficiel.

Cas particuliers

Sur roches du socle riches en minéraux feldspathiques et ferro-magnésiens on observe des sols rouges tropicaux présentant à quelques centimètres de profondeur une couche de colonnes rouges à sous-structure polyédrique nette. L'horizon superficiel est sableux et graveleux et la surface des colonnes marquée d'un poudrage blanc rappelant celui des solonetz (chapitre II 9). Des facettes lissées rouges et souvent incurvées s'observent sur les faces des polyèdres. Un processus actif de lessivage de l'argile paraît donc marquer la partie supérieure de ces sols. L'horizon d'altération est argilisé, noirâtre et parfois carbonaté (région d'Hama-Koussou).

Sur un long alignement de collines S.W-N.E, longeant la route de Dourbey, au nord d'Hama-Koussou, on observe localement, sous un paysage pentu (30 %) recouvert d'un pavage presque continu de fragments de quartzite vacuolaire, un sol rouge épais sablo- et gravelo-argileux avec un ou deux horizons évidés et de faible cohésion. Ce sol qui s'apparente aux sols fersiallitiques paraît correspondre à des passées latérales dans la formation quartzitique. Leur extension n'étant pas connue ces collines ont été cartographiées en sols minéraux bruts pour tenir compte de la continuité des affleurements ou des pavages de quartzites.

Enfin, sur les glacis - terrasses d'accumulation "peské-borien" (HERVIEU 1967) notamment dans la vallée principale du massif de Peské-Bori - et dans les massifs du nord-ouest, le sol est rouge et épais, parfois grésifié ou hydromorphe en bas de pente.

Ces affleurements d'extension limitée aux hautes vallées des massifs sont considérés par J. HERVIEU (1969) comme des paléosols fersiallitiques et apparentés aux sols rouges tropicaux.

Classification des sols à sesquioxydes

Les sols de la feuille Garoua rattachés à la sous-classe des sols ferrugineux tropicaux répondent aux critères de la classification CPCS de 1967, sauf en ce qui concerne la couleur qui est plus rouge (5 YR ou 2,5 YR).

Les sols à horizon B rouge et épais ont été également rapprochés des sols ferrugineux, bien que le fer y accompagne l'argile comme dans les sols ferrallitiques ou fersiallitiques. La différenciation en argile y est importante, mais sans que les caractères morphologiques du lessivage soient très apparents. L'épaisseur du sol, sa perméabilité en B, ses faibles réserves en cations et sa structure rappellent plutôt les sols ferrallitiques. Le tassement de sa matière (forte densité apparente indiquant une faible porosité), son imperméabilité de surface, le rapprochent au contraire des sols ferrugineux avec lesquels il voisine. Le taux de saturation (40 à 65 %) ne permet pas de trancher.

Quelques profils, rares sur grès (profil PP 5), sont classés intergrades avec les sols fersiallitiques. Le tableau ci-après résume les caractères analytiques de ces quatre catégories de sols, les teneurs maximales en fer et en argile étant soulignées. Un profil situé près du parallèle 8 permet des comparaisons plus méridionales. Les maxima sont confondus en GM 62, séparés en PP 5 et GM 33, puis de nouveau réunis en RH 26 et POH 70. On notera la forte différenciation en argile (et en fer) de tous les profils.

Dans la mesure où cette importante différenciation en argile résulte d'un processus de lessivage, le rattachement des différents sols ferrugineux au groupe lessivé est justifié. Un examen micromorphologique des nombreuses faces argileuses luisantes des horizons B pourrait aider à préciser si elles sont constituées d'argile illuviée (revêtements). Elles sont en effet souvent de même couleur que le fond matriciel.

Les différents sous-groupes (modal, à concrétions, induré, hydromorphe) sont généralement associés dans les toposéquences et il n'a pas été possible de les distinguer à l'échelle de 1/200.000. Le concrétionnement et l'induration sont plus fréquents au sud de la carte et sur la feuille Poli (P. BRABANT et F.X. HUMBEL 1972). Ce changement graduel ne coïncide pas toutefois exactement avec le passage brutal des formations gréseuses aux roches acides du socle. La cause pourrait donc être climatique ou géomorphologique.

SOLS FERRUGINEUX ET SOLS FERSIALLITIQUES

	Horizon	A		B		BC	C
Rouge	% saturation	100		100		100	100
Tropical	% argile	11		<u>39</u>		30	8
(GM 62)	% fer	4		<u>8</u>		7	6

	Horizon	A	AB	Bt	Bfe	BC	C
Intergrade	% saturation	75	70	80	90	90	—
(PP 5)	% argile	5	20	<u>38</u>	29	21	—
	% fer	0,6	2	3	<u>7</u>	2	—

	Horizon	A1	A2	Bt	Bfe	BC	C
Ferrugineux	% saturation	70	50	60	70	60	—
à Concrétions	% argile	4	10	<u>30</u>	20	17	—
(GM 33)	% fer	1	1,5	3	<u>4</u>	2	—

	Horizon	A1	AB	B2	B3	BC	C
Ferrugineux	% saturation	50	50	66	40	—	50
à B rouge	% argile	7	13	<u>35</u>	29	28	14
(RH 26)	% fer	0,4	1	<u>3</u>	2	2	0,5

	Horizon	A1	A2	Bt	Bfe	BC	C
Ferrugineux	% saturation	67	50	52	77	—	82
au sud de	% argile	11	8	26	<u>44</u>	—	18
POLI	% fer	4	5	5	<u>10</u>	—	6
(POH 70)							

8. LES SOLS HYDROMORPHES

DEFINITION ET CRITERES DE CLASSIFICATION

La classe des sols hydromorphes (CPCS 1967) réunit des sols dont l'évolution est dominée par l'effet d'un excès d'eau en raison d'un engorgement temporaire ou permanent de la totalité du profil. Cet excès d'eau peut être dû soit à la présence ou à la remontée de la nappe phréatique, soit à une stagnation des eaux superficielles pluviales ou d'inondation. L'hydromorphie s'y traduit par la présence d'un horizon de gley ou pseudo-gley (sols hydromorphes minéraux) et éventuellement aussi par une accumulation de matière organique (sols hydromorphes organiques).

Cette accumulation a rarement été observée sur la feuille Garoua, sauf en certains points des galeries forestières (cf. séquence du pK 24, chapitre III). Les sols hydromorphes décrits ici participent tous à la sous-classe des sols hydromorphes minéraux. L'hydromorphie s'y exprime par des caractères de couleur (taches de composés réduits ou réoxydés après réduction) ou par la redistribution d'éléments solubilisables en milieu réduit (oxydes de fer, de manganèse, carbonate). Nombreux sont ceux qui présentent à la fois une nappe permanente à la base du profil et une nappe perchée superficielle en saison des pluies. C'est le groupe des sols à amphigley présentant des taches d'hydromorphie à la partie supérieure et un horizon de gley en profondeur. C'est en effet dans les points bas du paysage que se rassemblent les eaux de ruissellement et que la nappe phréatique s'approche de la surface.

Enfin, il existe des sols à pseudo-gley à drainage externe correctement assuré dont l'hydromorphie paraît résulter d'une argilisation compacte de la roche en place.

Sauf à l'aval de la Bénoué et dans la région Adoumri-Ndiam Badi où ils occupent de vastes superficies de modelé peu accidenté, les sols hydromorphes sont axés sur le réseau hydrographique. On les observe dans les vallées de la Bénoué et du Faro, ainsi que dans celles de leurs principaux affluents, mayos Tiel, Goulongo et Kébi. Ils sont aussi en abondance dans les parties hautes du bassin des grès dans les paysages à modelé mou des zones de partage des eaux. Toutefois, dans leur cours moyen ces vallées ne portent plus exclusivement des sols hydromorphes : ceux-ci sont associés à, ou remplacés par, des sols peu évolués dont l'extension semble suivre un front d'érosion régressive.

DESCRIPTION ET CARACTERES ANALYTIQUES

8.1 — Sols hydromorphes minéraux à gley peu profond

Ce type de profil s'observe dans les vallées des mayos principaux sur les dépôts alluviaux inondés en saison des pluies. Exemple :

BBH 21 : profil situé sur une terrasse large de 200 m, dominant de 2 m le lit mineur du mayo Tiel, près de Bachéo. Chenaux espacés larges de 5 m et profonds de 1 m. Touradons ou buttes de collet, fentes de retrait, quelques turricules de vers. Touffes de graminées sur les touradons. Pas d'arbres. Horizons :

0 - 2 cm A1	Gris-clair 10 YR 6,5/1, 5/2 humide avec traînées rouille. Texture limono-argileuse. Croûte squameuse en surface, puis structure en lamelles dures et poreuses, stables à l'humectation qui est rapide. Limite tranchée de structure.
----------------	--

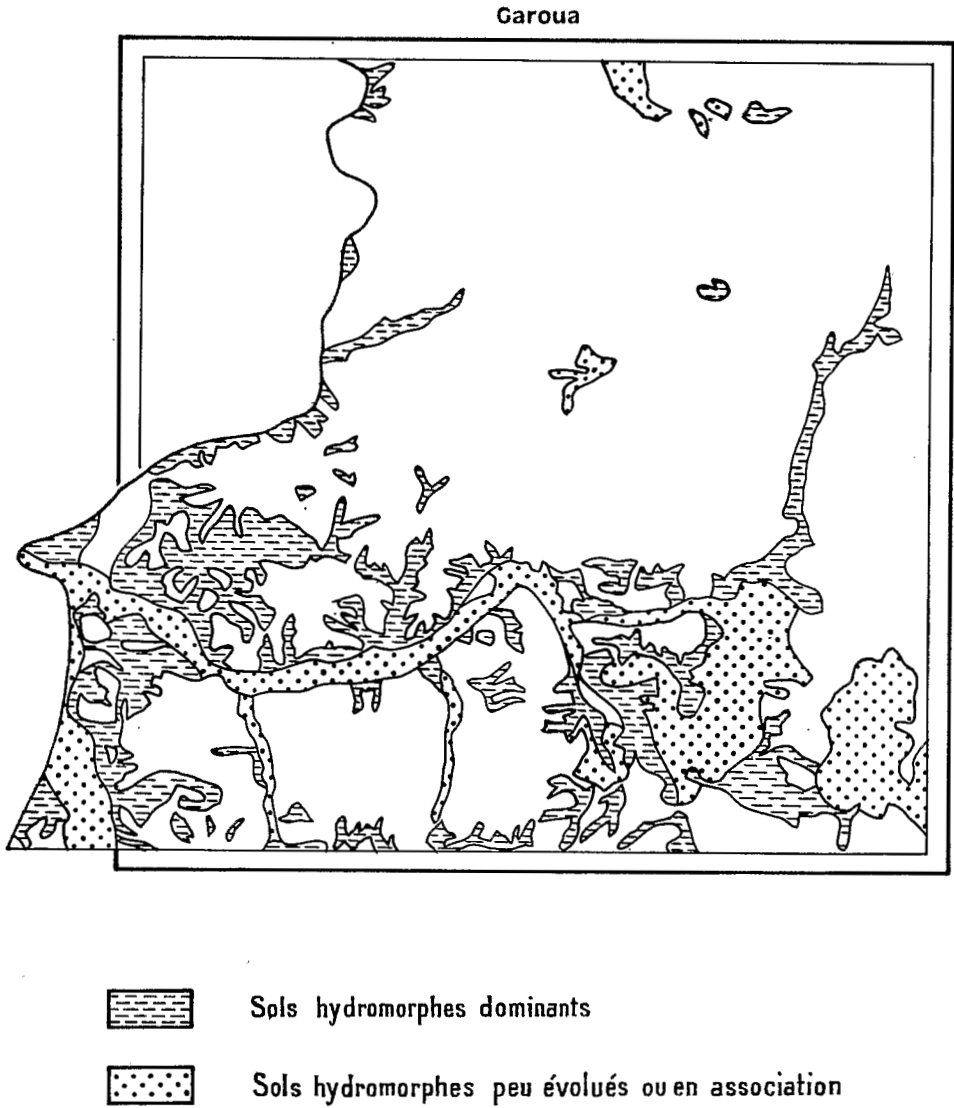


Figure 11 — Sols hydromorphes

- 2 - 15 cm
AB Gris-clair avec enclaves de matière organique, nombreuses taches et gaines rouille autour des tubes et radicelles. Texture limono-sableuse. Faiblement structuré en polyèdres grossiers et fermes d'humectation rapide et non suivie d'effondrement. Très forte porosité de tubes grossiers. Limite tranchée matérialisée par une couche friable épaisse de 2 cm.
- 15 - 40 cm
A1 Horizon humifère enterré. Gris foncé 10 YR 4/1 blanchissant par dessiccation. Gainés rouille d'hydromorphie. Texture limono-argileuse. Faiblement structuré en polyèdres grossiers et fragiles assez stables à l'humectation. Faible porosité tubulaire. Limite tranchée de couleur, distincte de texture.
- 40 - 80 cm
BG Gley gris 10 YR 6/1 avec des taches rouille inférieures à 2 mm et des taches noires entourées de rouille. Texture limono-argileuse. Structure continue de cohésion faible. Frais, plastique. Porosité tubulaire très forte. Radicelles.

Caractères analytiques

BBH 21	pH	R	A	L	FT	T	V	Na	Na/T	CT	MO	C/N	PT
A1	6,1	0	31	57	-	23	80	1,1	5	61	4,0	15	0,8
AB	7,4	0	20	46	-	17	90	1,3	7	-	2,0	17	0,6
A1	8,5	0	34	49	4,0	22	100	2,0	10	-	1,0	16	-
BG	8,4	0	25	51	5,5	16	100	1,2	7	51	-	-	-

On remarquera l'augmentation du pH dans le gley, les fortes teneurs en limons, l'homogénéité texturale, les teneurs élevées en matière organique, la saturation du complexe absorbant à capacité d'échange élevée, les réserves notables en cations, la présence de sodium échangeable.

G. SIEFFERMANN (1964) décrit des sols analogues dans la plaine du mayo Kébi. Horizons :

- 0 - 20 cm
A1 Gris-brun clair 10 YR 6/2. 2,2 % de matière organique. Texture argilo-limoneuse. Structure prismatique de cohésion forte, porosité ordinaire.
- 20 - 100 cm
BG Brun-gris foncé 2,5 Y 5/2, sablo-argileux de structure fondue, de cohésion moyenne. Petits filaments carbonatés.

A l'analyse pH de 6 en A1 et de 8 en BG ; capacité d'échange de 30 mé en A1 et de 20 mé en BG saturée en cations dont 1 mé de sodium ; très peu de potassium échangeable ; pas de sables grossiers.

8.2 — Sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley de surface

Ces sols s'observent dans les zones à modelé plat, mal drainées, mais sans nappe phréatique proche de la surface.

BBH 55 : profil situé à 2 km au nord de Mayo-Oulo, dans une plaine faiblement ondulée entre des massifs de type inselberg. Savane arbustive très claire à *Piliostigma*, *Combretum*, *Balanites*, *Sterculia* et des touffes graminéennes encore vertes en janvier. Brûlis sans cultures. Touradons peu accentués et quelques effondrements. Croûte squameuse noirâtre en surface. Nombreux turricules de vers et quelques termitières jaunes (1 m). Pente très faible, 0,5 %. Sols sodiques dans les nombreuses plages vives. Horizons :

- 0 - 6 cm
A11 Sec, gris 10 YR 5/2 avec filets rouille le long des radicelles. Texture sableuse peu argileuse. Structure lamellaire grossière ou polyédrique dure peu poreuse. Peu de radicelles. Limite distincte et régulière.
- 6 - 20 cm
A12 Brun-pâle 10 YR 6/3 avec plages grises de pénétration humique. Taches rouille 7,5 YR 5/6 plus diffuses et moins linéaires que ci-dessus. Texture sablo-argileuse. Faiblement structuré en polyèdres subanguleux irréguliers et peu fragiles. Porosité tubulaire mais peu de radicelles. Limite tranchée.
- 20 - 40 cm
B1g Brun-pâle avec taches plus diffuses et plus nombreuses 10 YR 6/6. Texture argilo-sableuse. Faiblement structuré en prismes grossiers peu durs à débit anguleux. Forte porosité tubulaire avec tubes fauniques. Encore moins de radicelles. Limite tranchée, mais la matière de cet horizon remplit des fentes de l'horizon sous-jacent.
- 40 - 65 cm
B2g Gris clair 2,5 Y 7/2 à taches rouille 7,5 YR 5/6, petites et très nombreuses. Blanchiment, au séchage, des faces d'unités structurales avec croûte vésiculaire. Faiblement carbonaté. Texture argilo-sableuse. Fortement structuré en prismes grossiers presque jointifs et très durs (légère humidité). Limite progressive.
- 65 - 100 cm
B2ca Gris-brun clair 10 YR 6/2 et nombreuses taches brun-olive 2,5 Y 5/4 et forte carbonatation. Même texture. Moyennement structuré en prismes grossiers durs à sous-structure en plaquettes lissées de faible porosité. Limite graduelle.
- 100 - 140 cm
BC Gris-foncé à taches brun-olive. Texture argilo-sableuse à nodules carbonatés atteignant le centimètre. Structure massive ou faiblement développée polyédrique subangulaire. Dur à très dur, non humide, sans radicelles.

Caractères analytiques

BBH 55	pH	R	A	L	FL	FT	T	V	CT	MO	C/N	PT
A1	5,5	0	16	24	1,0	1,7	4	75	11	1,0	12	0,11
B1g	6,1	1	35	20	2,0	3,1	10	70	26	1,0	10	0,14
B2g	6,8	5	34	27	2,3	3,2	13	80	29	0,8	8	0,07
BC	8,4	2	33	25	1,8	3,1	14	90	-	-	-	-

On remarquera la faible différenciation texturale et en fer (sauf en A1), les faibles teneurs en matière organique, l'augmentation du pH en BC, la saturation du complexe absorbant en B.

8.3 — Sols hydromorphes minéraux à pseudo-gley, à nappe perchée Faciès lessivé, à forte action biologique

Ces sols hydromorphes, à drainage externe libre, ont été étudiés par D. MARTIN (1969) qui les qualifie de lithomorphes parce que leur engorgement temporaire paraît résulter d'une "forme d'altération particulière des roches métamorphiques et granitiques où les minéraux 2/1 de type montmorillonite jouent un rôle important". Ils présentent à leur partie supérieure un horizon sableux travaillé actuellement par les vers ou pouvant résulter de leur activité passée et, à la base du solum, un horizon argileux compact peu perméable où se réalise une néosynthèse de montmorillonite dans un milieu riche en cations, mais pauvre en fer. Un horizon caillouteux s'observe fréquemment au contact des horizons A et B. Ces sols couvrent de grandes surfaces sur la feuille POLI et s'observent ici au sud-est de la feuille Garoua en association avec des sols sodiques (ou ferrugineux).

BIB 5 (D. MARTIN 1969) : profil situé à 5 km à l'est d'Adoumri dans un paysage de collines faiblement ondulées, sur une pente de 3 % sur granite pauvre en minéraux ferro-magnésiens, sous savane à *Anogeissus leiocarpus* et tapis d'Andropogonées.
Horizons :

0 - 8 cm A1	Gris foncé 10 YR 4/1, 3/1 humide. Texture sableuse peu argileuse. Moyennement structuré en polyèdres fins, fragiles et peu poreux. Fines racines. Limite tranchée et régulière.
8 - 20 cm A2	Brun-gris foncé 10 YR 4/1,5, 3/1 humide. Texture sableuse. Très faiblement structuré, fragile et poreux. Limite tranchée et ondulée.
20 - 40 cm	Lit de cailloux quartzeux de différentes tailles dans une matrice brun pâle 10 YR 6/3. Faible porosité. Limite distincte et ondulée.
40 - 75 cm Bg	Bigarré à dominante brun soutenu 7,5 YR 5/6 avec des taches plus rouges 5 YR 4/6 ou plus grises 10 YR 5/2,5 (augmentant en profondeur). Texture argileuse. Bien structuré en polyèdres moyens durs et peu poreux à sur-structure prismatique vague. Limite distincte et régulière.
75 - 90 cm B3	Bigarré à dominante brun-jaune 10 YR 5/4 et taches plus rouges 7,5 YR 5/6 et plus grises 10 YR 5/2. Texture argilo-sableuse. Moyennement structuré en polyèdres moyens durs et peu poreux. Limite graduelle et ondulée.
90 cm C	Altération de couleur variable gris N/5, brun-jaune 10 YR 5/6 et blanc 10 YR 8/1 provenant d'un granite pauvre en minéraux ferro-magnésiens.

Caractères analytiques

BIB 5	pH	R	A	L	FT	FL	T	V	Na	CT*	MO	C/N
A1	7,0	1	10	55	1,6	0,8	7	81	0,1	39	1,6	13
A2	6,7	19	7	35	2,0	0,9	6	78	0,1	41	1,1	14
Bg	5,3	6	47	22	5,2	2,9	14	66	0,2	70	0,5	8
B3	6,0	5	36	25	3,8	1,5	15	66	0,3	60	0,4	6
C	7,2	4	6	51	0,8	0,4	3	72	0,1	38	-	-

* potassium non connu.

On remarquera la brusque différenciation en argile et en fer entre les horizons A et B, la valeur minimum du pH au sommet des horizons B, les réserves élevées en cations (magnésium dominant).

8.4 — Sols hydromorphes minéraux à amphigley

Ce type de profil apparaît dans les plaines d'inondation temporaire à nappe phréatique moyennement profonde et dans les bas-fonds évasés des régions gréseuses.

Plaines d'inondation temporaire

BBH 88 : profil situé dans la plaine inondée, à 2 km du lit mineur de la Bénoué sur sa rive droite, au confluent du Faro. Alluvions finement sablo-limoneuses, quartzo-feldspathiques et micacées. Prairie graminéenne, sans arbres, faiblement ondulée et mal drainée. Turricules de vers en surface du sol qui est plan ou couvert de touradons. Horizons :

- 0 - 15 cm A1 Noir 10 YR 3/1, 2/1 humide avec quelques taches et gaines rouille diffuses. Texture sablo-limono-argileuse. Structure prismatique 5 x 5/15 cm à sous-structure lamellaire (2 cm), puis polyédrique (20-50 mm) peu fragile. Bonne tenue à l'humectation qui est lente. Forte porosité d'interstices utilisée par les nombreuses racicelles. Limite tranchée de structure et couleur.
- 15 - 25 cm AB Bariolé 10 YR 6/3 à 5/4 avec des plages noires et des petites taches rouille 5/6. Texture limono-argilo-sableuse. Moyennement structuré en polyèdres ou cubes peu fragiles. Porosité tubulaire fine. Limite distincte de concrétions.
- 25 - 35 cm Bg Brun-gris 10 YR 5/3 avec plages rouille 5/6. Même texture avec en plus des petites concrétions (2 mm) rondes et noires irrégulièrement réparties. Faiblement structuré en polyèdres (5-30 mm) peu fragiles. Forte porosité tubulaire.
- 35 - 95 cm Bg Humide en saison sèche. Brun-jaune 10 YR 6/4 avec des taches rouille 5/6 et 10 % environ de taches brun-noires à cuticule rouille, parfois indurées. Texture sableuse fine. Structure particulière moyennement cohérente, d'humectation rapide suivie d'effondrement. Forte porosité tubulaire fine, nombreuses racicelles.
- 95 - 115 cm BC Sable beige taché de roux, particulière et meuble, frais. Limite brutale.
- 115 - 140 cm Bg Même horizon que 35 - 95 cm, mais sans concrétions et moins taché.
- 140 - 200 cm BG Humide. Gley N 6/ taché de rouille 10 YR 6/6 (30 % maximum). Texture sableuse finement micacée, structure continue, plastique. Porosité faible.

Caractères analytiques

BBH 88	pH	R	A	L	T	V	Na	Na/T	CT	MO	C/N	PT
A1	6,7	0	25	38	22	100	0,1	0	-	3,6	20	0,45
AB	7,3	0	31	30	22	100	0,3	1	61	2,0	17	0,36
BG	8,5	9	9	28	5	83	0,8	13	31	-	-	0,30

On remarquera l'augmentation du pH dans le gley légèrement sodique, la granulométrie équilibrée, la teneur notable en matière organique, la capacité d'échange élevée et saturée en cations (très peu de potassium), les réserves correctes en cations totaux (dominance du magnésium).

Conclusion : L'engorgement paraît avoir deux origines : la nappe profonde déterminant le gley de profondeur, une nappe perchée superficielle d'inondation par la Bénoué et les eaux pluviales.

Bas-fonds évasés des régions gréseuses

BBH 354 : profil situé près de Sanguéré Ngal. Talweg évasé concave, large de 200 m, limitant un court glacis commandé par un massif gréseux. Matériau colluvial sablo-argileux amené par le glacis (sols ferrugineux lessivés). Pas d'éléments grossiers dans tout le profil. Pente 3 %. Touffes graminéennes et quelques arbres. Erosion par la nappe de submersion temporaire. Horizons :

- 0 - 20 cm
A1 Gris 10 YR 6/1, 4/1 humide, de texture sableuse, de structure continue à cohésion moyenne à faible. d'humectation rapide avec effondrement. Forte porosité tubulaire et intergranulaire. Notable activité de la faune. Enracinement fin bien réparti. Limite graduelle de couleur.
- 20 - 40 cm
A2 Blanchi 10 YR 7/1,5 non taché. Même texture avec poches sableuses plus claires de 1 cm. Structure continue un peu plus cohérente, instable à l'humectation. Très forte porosité de cavités, tubes et interstices. Enracinement moyen. Limite distincte par taches.
- 40 - 120 cm
Bg Blanc et rouille 7,5 YR 6/8 en plages d'égale cohésion. Texture sableuse un peu argileuse. Faiblement structuré en polyèdres moyens plus stables à l'humectation (légère cimentation). Forte porosité des parties blanches. Faible enracinement et activité de la faune. Fentes de retrait s'affirmant dans l'horizon sous-jacent.
- 120 - 200 cm
BG Gris, plastique et pâteux, durcissant à l'air. Texture argilo-sableuse avec concrétions noires friables à la main. Structure cubique ferme avec placage d'argile et enduits noirs sur les faces. Très faible porosité, quelques tubules tapissées d'argile. Fentes de plus de 1 cm, colmatées, suivies par les radicelles.

Caractères analytiques

BBH 354	pH	R	A	L	FT	T	V	CT	MO	C/N	PT
A1	6,0	0	5	19	-	2	70	13	0,5	15	0,1
A2	6,0	0	6	17	-	2	63	11	0,3	10	0,1
Bg	6,1	1	10	10	0,8	3	45	12	-	-	-
BG	6,0	5	40	13	2,0	10	84	21	-	-	-

On remarquera la forte augmentation dans l'horizon BG du taux d'argile et de la capacité d'échange, sans variation du pH (pas de sodium ni de carbonates). Dominance du magnésium dans les cations totaux.

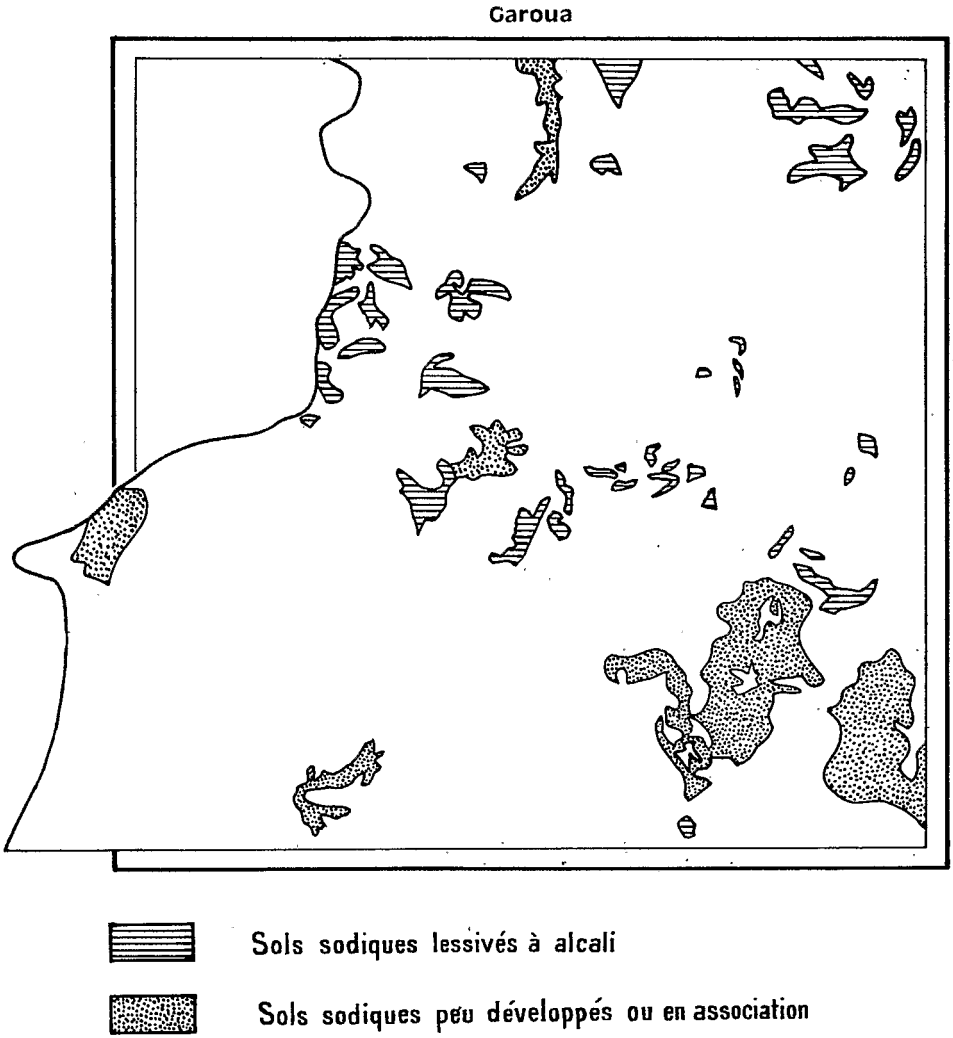


Figure 12 – Sols sodiques

9. LES SOLS SODIQUES

DEFINITION ET CRITERES DE CLASSIFICATION

Les sols sodiques (CPCS 1967) sont des sols dont l'évolution est dominée :

- soit par la présence de sels solubles dont la teneur élevée peut les rendre apparents à l'examen visuel et provoquer une modification importante de la végétation. La conductivité de leur extrait de pâte saturée est supérieure à 7 mmhos/cm à 25°C.
- soit par la présence de sodium échangeable (et/ou de magnésium) avec apparition d'une structure massive, diffuse et d'une capacité élevée. Le sodium occupe plus de 10 % de la capacité d'échange.
- Cet état du sodium permet de définir deux sous-classes : les sols sodiques (appelés naguère halomorphes) rencontrés sur la carte Garoua appartiennent tous à la deuxième sous-classe, celle où le sodium étant principalement sous forme échangeable les propriétés des minéraux argileux sont modifiées : la structure est alors dégradée. Cette sous-classe des sols sodiques à structure dégradée comprend trois groupes définis par des caractères morphologiques du profil. Les sous-groupes qui sont eux-mêmes basés sur des détails de la morphologie du profil, en particulier de l'horizon supérieur, diffèrent d'un groupe à l'autre.

Le groupe des sols salins à alcalis qui sont des sols plus ou moins riches en sels solubles, dont la teneur en argile des divers horizons est constante dans le profil et où le sodium échangeable occupe plus de 10 % de la capacité d'échange. Il est divisé en deux sous-groupes : dans le premier l'horizon superficiel présente une structure poudreuse pendant la saison sèche, dans le second elle est diffuse ou massive.

Le groupe des sols sodiques à horizon B contient des sols à colloïdes dispersés, l'horizon B est très compact et il y a peu ou pas de sels solubles dans le profil. Deux sous-groupes : dans le premier les sols présentent une structure en colonnettes de l'horizon B, dans le second, elle est prismatique ou massive.

Le groupe des sols sodiques à horizon blanchi qui présente une acidification accentuée en surface, un horizon B très compact à pH neutre à alcalin. Deux sous-groupes, celui des solonetz solodisés et celui des solods.

- La conductivité des sols étudiés sur la carte de Garoua va de 0 à 0,5 mmhos/cm à 25°C. On n'y observe pas de sels solubles apparents. Par ailleurs, les plus élevées de ces conductivités se mesurent dans les profils présentant une teneur notable en sodium échangeable ou en carbonates. C'est le cas de beaucoup de vertisols où, en profondeur au moins, le sodium occupe plus de 10 % de la capacité d'échange (rapport Na/T de 10 à 17 %, exceptionnellement 50 %). Bien qu'en quantité importante, le sodium de ces sols riches en calcium échangeable n'a pas d'effet apparent sur la structure. Ils se classent donc bien parmi les vertisols, sous-groupe "à caractère de salure".
- D'autres sols présentent au contraire des caractères morphologiques attribués au sodium échangeable : structure massive et capacité de l'horizon B qui vers le haut se différencie en colonnettes ou en prismes. Les profils de ce type seront étudiés dans ce chapitre même si leurs teneurs en sodium échangeable ne sont pas suffisantes.

Il existe différentes sortes de sols à horizon blanchi sur la feuille Garoua. P. BRABANT (1967), qui en a fait une étude détaillée, constate que leurs caractères analytiques ne permettent pas, dans la plupart des cas, d'attribuer la différenciation de leur horizon blanchi au processus de solodisation tel qu'il est défini habituellement ; cela même lorsque leurs caractères morphologiques sont typiquement ceux de solonetz solodisés. C'est plutôt le lessivage de l'argile qui paraît être un facteur essentiel de la différenciation texturale et morphologique de ces profils.

L'expression morphologique qui peut être le plus fréquemment mise en relation avec un excès de sodium échangeable sur le complexe absorbant est la présence à moyenne profondeur d'un horizon gris, compact et imperméable, dont la structure est massive, et qui durcit très fortement au séchage. L'humectation de sa matière est lente et suivie de dispersion. La teneur en sodium échangeable de cet horizon massif est plus forte que celle des horizons supérieurs et que celle des autres types de sols de la région. Rapportée à la capacité d'échange, elle atteint généralement le taux requis d'appartenance à la classe des sols sodiques.

L'horizon massif est habituellement surmonté d'une rangée de colonnes ou prismes gris à la partie supérieure de laquelle se manifestent ces caractères morphologiques attribués naguère à la solodisation : surface de discontinuité ondulée marquée de part et d'autre par un blanchiment à la dessiccation ; texture plus sablo-limoneuse ; structure particulière ou de pulvérisation facile à l'état sec ; porosité intergranulaire ouverte associée fréquemment à une porosité fermée vésiculaire développée aux dépens de l'horizon sous-jacent.

Horizon colonnaire et horizon blanchi présentent généralement un pH légèrement acide et très peu de sodium échangeable. On constate même souvent dans une région donnée, la teneur en sodium échangeable est d'autant moins élevée dans l'ensemble du profil que les caractères morphologiques imitant la solodisation sont plus développés. Il semble que le développement d'un horizon blanchi de ce type affecte préférentiellement les sols sodiques, mais que le mécanisme de son élaboration ne doive rien à la présence de sodium échangeable et qu'il amène une désodification et une décarbonatation progressives du profil.

Exemples :

Deux sols peu évolués, sans horizon blanchi et faiblement prismatiques ont les caractéristiques suivantes :

Horizon	% argile	pH	Na en mé	T en mé	.Na/T %
supérieur	7	6,2	0,1	6,1	2
à prismes	16	6,8	4,2	7,9	53
inférieur	26	8,1	7,4	13,4	55
supérieur	4	6,4	0,1	3,8	3
à prismes	10	7,4	1,9	6,1	31
inférieur	15	9,4	3,1	8,7	36

Par contre, deux solonetz solodisés, typiques par leur morphologie (horizon blanchi, colonnes régulières), se caractérisent par :

Horizon	% argile	pH	Na en mé	T en mé	Na/T %
blanchi	7	6,0	0,06	5,1	1
à colonnes	20	6,3	0,6	10,2	6
inférieur	40	8,9	2,0	22,3	9

blanchi	4	7,4	0,2	4,9	4
à colonnes	11	7,2	0,3	8,4	4
inférieur	27	8,2	1,6	13,8	11

Néanmoins, on observe également des solonetz solodisés bien typés qui contiennent des quantités importantes de sodium échangeable dans l'horizon BC et B (profils GM 59 et BBH 66 ci-dessous), et même parfois dans l'horizon A2 (2 cas sur 15). Les relations entre les caractères morphologiques des sols sodiques et leur teneur en sodium échangeable sont donc complexes.

Par ailleurs, le rajeunissement des affleurements par érosion en nappe donne des sols à colonnettes sub-affleurantes. Le pH et la teneur en sodium échangeable de l'horizon massif sous-jacent sont alors généralement élevés, comme dans les quatre exemples ci-dessous :

	pH	Na en mé	Na/T %
1	9,5	12,2	65
2	8,2	3,7	19
3	9,1	12,1	61
4	-	5,4	25

Ce processus d'érosion freine donc la différenciation texturale et sodique des profils, apparentant les sols rajeunis aux sols peu différenciés ou peu évolués. Ces derniers se distinguent par un rajeunissement plus poussé qui fait apparaître l'architecture de la roche dans un horizon faiblement structuré (voir ci-dessous le profil BBH 201).

En conclusion, il semble que la diversité des caractères morphologiques et chimiques observés sur un même affleurement et d'un affleurement à l'autre pourrait s'expliquer en partie par l'action divergente et alternée des processus de lessivage-lixiviation et de rajeunissement par l'érosion.

Les trois types de profils : peu différencié - à horizon blanchi - et rajeuni par l'érosion, coexistent généralement de sorte qu'il n'a été distingué qu'un seul groupe de sol sodique bien que les profils étudiés puissent être individuellement rattachés soit au groupe à horizon B solonetzique, soit au groupe à horizon blanchi et à leurs différents sous-groupes.

L'origine du sodium présent dans ces sols peut rarement être attribuée à une nappe phréatique d'ensemble, chargée d'ions Na. Le plus souvent, elle est à rechercher dans les minéraux feldspathiques du matériau sous-jacent (sols sodiques lithomorphes). C'est pourquoi la nature lithologique de la roche-mère servira de cadre à leur exposé.

Des sols sodiques ont été observés sur la feuille Garoua principalement sur les roches feldspathiques du socle, mais également sur alluvions, glacis et même grès :

DESCRIPTION ET CARACTERES ANALYTIQUES

9.1 — Sur roches feldspathiques du socle

Les sols sodiques occupent de vastes superficies, à l'ouest, dans la région Sorau-Dembo-Kataka (profil GM 59). Ils sont fréquents aussi dans la région Dourbey-Guider (profil BBH 66) au nord, ainsi qu'au centre dans le secteur Pitoa-Boula Ibi. Au sud-est, ils sont encore fréquents, mais en association avec des sols hydromorphes (profil BBH 201).

Leurs caractères morphologiques sont ceux de solonetz à structure colonnaire en B. Au-dessus des colonnes apparaît une surface de discontinuité marquée, de part de d'autre, par un blanchiment à la dessiccation, une texture plus sableuse ou graveleuse et une porosité vésiculaire. Cet horizon blanchi festonné est rarement épais (pour l'étude détaillée des horizons blanchis, voir P. BRABANT 1967).

Leur teneur en sodium échangeable est élevée (3 à 12 mé), le sodium représente généralement plus de 20 % de la capacité d'échange en B et peut atteindre parfois 50 à 65 %. Il est important de noter que la teneur maximum s'observe dans l'horizon massif sous-jacent à l'horizon colonnaire ou même l'horizon BC ou C. D'une manière générale, la teneur en sodium est d'autant plus élevée que les caractères morphologiques sont moins accentués vers le type solonetz-solodisé. De plus, l'acidification n'est pas très accusée en A (pH de 6 à 7). Le pH atteint 9,5 dans l'horizon sodique et carbonaté de profondeur.

Les caractères de végétation et de surface du sol propres aux sols sodiques ne sont pas toujours marqués, notamment à l'ouest de la feuille, ce qui les distingue de ceux de la région de Maroua (HUMBEL 1964). Leur identification sur photographies aériennes est donc plus délicate et ils sont vraisemblablement plus nombreux qu'il n'apparaît sur la carte.

Voici quelques profils types choisis dans des régions différentes :

GM 59 : profil situé sur un glacis de piedmont d'une colline granitique, le long de la route Dembo-Sorau au pK 29. Roche-mère granitique. Savane arborée à touffes graminéennes espacées (*Combretum*, *Terminalia*, *Boswellia*, rares *Balanites* et *Gardenia*). Sol plan avec vernis noir, empreintes de bovins et buttes de collet. Forte activité des termites et des vers. Pente 4 %. Horizons :

0 - 6 cm A11	Brun 10 YR 5/3, 3/4 humide. Texture sableuse avec graviers. Faiblement structuré en lamelles irrégulières peu fragiles, d'humectation lente. Forte porosité de sables et cavités. Limite tranchée de couleur.
6 - 20 cm A12g	Brun-pâle 10 YR 6/3, 3/3 humide, avec taches d'hydromorphie rouille et grises. Texture sableuse avec graviers. Structure massive ferme avec grandes cavités de faune, forte porosité tubulaire fine et de très petites cavités. Quelques racines horizontales. Limite distincte de couleur et cohésion.

- 20 - 35 cm
A2g Brun très pâle (10 YR 7,5/3, 5/4 humide) et rouille en plages centimétriques. Texture sablo-graveleuse. Structure continue de cohésion moyenne, d'humectation rapide avec effondrement. Très forte porosité intergranulaire. Petites racines verticales. Limite brutale de couleur et texture.
- 35 - 38 cm
A2 Blanchissant au séchage, gravelo-sableux (feldspaths, quartz, concrétions à cuticule rouille) particulière. Très forte porosité intergranulaire. Limite brutale et irrégulière.
- 38 - 45 cm
B1 Brun 10 YR 5,5/3, 5/2 humide avec quelques taches noires et un blanchiment des faces d'unités structurales à la dessiccation. Texture gravelo-argileuse avec de grands feldspaths roses. Structure colonnaire irrégulière 3 x 3/5 cm à 5 x 5/10 cm à sous-structure polyédrique fine lui conférant une porosité d'interstices notable. Facettes lissées de pression. Très lente humectation suivie d'effondrement. Limite distincte et irrégulière.
- 45 - 60 cm
BC Interrompu frais, brun avec enduits noirâtres, argilo-sableux avec feldspaths, massif, compact, non poreux. Limite tranchée et irrégulière.
- 60 - 80 cm
C Olive-pâle 5 Y 6/3, 5/3 humide. Roche en place à grain grossier (texture gravelo-sableuse) feldspathique rose, friable au marteau, d'humectation lente. Joints brunâtres.

Caractères analytiques

GM 59	pH	R	A	L	CB	T	V	Na	Na/T	MO	C/N	PT
A1	7,3	18	5	8	0	6	78	0	0	0,7	10	0,22
Ag	6,7	19	8	10	0	16	25	0,1	1	0,2	12	0,16
A2	6,5	31	5	10	0	4	50	0,4	10	-	-	0,13
B	6,4	56	25	10	0	14	93	4,8	34	-	-	0,20
C	9,8	57	15	5	0,4	12	100	5,5	46	-	-	0,40

On remarquera l'augmentation progressive du refus en profondeur, la différenciation texturale brutale entre les horizons A et B, le pH élevé en BC, l'augmentation progressive du rapport Na/T jusqu'à près de 50 %, le faible taux de saturation en Ag et A2.

BBH 201 : profil situé à l'est de Bibémi sur une pénélaine en pente vers la Bénoué. Milieu de versant, pente 3 %. Roche-mère gneissique. Savane arborée. Erosion en nappe et rigoles. Sol rouge tropical en sommet d'interfluve. Horizons :

- 0 - 10 cm
A11 Brun-gris 10 YR 4,5/2, sableux, faiblement structuré en lamelles dures et peu poreuses. Nombreuses racines. Limite régulière.
- 10 - 20 cm
A12 10 YR 5/2. Texture sableuse. Quelques cailloux de quartz. Moyennement structuré en polyèdres moyens à fins, peu durs, assez poreux. Nombreuses racines.

- 20 - 40 cm
A2 Brun très pâle 10 YR 7/3. Texture sableuse avec feldspaths. Structure de roche gneissique conservée, particulière, fragile. Forte porosité intergranulaire et tubulaire.
- 40 - 55 cm
B Jaune-rouge 7,5 YR 6/6. Texture un peu plus argileuse. Structure à tendance colonnaire, très dure, non poreuse, surimposée à l'architecture de la roche. Joints argilisés.
- 55 - 80 cm
(B) Brun-rouge pâle 2,5 YR 6/4 hétérogène. Roche juxtaposant des bancs peu altérés et des bancs argilisés moyennement structurés en polyèdres très durs.
- 80 - 100 cm
C Roche altérée avec bancs de roche résistante.

Caractères analytiques

BBH 201	pH	R	A	L	CB	FT	T	V	Na	Na/ T	CT	MO	C/N	PT
A1	7,3	3	7	12	0	-	7	81	0	0	14	1,3	13	0,15
A2	6,9	12	6	11	0	1,8	5	96	0,8	16	13	0,9	13	0,08
AB	6,8	1	16	16	0	2,9	8	100	4,2	53	-	0,3	8	-
B	8,1	0	26	16	0	-	13	100	7,4	55	35	-	-	-
BC	9,7	4	13	9	0	2,9	9	100	5,9	64	33	-	-	-

On remarquera les très fortes teneurs en sodium échangeable des horizons B et BC avec augmentation rapide du pH (conductivité de 0,4 mmho/cm), l'absence de carbonates dans le profil, la saturation du complexe absorbant.

BBH 66 : profil situé près de Mayo-Oulo, à un croisement de routes. Modelé pénéplané entre des massifs granitiques. A 30 m du sommet d'un interfluve en dôme surbaissé. Matériau de type gneissique ou granitique remanié. Savane très dégradée (*Balanites*, *Anogeissus*, *Combretum*, *Bauhinia*) cultivée pour le mil et l'arachide. Sol plan légèrement fissuré, portant des plages de sables déliés. Quelques termitières. Horizons :

- 0 - 6 cm
Ap Brun 10 YR 5/2,2, sableux avec débris végétaux et hétérogénéité due au travail du champ. Faiblement structuré en lamelles ou cubes grossiers durs, secs et très poreux. Quelques radicules. Limite graduelle et régulière de structure et porosité.
- 6 - 12 cm
A12 Brun pâle 10 YR 6/3 irrégulièrement teinté. Texture un peu plus argileuse avec poches lessivées à la base de l'horizon. Structure massive à débit anguleux, dure, peu poreuse. Peu de racines. Limite tranchée et irrégulière.
- 12 - 40 cm
AB Brun-jaune 10 YR 5/4 avec des taches rouges à l'intérieur des prismes. Texture sablo-argileuse avec quartz et feldspaths apparents. Structure prismatique arrondie en colonnettes par une croûte vésiculaire nette. Compact, très dur, avec de rares lissages argileux. Limite distincte et régulière.

- 40 - 60 cm (B) Brun soutenu 7,5 YR 5/6 avec de nombreuses taches rouges assez tranchées. Texture argilo-sableuse. Structure massive, polyédrique à la dessiccation, compacte, dure. Limite tranchée et ondulée.
- 60 - 80 cm B2 Jaune pâle 2,5 Y 7/4 avec pseudo-mycelium carbonaté blanchâtre entre les agrégats. Texture presque argileuse. Moyennement structuré en fin polyèdres irréguliers. Dur, peu poreux. Limite distincte et régulière.
- 80 - 130 cm B3 Moins argileux avec carbonatation d'ensemble, quartz et feldspaths apparents dureté plus forte.

Caractères analytiques

BBH 66	pH	R	A	L	CB	FT	T	V	Na	Na/T	CT	MO	C/N	PT
A1	6,7	6	8	22	0	2,1	5	68	0,2	3	13	0,6	12	0,11
AB	7,8	4	22	25	0	-	9	82	1,8	21	23	-	-	-
(B)	8,5	10	39	32	0	4,3	13	100	3,2	24	39	-	-	-
B2	9,4	9	42	37	0,9	-	18	100	4,3	23	77	-	-	-
B3	9,4	32	32	20	2,5	3,1	15	100	3,5	23	93	-	-	-

On remarquera les pH élevés en B (conductivité de 0,3 mmho/cm), la nette différenciation en argile de l'horizon A, la saturation en cations de la capacité d'échange avec près de 25 % de sodium, les réserves importantes en cations totaux.

9.2 – Sols sodiques sur alluvions

On observe des sols sodiques sur alluvions feldspathiques en différents points de la feuille : confluent de la Bénoué et du Faro (BRABANT 1967), région de Guider (M. VALLERIE 1964), Bibémi, Pitoa et Boula Ibi (G. SIEFFERMAN 1964). Leur morphologie est habituellement celle de solonetz solodisés avec deux particularités fréquentes :

– Important travail des vers de terre en surface donnant à l'horizon supérieur une structure sphéroïdale ou massive avec des cavités et galeries qui atteignent parfois la base du profil.

– Développement d'une porosité vésiculaire en croûte épaisse autour des colonnes. Lorsqu'elle affecte l'horizon supérieur la structure devient très fragile (effondrement au pied). Exemple :

BBH 80 : profil situé près de Barnaké sur des alluvions anciennes de topographie très plane, dans une prairie graminéenne dense recouverte de turricules de vers. Horizons :

- 0 - 5 cm A1 Gris 10 YR 5/1, sableux, de structure sphéroïdale due aux vers de terre avec de grosses galeries et cavités. Cohésion faible. Nombreuses radicelles.

- 5 - 15 cm
A21 Gris, blanchissant à l'air avec quelques taches diffuses et des débris végétaux. Structure continue, dure, de porosité tubulaire avec racines et radicelles.
- 15 - 25 cm
A22 Le blanchiment atteint 10 YR 6/1. Porosité vésiculaire. Limite tranchée.
- 25 - 40 cm
AB Brun 10 YR 4/3 avec croûte vésiculaire de 1 à 2 cm d'épaisseur autour de colonnes très dures non poreuses, de texture sablo-argileuse et légèrement tachées dans la masse.
- 40 - 90 cm
(B) 10 YR 4/2 taché, avec quelques graviers et petites concrétions brunes rondes et dures (refus 11 %). Légère carbonatation. Structure massive très dure et non poreuse sauf galeries de vers.
- 90 - 130 cm
B2 10 YR 3/1 avec pseudo-mycelium de carbonates. Texture argilo-sableuse. Moyennement structuré en polyèdres fins irréguliers, durs, sans radicelles.
- 130 - 160 cm
BC Alluvions jaunes, sablo-argileuses, légèrement carbonatées avec poches de l'horizon supérieur et galeries verticales de vers. Structure massive dure mais poreuse. Pas de racines.

Caractères analytiques

BBH 80	pH	R	A	L	FT	T	V	Na	Na/T	CT	MO	C/N	PT
A1	6,4	0	5	30	-	5	77	0	0	8	1,2	15	0,16
A2	6,0	3	4	26	1,1	4	62	0	0	51	0,7	13	0,14
(B)	6,9	11	27	19	2,8	13	100	0,9	7	31	-	-	-
B2	8,9	0	40	43	-	22	100	2,0	8	-	-	-	-
BC	8,3	0	20	17	2,6	11	100	1,4	12	31	-	-	-

On remarquera la brutale différenciation texturale entre les horizons A et B, la montée brusque du pH dans l'horizon B2 (conductivité de 0,22 mmhos/cm), la saturation du complexe absorbant dont 10 % de sodium, les réserves notables en cations totaux (magnésium principalement).

Conclusion : Le rapport Na/T de 10 % est limite pour la classe de sols sodiques, mais la morphologie est caractéristique, sauf pour l'activité des vers. D'autres profils sont décrits dans P. BRABANT (1967).

9.3 – Sols sodiques du bassin gréseux

Dans ce bassin, des sols sodiques solonetziques ont été observés en différents endroits mais rarement en surfaces pures de dimensions cartographiables (profil BBH 76), sauf près de Nyakira et de Gachiga (profil BNU 20). Des sols solonetziques s'observent en particulier sur les glacis qui entourent certaines extrusions volcaniques rebroussant les grès (BBH 292). Mais ces glacis sont soumis à une dissection intense

en ravines. Cette érosion est suffisamment avancée pour que le processus érosif puisse être signalé au niveau de la classe (sols peu évolués d'érosion). Une dégradation récente de la couverture végétale semble être à l'origine de la destruction de ces sols imperméables et à pente marquée. Des sols solonchiques ou à horizons blanchis apparaissent, dans cette région commandée par des montagnes trachytiques, dans des zones de vallées complexes où ces sols sont associés à des sols hydromorphes divers (au nord de Tchibo). Le matériau de ces sols est vraisemblablement contaminé par le trachyte ou par les ions Na d'une nappe phréatique.

Sur grès feldspathique ou sur glacié commandé par des grès, on rencontre en outre des sols de couleur grise ou rouge, presque saturés en cations échangeables et présentant une couche de prismes ou colonnes à faible profondeur. Leur teneur en sodium échangeable est faible (0,4 à 0,8 mé), insuffisante pour les faire inclure dans la classe des sols sodiques, mais nettement supérieure à celle des sols ferrugineux tropicaux qui les entourent (0,02 mé). La structure en colonnettes n'est d'ailleurs pas spécifique des sols sodiques : elle apparaît en surface des horizons à argile gonflante, mis à nu et piétinés (hardés "anthropiques" de la région de Maroua, sols ferrallitiques rouges à composés amorphes de l'Adamaoua tassés par le passage des bovins ou des véhicules).

Cet effet structural paraît s'exercer sur les grès de Garoua aux dépens des horizons massifs et peu perméables des sols ferrugineux tropicaux tronqués par l'érosion en nappe. Le ralentissement consécutif du drainage interne au profit du ruissellement superficiel (profil BBH 300) suffit à expliquer la saturation du complexe absorbant et sa légère concentration en sodium. Cette concentration en cations avec apparition d'une structure prismatique s'observe aussi dans les sols peu évolués des secteurs d'érosion à vallonnements serrés en "montagnes russes" ou "pseudo bad lands" sur le grès arkosique entre Nkong et Lagdo : des horizons argilisés mal drainés sont brusquement mis à l'affleurement et desséchés en prismes dont la compacité s'oppose au lessivage rapide du sodium.

En conclusion, une légère accumulation de sodium et la formation d'une couche superficielle de prismes plus ou moins arrondis en colonnes et saturés en cations échangeables pourrait résulter simplement de l'accélération de l'érosion en nappe mettant à nu un horizon d'argilisation peu perméable dont les cations échappent ainsi au drainage interne. Le processus peut être déclenché par une action anthropique superficielle (feu, piétinement) dégradant la végétation protectrice, puis être entretenu ou accéléré par le ralentissement consécutif du drainage interne au profit de l'érosion en nappe. Il paraît cependant incapable ici de conduire à la formation de sols sodiques d'origine anthropique.

Voici la description des quelques profils annoncés :

Sols sodiques sur grès

BBH 76 : profil situé près du confluent Bénoué - mayo Tiel, sur un petit affleurement de grès au milieu des alluvions. La pente n'est que de 1 % et la végétation est dégradée (plages stériles). Le microrelief est plan, sauf des buttes sableuses au collet des végétaux et quelques grosses termitières jaunes. Horizons :

0 - 5 cm	Gris, 10 YR 6/1 avec taches jaunes et blanchiment des faces
A1-A2	d'agrégats, sableux, lamellaire à cubique grossier (débit fin anguleux et dur), peu de radicules, mais porosité tubulaire. Limite tranchée et ondulée de structure.

- 5 - 20 cm
AB Un peu plus clair 10 YR 6/2 et légèrement plus argileux. Structure en grosses colonnes à croûte vésiculaire adhérente blanche et épaisse de plusieurs millimètres à la face supérieure. Remplissage sableux entre les colonnes. Peu de radicules et faible porosité tubulaire. Limite distincte et régulière de couleur.
- 20 - 45 cm
(B)1 Brun-jaune 10 YR 5/4, d'aspect rougi par contraste. Argilo-sableux avec amas sableux blanchâtres. D'aspect massif, en fait moyennement structuré en polyèdres fins, durs et compacts. Limite distincte et régulière.
- 45 - 60 cm
(B)2 De teinte brun pâle non homogène 10 YR 6/3, même texture et structure plus une légère carbonatation.
- 60 - 80 cm
Bna 10 YR 6/2 et pseudo-mycélium carbonaté blanchâtre. Texture argilo-sableuse avec quelques concrétions noires et dures et des morceaux de grès. Mêmes structure et dureté.
- 80 cm
BC Grès quartzo-feldspathique en place avec un lit de nodules carbonatés en surface

Caractères analytiques

BBH 76	pH	R	A	L	FT	T	V	Na	Na/T	MO	C/N	PT
A1	6,6	0	5	25	-	4	-	0,1	2	0,8	11	0,23
AB	7,2	0	11	24	-	5	69	0,5	9	0,5	9	0,13
(B)	8,9	5	38	26	3,3	15	77	2,5	16	-	-	-
Bna	9,3	6	35	31	3,0	20	100	3,2	16	-	-	-
BC	9,6	0	8	13	3,2	10	100	1,6	15	-	-	-

On remarquera la brusque différenciation texturale entre les horizons A et B avec augmentation du pH (conductivité de 0,15 à 0,25 mmho/cm), les capacités d'échange élevées, saturées en B dont 15 % de sodium échangeable.

En conclusion, ce sol a la morphologie et la teneur en sodium échangeable requises pour être classé en sol sodique, à structure dégradée à horizon B structuré en colonnettes. L'environnement alluvial et le lit de carbonates rendent possible une contamination des grès par une nappe alluviale.

BNU 20 : près de Gachiga D. MARTIN (1962) décrit, à la limite entre les formations gréseuses et les roches du socle, sur un modelé très plat mais raviné des sols halomorphes (sodiques) du type suivant. Horizons :

- 0 - 17 cm Brun pâle, de texture sableuse peu argileuse. de structure polyédrique, de cohésion faible à moyenne, de bonne porosité.
- 17 - 25 cm Brun pâle, de texture sablo-argileuse, de structure polyédrique (10-20 mm), de cohésion moyenne. Discontinuité nette à la base.
- 25 - 40 cm Brun très pâle, de texture argilo-sableuse, de structure prismatique grossière à très forte cohésion et de porosité faible. Petites fentes de retrait, petites concrétions noires.

- 40 - 60 cm Jaune pâle, de même texture avec concrétions noires, de structure massive, de cohésion forte.
- 60 - 180 cm Jaune pâle, de même texture avec petites concrétions noires et nodules calcaires irrégulièrement répartis. Cohésion toujours forte.

A l'analyse : la texture de l'horizon supérieur est finement sableuse (60-70 %). En profondeur 50 à 54 % de sable fin, 31 à 38 % d'argile. Le pH est faiblement acide en surface et augmente très fortement en profondeur pour atteindre 10 dans l'horizon carbonaté. La capacité d'échange est comprise entre 5 et 8 mé en surface, 12 et 22mé en profondeur. Elle est saturée en cations échangeables en profondeur. Le rapport Na/Ca est de 40 à 50 % en dehors de l'horizon humifère.

Sol sodique sur glaci en cours d'érosion

BBH 292 : profil situé près de la piste Tchéboa-Kalgué, au kilomètre 6, au milieu d'un glaci raviné, long de 600 m, commandé par une extrusion trachytique rebroussant le grès. Savane dégradée à *Balanites aegyptiaca* et *Anogeissus leiocarpus*. En surface ravines profondes d'un mètre (épaisseur du sol) avec cailloux de trachyte, concrétions ferrugineuses et nodules carbonatés. Horizons :

- 0 - 8 cm A1 Jaune-rouge 7,5 YR 6/6, 5/6 humide, texture sableuse, structure lamellaire puis fondue. Faible porosité tubulaire.
- 8 - 17 cm A21 Jaune 7,5 YR 7/6 et 8/4, 5/6 humide, texture sablo-argileuse absorbant rapidement l'eau. Structure continue peu fragile.
- 17 - 22 cm A22 Brun-jaune 7,5 YR 5/4, 5/6 humide, texture sableuse d'aspect poudreux, structure particulaire de cohésion irrégulière. Porosité intergranulaire. Limite distincte de texture et structure.
- 22 - 30 cm AB Blanc 10 YR 8/1 avec taches rouges 5 YR 5/8 et jaune 10 YR 7/8 texture argilo-sableuse d'humectation lente. Structure polyédrique irrégulière avec sur-structure prismatique, l'intérieur des agrégats étant plus gris. Porosité tubulaire variable. Limite tranchée de blanchiment des faces.
- 30 - 80 cm B2t Brun-jaune pâle 2,5 Y 6/4 sec et humide, texture argilo-sableuse d'humectation lente. Structure polyédrique fine, peu fragile. Porosité faible, horizon sec.
- 80 - 100 cm B2 ca et fe Jaune pâle 2,5 Y 7/4, texture argilo-sableuse d'humectation peu rapide, nombreux nodules carbonatés et concrétions ferrugineuses, avec structure conséquente.

Caractères analytiques

BBH 292	pH	R	A	L	FT	T	V	Na	Na/T	MO	C/N	PT
A1	5,8	0	10	16	-	24	35	0	0	1,0	12	0,11
A2	6,0	0	17	15	1,7	5	32	0,1	0	0,4	8	0,10
AB	6,6	0	29	20	-	8	56	0,9	11	0,4	11	-
B2	9,4	5	39	23	3,3	30	100	3,0	22	0,4	11	-

On remarquera la nette différenciation texturale, le pH acide jusqu'à son élévation brutale dans l'horizon B2 carbonaté, la faible capacité d'échange en A2 et AB avec faible saturation du complexe absorbant malgré la présence de sodium (11 %).

En conclusion, la morphologie est celle d'un sol sodique, à structure dégradée à horizon blanchi, solonetz solodisé à acidification accentuée en surface, mais en position desséchante de talus (observation dans une ravine). Les caractères analytiques confirment cette classification. Sa destruction active par l'érosion illustre la fragilité de ce sol dès que la végétation se dégrade, en relation ou non avec l'imperméabilisation des horizons B.

Sol de glacis à prismes rouges

BBH 300 : le profil est situé en bas d'un long glacis commandé par le massif du Tinguelin immédiatement au sud de Gachiga, sur la rive gauche du mayo Goulongo (il existe des sols comparables plus au nord). La pente est de 6 % et la végétation arbustive. La surface du sol est plane et recouverte d'une croûte squameuse. Quelques blocs de grès arkosique affleurent à proximité. Les collets des végétaux sont entourés de sables et de boulettes construites par les vers. Le sol est rouge, de granulométrie assez constante, sablo-argileuse, et structuré en prismes ou cubes, à faces cireuses. Il est pétri de petits feldspaths et contient des concrétions noires. Sa teneur en sodium échangeable est faible, son pH voisin de la neutralité et il est saturé en cations échangeables. Sa capacité d'échange de 14 mé pour 25 % d'argile est très supérieure à celle des sols ferrugineux tropicaux voisins (3 mé) de même granulométrie. Ce profil peut être classé en intergrade sol ferrugineux - sol rouge tropical. Voir chapitre II 64.

Il est un bon exemple des effets de l'érosion en nappe (rajeunissement) sur la structure et sur le taux de saturation. L'érosion y entrave le lessivage et donc l'évolution ferrugineuse au profit de la formation d'argiles gonflantes de milieu confiné, débitées en prismes par la dessiccation et saturées en cations échangeables (dont un peu de sodium). Les réserves en fer apparaissent insuffisantes (3 %) pour conduire à un véritable sol rouge tropical. Si l'érosion ralentit son action, un sol ferrugineux se développera probablement comme aux alentours.

Remarque. Dans le massif du Tinguelin, dans les paysages également soumis à une érosion active, ont été observés des profils présentant de véritables colonnettes rouges, à parois blanchies sur la moitié supérieure, enfouies à 20 cm sous des horizons sableux lessivés et reposant elles-mêmes sur des prismes rouges. Cette curiosité n'a pas été étudiée, le paysage restant dans l'ensemble peu évolué.

TROISIEME PARTIE

QUELQUES PAYSAGES PÉDOLOGIQUES

1. LES MONTAGNES

Les massifs et inselbergs granitiques associent des sols minéraux bruts (affleurements rocheux), des sols peu évolués lithiques et régosoliques et des sols morphologiquement évolués, mais analytiquement peu différenciés (voir chapitre II 1). Les pentes sont couvertes de dalles et de boules rocheuses ménageant des petits replats où le sol s'approfondit. L'angle de raccord au piedmont est net, mais ce piedmont est souvent formé d'un glacis d'accumulation (plus rarement d'érosion) en pente douce, en cours de démantèlement. L'évolution des sols y est à tendance ferrugineuse (profil BBH 9, chapitre II 1), mais avec dominance de la phase lessivée. Les parties fines sont exportées du paysage ou parfois plaquées sur le bas des versants.

Les massifs gréseux portent des affleurements rocheux en dalles avec de nombreux cailloux libres. Sur les replats se développent des sols de tendance ferrugineuse tropicale même sur grès à ciment argileux (44 % d'argile en BBH 28). Sur l'hosséré Bané près du Tinguelin (chapitre II 21) l'entablement gréseux porte une carapace ferrugineuse d'extension non reconnue. Les pentes sont couvertes d'éboulis (sols peu évolués BBH 252 et 251). Les glacis de piedmont sont étendus mais peu épais et portent des sols ferrugineux tropicaux lessivés, indurés (BBH 19 chapitre II 64).

Les montagnes trachytiques présentent sur les replats entre les dalles rocheuses des sols peu évolués à tendance évolutive de type brunifié eutrophe. Le grès encaissant étant rebroussé par l'extrusion volcanique, le trachyte n'affleure parfois que dans la partie centrale du relief (voir chapitre III 2 séquence de Tchéboa).

2. LE BASSIN GRESEUX

Sur les grès de Garoua du crétacé supérieur, on observe des paysages pédologiques variés. Quatre d'entre eux sont présentés ici sous forme de toposéquences (figures 13 à 16). Ils présentent un certain nombre de caractères communs qui témoignent de l'action des mêmes processus pédogénétiques, leurs différences pouvant être expliquées par les variations d'intensité de ces processus.

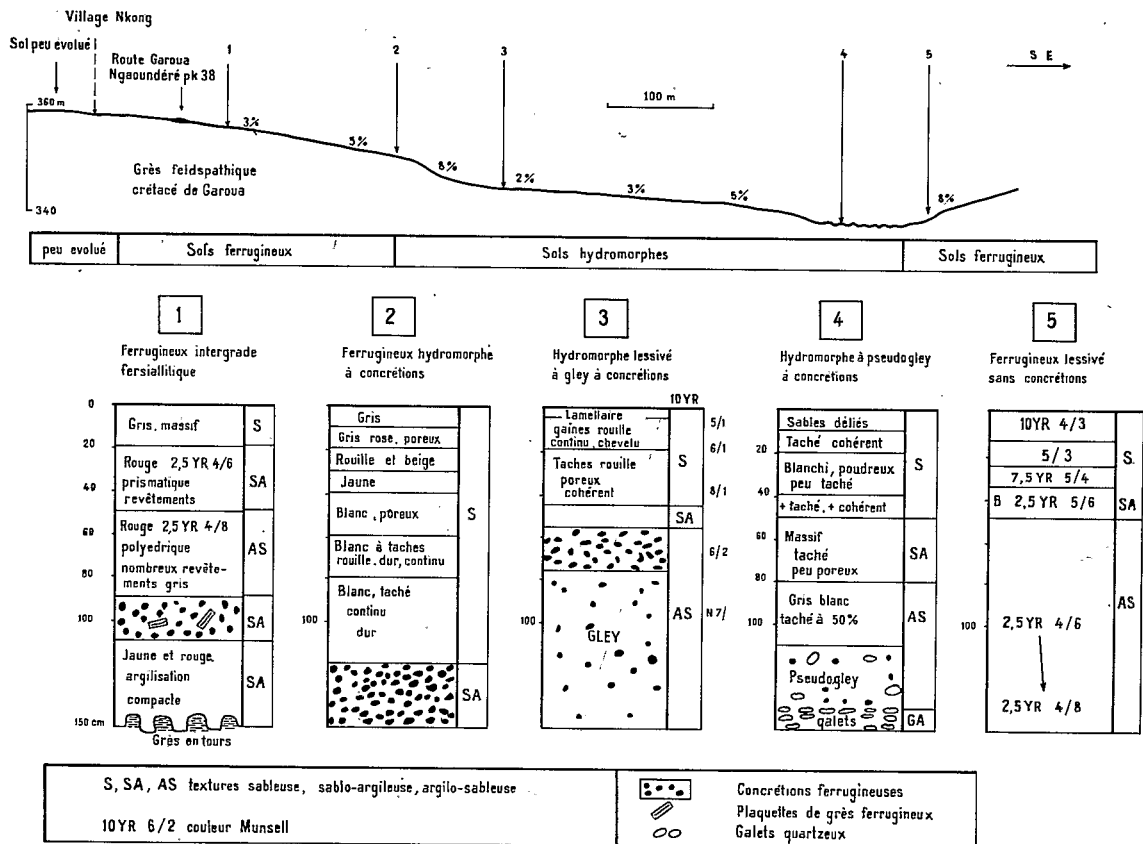


Figure 13 — Séquence de Nkong

Paysage des lignes de partage des eaux (Séquence de Nkong)

Vastes interfluves à modelé mou de large portion concave. Touradons dans le bas-fond sans marque de lit de ruisseau. Dissymétrie des versants avec inflexion de pente séparant le haut d'interfluve à sols ferrugineux de la partie concave à sols hydromorphes. Sol peu évolué sur grès en quelques points du haut de pente, sols ferrugineux lessivés à horizon B rouge et peu désaturés, ailleurs. Sol intergrade et concrétionné sur la charnière de versant (figure 13).

Nette différenciation des profils en argile et en fer indiquant une évolution poussée des sols et du paysage. Dans le bas-fond, accumulation de sable colluvial après entraînement des particules fines. Concrétionnement ou cuirassement discret souvent résiduel. "Sols gris lessivés" de bas-fond peu tachés et cohérents. Liseré de sols à horizon blanchi sur les charnières de séquence. Ce liseré clair est parfois visible sur les photographies à 1/50.000.

Ce type de paysage caractérise les zones de partage des eaux (suivies par les routes) non atteintes par les reprises d'érosion régressive. Lorsqu'on s'éloigne de ces lignes directrices du modelé, on rencontre des interfluves à sol moins épais avec cailloutis superficiel et affleurements rocheux (talwegs principalement). Plus en aval, dans les vallées principales le modelé s'adoucit de nouveau.

Paysage à érosion et lessivage actifs (Séquence du pK 24)

Versant court avec griffes ravinantes sur la partie haute convexe et atterrissement sableux dans le bas-fond concave. Articulation nette du versant hors des griffes. En sommet d'interfluve, affleurement de grès ou au contraire sol ferrugineux rouge épais (RH 26) dans des ensemlements de la ligne de crête. Sur la moitié supérieure plan-convexe du versant sols sablo-caillouteux lessivés à structure particulière, de cohésion notable ou nulle (RH 21). Croûte ferrugineuse au contact avec le grès altéré. Plaquettes grésifiées rouge-violacées de dispositions variées dans le sol. A différentes profondeurs dans le grès, minces bancs ferrugineux identiques. Sur l'inflexion de pente sol lessivé, à contact planique entre le mètre supérieur blanc sableux peu ou pas taché et la partie inférieure massive compacte, argilo-sableuse et présentant des revêtements argileux (profil RH 24 chapitre II 3). Dans la partie concave, sols hydromorphes à gley argilo-sableux, parfois organiques dans la galerie forestière (figure 14).

Dans ce type de paysage, l'agressivité de l'érosion en haut de versant contraste avec les dépôts sableux et argileux du bas-fond engorgé. La différenciation texturale entre la partie haute sableuse (8 % d'argile) et la partie basse argileuse (30 %) est remarquable. Le lessivage de l'argile y est un processus pédogénétique d'importance fondamentale. L'accumulation s'observe sous forme de revêtements nets à la partie supérieure de l'horizon d'argilisation engorgé du bas-fond (néosynthèse en milieu confiné ?). Par contre on n'observe aucune accumulation de fer. Celui-ci paraît être exporté hors de la séquence (milieu réducteur de bas-fond) ou enfoui profondément dans le grès (bancs ferrugineux).

Paysage commandé par une extrusion trachytique (Séquence de Tchéboa)

Des montagnes trachytiques importantes émergent de la couverture gréseuse qu'elles rebrousse. Autour se dessine une dépression périphérique peu profonde, soumise à une érosion actuelle. Cette dépression est drainée vers des paysages érodés où les sols peu évolués voisinent avec des sols ferrugineux ou hydromorphes.

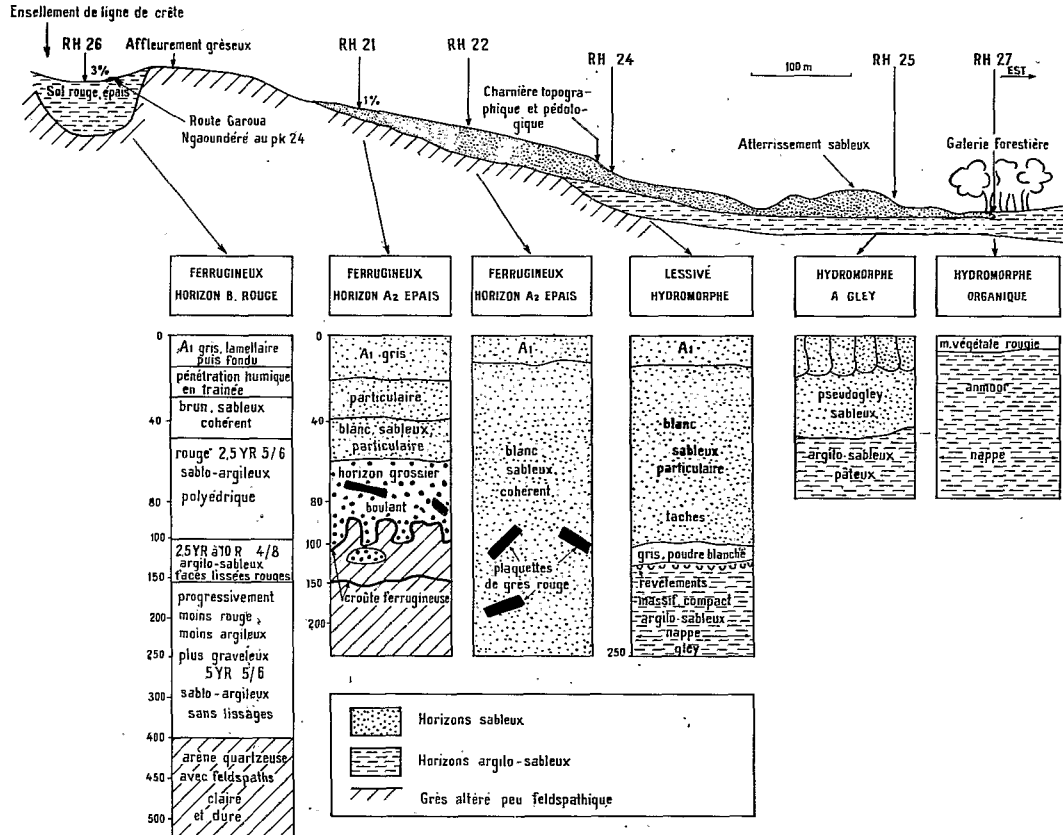


Figure 14 — Séquence du pk 24

Vers l'amont du paysage au contraire, la dépression conduit à un modelé ample et mou des zones de partage des eaux (type séquence de Nkong). La séquence de Tchéboa traverse ce dernier paysage (figure 15).

Le sol du massif est du type minéral brut avec sur les replats développement d'un sol brun peu évolué sur un niveau caillouteux partiellement évidé de sa matrice. La dépression périphérique est fortement ravinée et bien drainée. Autour des extrusions trachytiques plus importantes s'observe un glacis d'accumulation en cours de dissection par l'érosion (Sols peu évolués d'érosion). Sur les glacis périphériques, l'évolution primitive est toutefois encore visible de place en place : morphologie et caractères analytiques sont ceux d'un sol sodique à structure dégradée, à horizon blanchi et à acidification accentuée en surface (confert profil BBH 292 chapitre II 93). Puis le paysage devient mou avec quelques affleurements de cuirasse, des sols ferrugineux à horizon B rouge ou concrétionné en position haute, des sols hydromorphes dans les zones déprimées (talwegs) ou mal drainées (sommet de vastes interfluves). On se raccorde ainsi au paysage des lignes de partage des eaux.

Paysage commandé par un massif gréseux (séquence de Sanguéré Ngai).

Massifs et affleurements gréseux sont nombreux à l'est et au nord du bassin créacé. Le glacis peu étendu qui entoure leur piedmont se raccorde doucement aux interfluves faiblement ondulés du voisinage (figure 16).

Sur les pentes des massifs on rencontre des affleurements rocheux (sols minéraux bruts) ou des sols peu évolués caillouteux avec ferruginisation du grès sur quelques centimètres, ou même des sols à évolution plus marquée du type ferrugineux tropical sur les replats. Sur pente, un horizon caillouteux évidé et bouillant surmonte fréquemment le grès ferruginisé (éboulis ou lessivage oblique ?).

Au piedmont deux types de séquences ont été rencontrées :

- 1/ sol ferrugineux profond (4 m) et argileux (45 %) à horizon B rouge et friable (type RH 26 chapitre II 62), puis vers la mi-pente sol ferrugineux lessivé de texture beaucoup plus sableuse présentant en profondeur un horizon induré épais (BBH 395 chapitre II 64) ou un horizon bariolé atteint par la nappe phréatique saisonnière (ONCH 2 chapitre II 62). Le bas de pente est inondé en fin de saison des pluies. Il porte des sols hydromorphes à amphigley (nappe superficielle et nappe profonde) et profondément lessivés en argile et en fer (BBH 354, chap. II 84).
- 2/ sol peu profond à horizon grossier bouillant et évidé reposant sur des blocs de grès à croûte ferrugineuse, puis sol hydromorphe dès la mi-pente.

Conclusion

Un caractère commun et dominant des différents paysages pédologiques observés sur les grès de Garoua est leur nette différenciation verticale et latérale en argile et en fer. Ils participent en effet principalement des pédogénèses ferrugineuses et lessivantes.

Le lessivage de l'argile est attesté par la morphologie des horizons supérieurs sableux ou caillouteux et par la présence de revêtements argileux gris au sommet de la couche argilo-sableuse du bas de pente. Cette couche inférieure continue et saisonnièrement humidifiée provient aussi de l'argilisation du grès feldspathique sous-jacent en milieu confiné. Les parts attribuables respectivement à l'argile illuviée

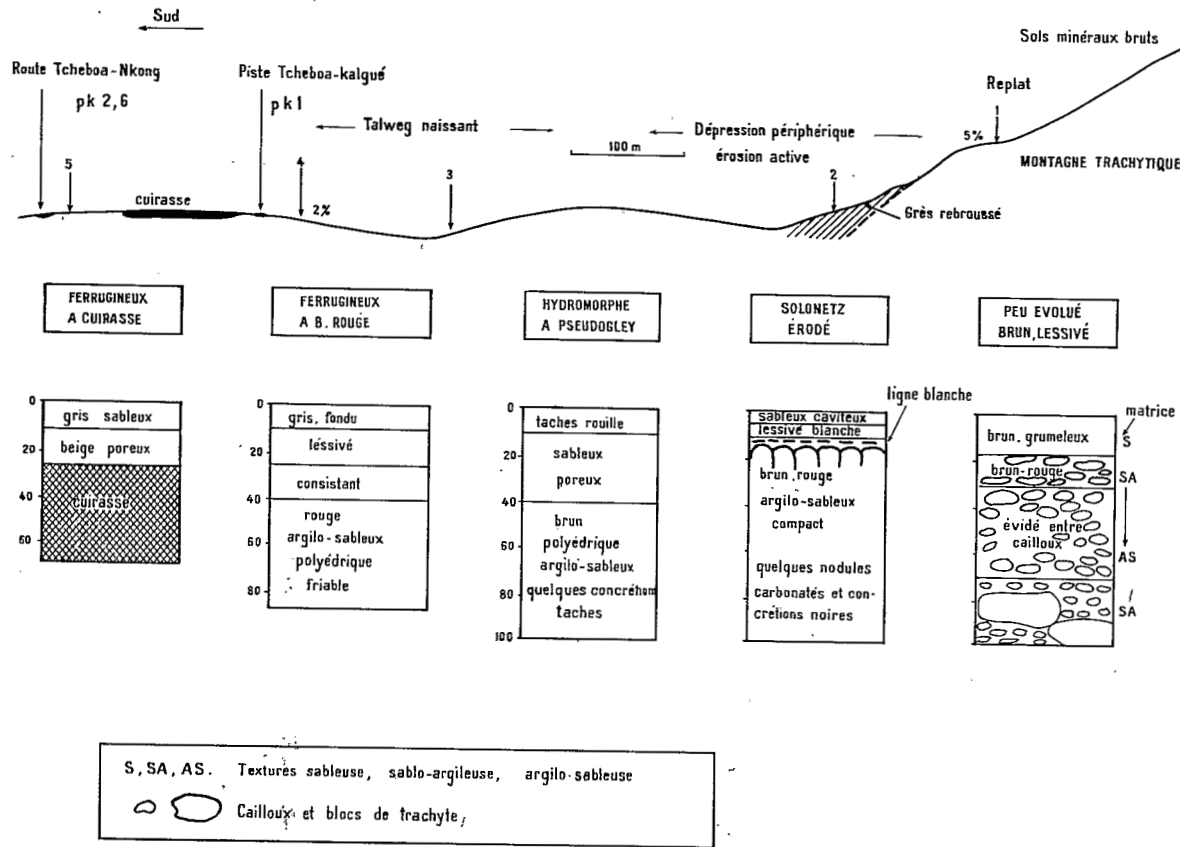


Figure 15 — Séquence de Tchéboá

et à l'argile de néosynthèse n'étant pas connues, on ne peut apprécier la quantité d'argile exportée hors du paysage par le réseau hydrographique. L'existence d'un écoulement oblique sur le contact planique des sols de rupture de pente est probable. Par contre, le cheminement de l'eau dans les sols sableux de haut d'interfluve n'est pas élucidé : une mesure effectuée à la base d'un horizon caillouteux reposant sur du grès ferruginisé a montré qu'il y avait absence en ce point de tout écoulement latéral. Le grès sous-jacent pourrait donc participer à la dynamique actuelle de l'eau et des matières, la morphologie des horizons caillouteux évidés étant au contraire partiellement héritée de la mise en place de leur matériau grossier.

La question d'une participation éventuelle de la roche sous-jacente à la dynamique pédologique se pose également pour le fer : on n'observe pas d'accumulation importante de composés ferrugineux sauf en certains points des inflexions de pente et dans une moindre mesure au sein des lambeaux de sols rouges argileux. Le grès en contient peu (0,3 à 1,5 %) en dehors de minces bancs ou cloisons à ciment ferrugineux qui l'arment de proche en proche et dont l'origine purement héritée n'est pas certaine. Une part importante du fer libéré est donc soit exportée hors du paysage, soit enfouie profondément dans le grès sous forme de bancs ferrugineux matérialisant des discontinuités lithologiques.

Les quatre paysages présentés ici manifestent ainsi deux types fondamentaux de processus pédogénétiques : néosynthèses argileuses dans le milieu confiné de bas-fond, lessivage du fer et de l'argile dans les parties bien drainées coiffant l'interfluve. C'est en fait surtout l'agressivité de l'érosion qui différencie alors les quatre paysages : l'érosion en nappe est importante partout et liée à l'imperméabilité de la surface du sol ferrugineux en haut d'interfluve et de glacis. Des atterrissements de sables perméables s'observent au contraire au bas des pentes, tandis qu'un écoulement superficiel réapparaît dans le bas-fond. Lorsque la séquence est commandée par une pente rocheuse l'apport consécutif d'eau ruisselée y accentue l'érosion qui peut raviner alors les sols argilisés antérieurement formés. D'où le démantèlement actuel des glacis de piedmont et la formation de dépressions périphériques imparfaites. Plus importante paraît être l'intervention inégale de l'érosion régressive qui affecte principalement deux régions :

1/ Au centre du bassin une vaste zone circulaire traversée par la Bénoué et commandée par de nombreuses extrusions trachytiques.

2/ A l'est du bassin une zone accidentée entre la route de Ngaoundéré et la Bénoué près du passage aux grès arkosiques du Crétacé moyen. Les sols minéraux bruts constituent alors une composante importante du paysage et ils y ont été cartographiés en association avec les sols ferrugineux.

En définitive, le bassin gréseux porte une couverture pédologique dont l'organisation est commandée par trois processus antagonistes :

- lessivage général et peut-être profond du fer et de l'argile.
- néosynthèse argileuse sous la concavité du versant.
- érosion en nappe et ravins diversifiée par la proximité des massifs ou des niveaux de base.

Des sols ferrugineux, des sols hydromorphes et des sols peu évolués en occupent la plus grande superficie, la pédogénèse fersiallitique y étant exceptionnelle et l'évolution sodique limitée à certains glacis et dépôts de la zone centrale et avale. Quant à l'évolution verticale, elle n'a pas été observée sur le grès quartzeux en place, mais dans des matériaux d'apport de la Bénoué et de ses principaux affluents.

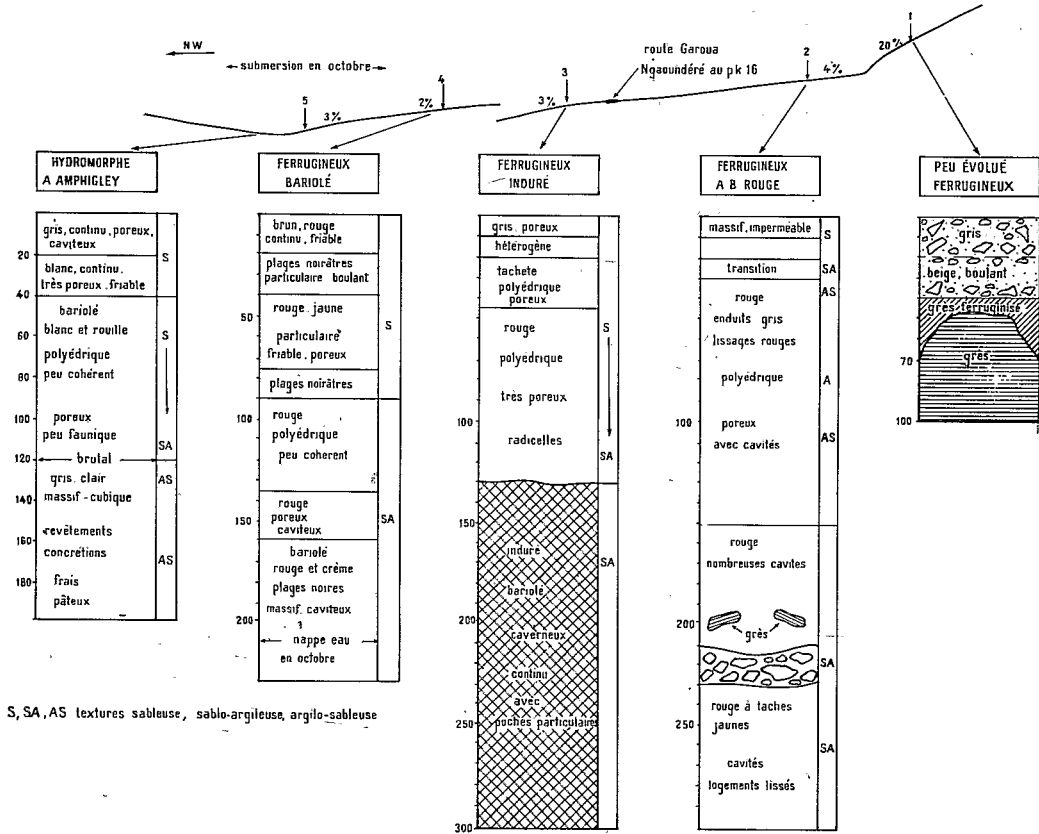


Figure 16 — Séquence de Sanguéré-Ngal

3. LES ZONES ERODEES DU CENTRE

Dans le centre de la feuille entre Dembo, Gachiga, Bor et Boula Ibi, le paysage est très marqué par l'érosion, mais sans dénivelées importantes. Quelques massifs à morphologie d'inselbergs s'en dégagent. Les affleurements rocheux en dalles, filons, buttes sont nombreux, le réseau hydrographique est serré et sans écoulement permanent. Les talwegs principaux présentent des tronçons alluviaux sableux.

Les sols sont relativement peu évolués et il est difficile à l'échelle à 1/200.000 d'y distinguer des affleurements à tendance évolutive unique. La tendance verticale est la plus répandue, la tendance ferrugineuse étant au contraire la moins souvent observée. Par exemple sur 30 profils répartis autour de SOUROU, 7 étaient peu évolués régosoliques (GM 102), 7 peu évolués vertiques (GM 100), 2 peu évolués d'apport alluvial (GM 82), 4 peu évolués hydromorphes (GM 112), 2 peu évolués carbonatés et 3 minéraux bruts pour seulement 1 vertisol, 1 sol brun eutrophe (GM 106), 1 sol sodique et 2 sols hydromorphes.

La roche-mère et l'activité de l'érosion déterminent l'organisation des paysages pédologiques de cette région. Les filons quartzeux sont abondants, mais la dominante feldspathique des roches-mères de cette région oriente le plus souvent la pédogénèse vers le type verticale.

4. LE COMPLEXE D'EROSION DE SOLS ARGILISES DIVERS

Ce paysage pédologique particulier s'observe au nord de la feuille entre les massifs de Bossoum, de Peské-Bori et de Goho. Les dénivelées sont faibles, l'érosion active, le réseau hydrographique serré et peu hiérarchisé, les talwegs sont inscrits dans la roche. Le modelé présente alors de nombreuses facettes diversement orientées et de pentes faibles. La végétation est peu fournie, arbustive avec des plages graminéennes discontinues.

On y observe quelques sols évolués, vertisols, sols halomorphes, sols hydromorphes mais les sols tronqués ou à caractères peu accentués dominant. Les matériaux d'apport y sont rares ou peu étendus, sauf autour des massifs (glacis de piedmont) et dans quelques vallées alluviales incomplètement déblayées par l'érosion ou à remblaiement localisé.

Le caractère commun à ces sols, outre l'action généralisée de l'érosion est leur argilisation notable qui est soit héritée d'une ancienne couverture pédologique diversifiée, soit acquise rapidement sur ce type de roche et de modelé. La carbonatation des sols est fréquente et elle affecte même parfois l'ensemble du profil donnant des sols calci-magnésiques carbonatés, mais peu différenciés et à structure polyédrique anguleuse (BBH 167 chap. II 27).

La coupe représentée sur la figure 17 présente un paysage de sols argilisés variés d'où paraît provenir par érosion le complexe précédent. Elle est située entre Bossoum et Peské-Bori sur une ligne de partage des eaux épargnée par la dissection. L'hydromorphie y marque inégalement les différents types de sol. Cette hydromorphie s'atténue ou disparaît dans les faciès d'érosion.

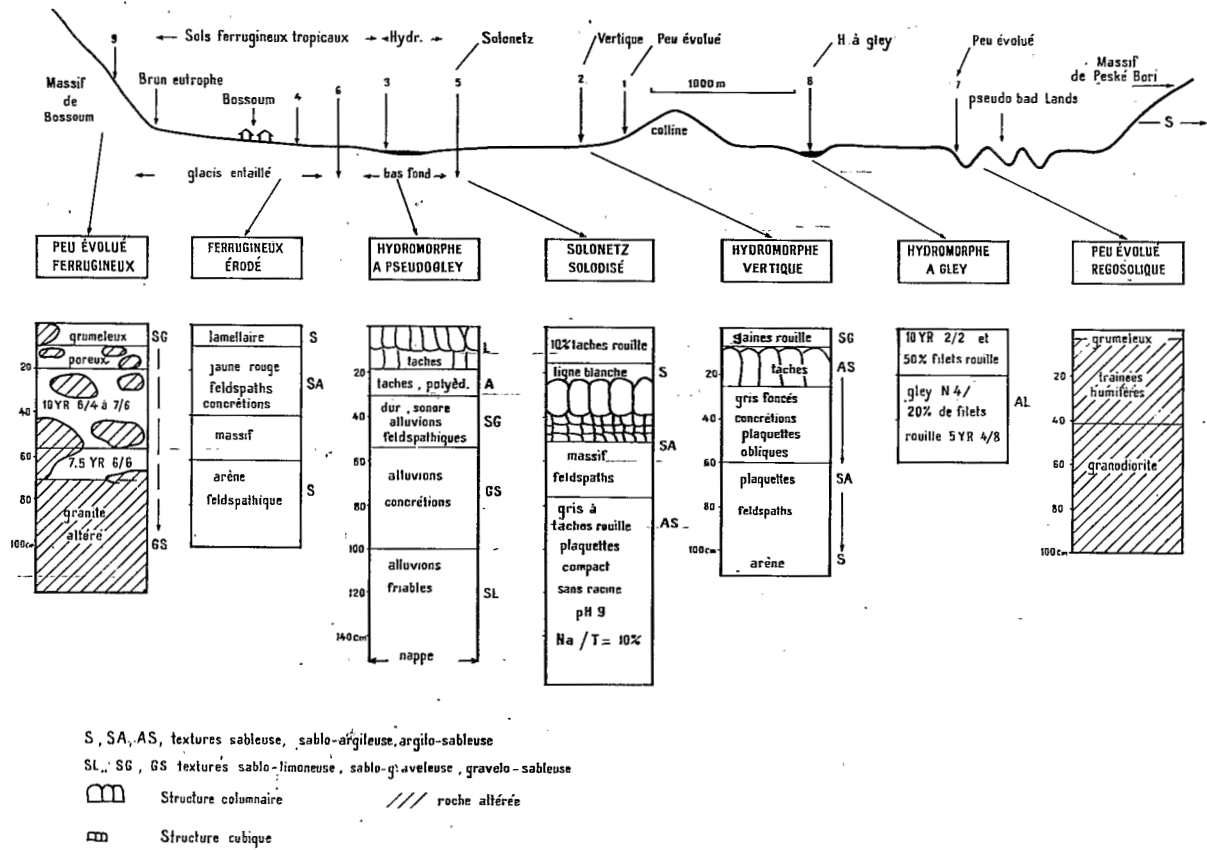


Figure 17 – Diversité des sols de la pénélaine de Bossoum

5. LES ASSOCIATIONS DE SOLS DU SUD-EST

Les paysages pédologiques du sud-est sont rendus complexes par la présence d'affleurements gréseux discontinus passant aux dépôts alluviaux à l'approche des cours d'eau et la monotonie du relief pénéplané sur des matériaux variés. L'hydromorphie gagne l'ensemble du paysage, même lorsque le drainage externe est correctement assuré. Seuls quelques sommets d'interfluve coiffés de sols ferrugineux peu lessivés échappent à l'engorgement temporaire. Les caractéristiques de ces sols hydromorphes "lithomorphes" et leur organisation dans le paysage ont été étudiées par D. MARTIN (1968-69) dont est tirée la toposéquence de BIBEMI présentée à la figure 18 :

Le paysage, aplani, est très mollement ondulé vers 250 m d'altitude avec des pentes de 2 % environ. La savane est assez dense et variée sur le sommet plat de l'interfluve, mais dégradée en bas de pente où apparaissent des ravines d'érosion. La roche-mère serait un granite à deux micas dont le faciès d'altération apparaît à moins d'un mètre de profondeur en haut de pente. Un horizon caillouteux existe, à profondeur variable, dans presque tous les profils.

Un horizon taché ou de pseudo-gley s'observe dans toute la toposéquence, sauf au sommet qui, plus quartzeux, évolue en sol ferrugineux. L'hydromorphie d'engorgement temporaire par mauvais drainage interne paraît résulter de la néosynthèse en milieu confiné d'un mélange imperméable d'argiles (kaolinite, illite, montmorillonite). La concentration en bas de pente du sodium libéré par la roche associée à l'hydromorphie une halomorphie qui s'exprime soit par une morphologie de solonetz, soit par un excès de sodium échangeable, soit par les deux simultanément.

Parfois l'évolution verticale s'ajoute ou se substitue à l'hydromorphie sur les flancs des interfluves. C'est le cas de la séquence de la route de Vaïmba à l'extrémité sud-est de la carte qui est présentée sur la figure 19 tirée de F.X. HUMBEL (1968) :

Les pentes sont faibles, mais le drainage externe reste toujours assuré et il est complété par un réseau de ravines d'érosion superficielles qui progresse vers le sommet d'interfluve. La végétation arbustive est dégradée, mais non contractée. La roche altérée est partout peu profonde comme au sommet de la séquence de Bibémi (moins de 1 m), mais elle n'affleure guère.

Des sols profondément lessivés et à contact planique occupent le sommet. Les horizons lessivés sableux à taches d'hydromorphie sont localement formés de galets vraisemblablement hérités des grès conglomératiques du crétacé inférieur qui affleure à proximité. Un horizon B verticale, parfois à taches d'hydromorphie s'observe sur l'ensemble du versant. Les cailloux sont nombreux et groupés soit en horizon grossier au contact A-B, soit en poches incluses en B. Le travail actuel des vers est fréquemment observé, mais non généralisé. Enfin, vers le bas de pente, des sols à morphologie de solonetz ou solonetz solodisé, mais souvent peu sodiques se juxtaposent aux sols verticaux précédents.

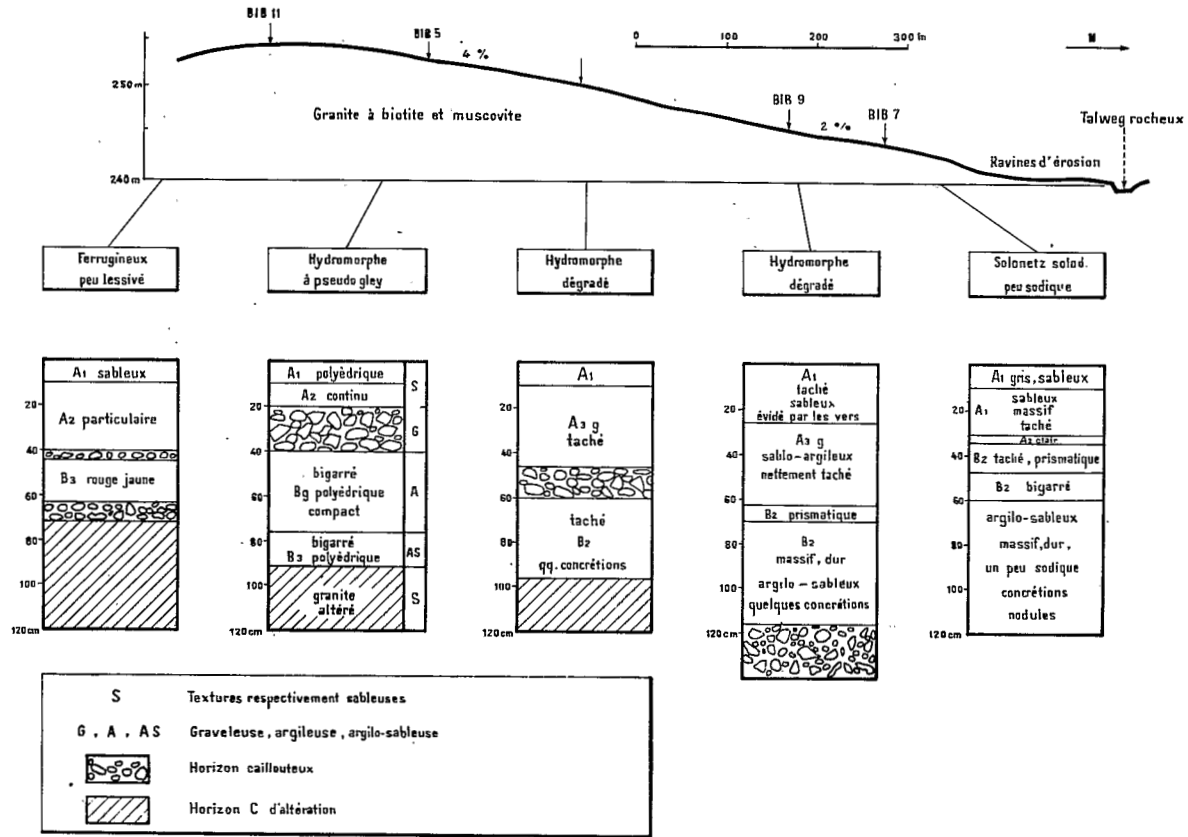


Figure 18 — Séquence de Bibémi (Tirée de D. Martin 1968)

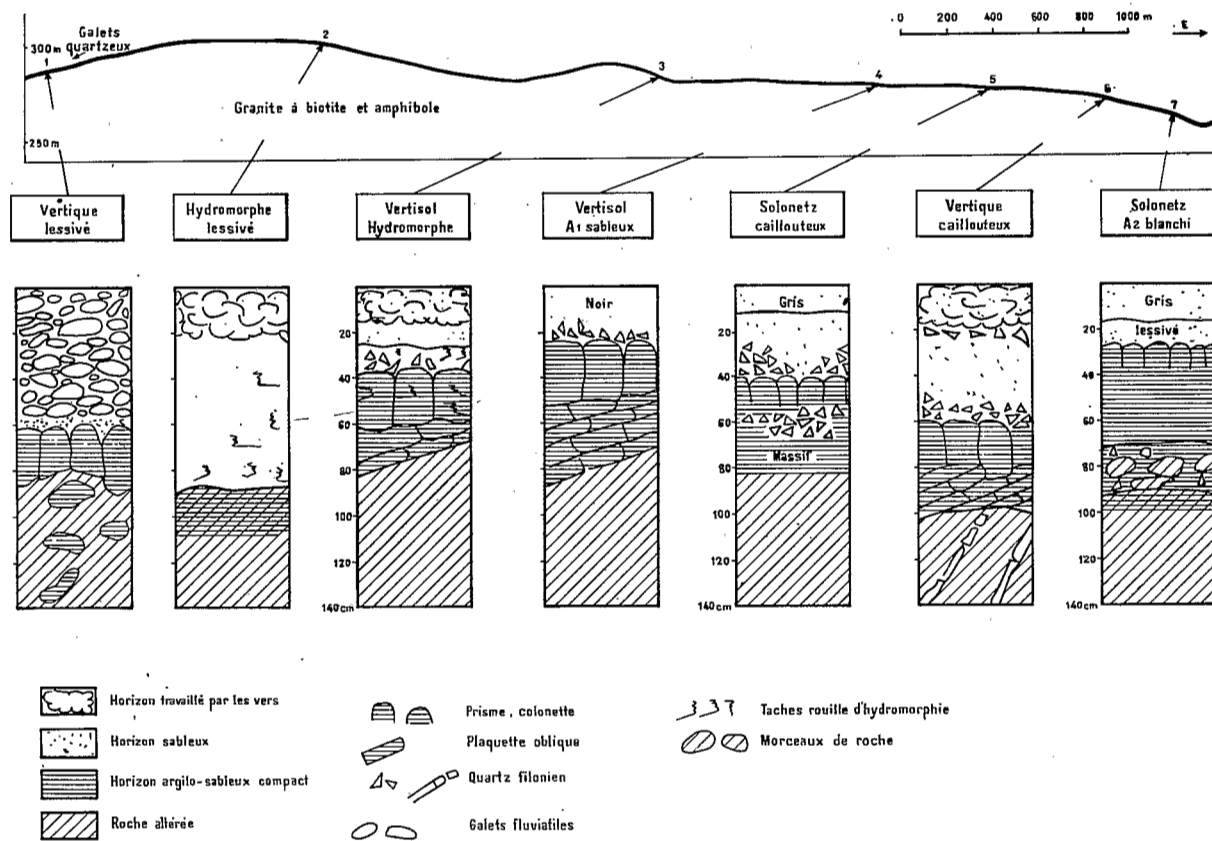


Figure 19 — Séquence de la route de Vaimba

QUATRIEME PARTIE

VALEUR AGRONOMIQUE

1. LES SOLS MINERAUX BRUTS

Les affleurements cartographiés au Nord-Cameroun en sol minéraux bruts, généralement sous le nom de rochers nus, portent souvent des cultures de mil alimentant des populations importantes. Celles-ci utilisent en fait soit des replats portant des sols plus évolués, soit les petits volumes de sol meuble existant entre les dalles ou les blocs rocheux ou même inscrits dans ceux-ci (fissures, cupules) donc, en définitive, tout ce qui n'est pas lithosol dans ces affleurements. L'étude détaillée de ce support agricole n'a pas été entreprise, mais ses caractéristiques essentielles paraissent être : faible rétention d'eau rendant la production très dépendante des conditions météorologiques. Complexe absorbant insuffisamment fourni en argile (5 à 15 %), mais parfois relativement bien pourvu en matière organique (1 à 4 % à rapport C/N de 13 environ). Capacité d'échange de 10 à 15 mé en surface presque saturée en cations échangeables par le calcium principalement, sans excès de sodium. Réserves en cations importantes (40 à 80 mé par exemple), mais en partie sous forme de feldspaths résistants. Sensibilité à l'érosion tempérée par les terrasses de cailloux édifiées par les utilisateurs et par la présence de boules qui transforment la forte pente moyenne en un ensemble désordonné de petits ressauts.

Sur la feuille Garoua, cette occupation des massifs est peu fréquente et limitée à la partie nord. Les problèmes posés par l'utilisation des affleurements où dominent les lithosols n'y sont donc pas prioritaires et la mise en culture de ces terrains difficiles suscite d'ailleurs plus d'admiration que d'intérêt.

2, LES SOLS PEU EVOLUES

L'intérêt agronomique des sols peu évolués est essentiellement fonction de leur épaisseur, de leur texture, de leur pente et de la proportion d'affleurements rocheux. Leurs réserves chimiques sont par contre généralement bonnes, sauf sur matériau uniquement quartzeux. S'ils sont peu épais, caillouteux et faiblement argileux, comme beaucoup de sols peu évolués d'érosion, leurs propriétés physiques et hydriques sont défavorables et leur capacité d'échange insuffisante. Certains horizons C épais participent toutefois au stockage de l'humidité, ce qui améliore les

propriétés hydriques des sols considérés. Lorsque l'argilisation est notable ou mieux encore lorsque leur matériau est lui-même argileux, ces sols présentent une capacité correcte pour l'eau et un complexe absorbant fourni. C'est le cas des sols alluviaux sablo-argileux ou argilo-sableux qui sont de plus épais, meubles, peu caillouteux et de modelé horizontal.

Les teneurs pondérales en matière organique obtenues sur la terre fine paraissent généralement correctes, mais il faut tenir compte de l'abondance des cailloux, de la minceur des horizons et de leur faible densité apparente (hors cailloux). Les sols d'apport alluvial argileux et épais sont alors plus avantageés que les sols d'érosion minces et caillouteux.

Le cailloutis de surface si gênant soit-il pour les pratiques culturales, réalise une protection intéressante contre l'érosion en nappe et l'impact des gouttes de pluie.

Les difficultés d'exploitation liées aux fortes pentes et aux affleurements rocheux sont évidentes. Sur pente, le rajeunissement des sols d'érosion se fait aux dépens des matières fines argileuse et organique. Les taches d'hydromorphie lorsqu'elles affectent l'horizon humifère (gainés et filets rouille) sont un indice défavorable.

L'abondance de carbonate (sols d'érosion de sols carbonatés vertiques ou halomorphes) est également défavorable par le déséquilibre cationique qu'il provoque. L'activité biologique y est d'ailleurs réduite.

Les sols d'érosion

Les sols d'érosion de la feuille Garoua présentent deux particularités fréquentes, de sombre pronostic pour l'utilisation :

— activité de l'érosion en nappe et ravines (battes au collet des végétaux ou surélevant les cailloux, plages de sables grossiers déliés, micro-falaises d'arrachement, rigoles d'écoulement des eaux, dénudation superficielle). Le refus à l'infiltration qui la déclenche est dû à la faible perméabilité de surface de ces sols, relativement à la violence des averses tropicales ou à la longueur des versants. Certaines pratiques culturales peuvent modifier cet état de surface par ameublissement et création d'un micro-relief, mais leur effet n'est durable que si le champ est horizontal et si la structure obtenue est stable (sinon une croûte imperméable se reforme par effet de battance). Structure lamellaire ou fondue, faible porosité, empreintes de bovins, faible activité biologique sont des signes d'instabilité. Sur pente au contraire, l'ameublissement de la couche superficielle risque de faciliter son érosion lors des averses d'intensité notable. Les terrassettes formées par rassemblement des cailloux libres limitent alors l'érosion, mais cette pratique n'a pas empêché la dégradation de la couverture pédologique des collines de la région Dembo-Dourbey (sols peu évolués d'érosion sur altération de type rouge tropical). On peut invoquer la suppression du cailloutis superficiel protecteur rassemblé en terrasses, mais surtout la sensibilité à l'érosion des sols rouges tropicaux antérieurs supposés : leur structure est fortement développée en saison sèche, mais la stabilité des agrégats à l'humectation est en réalité médiocre.

— abondance des affleurements rocheux et des cailloux libres en surface du sol. Le pavage de cailloux libres est parfois si serré qu'on pense avoir affaire à des sols squelettiques, alors qu'il existe en réalité un sol profond et argileux en dessous. La dissection actuelle et ancienne de cette région est en effet très intense, plus

particulièrement au nord, au centre et à l'est de cette feuille. Elle laisse un résidu caillouteux important principalement quartzitique. Lorsque cet horizon grossier joue enfin un rôle protecteur efficace la terre fine est enfouie, ou réduite à un mince horizon sableux remonté par les vers. Quant aux affleurements rocheux, ils diminuent la surface utilisable, interdisant les pratiques mécanisées et sont un indice de faible épaisseur du sol (sauf parfois sur pente).

Les sols d'apport

Les sols d'apport alluvial présentent au contraire de nombreuses caractéristiques intéressantes : - épaisseur notable - texture fine donnant une bonne capacité de rétention d'eau et de cations - teneur en matière organique correcte sur une épaisseur importante - pas de dureté ou compacité excessives - peu ou pas de cailloux - bon drainage interne limitant l'érosion en nappe - réserves minérales suffisantes dans les argiles et les feldspaths du matériau.

Leurs défauts peuvent être : - variations texturales brusques et stratifiées de l'alluvionnement (gêne pour les racines et l'infiltration) - hydromorphie de surface et la mauvaise aération qui en résulte - engorgement par la nappe profonde. Cet inconvénient n'est pas fréquent, les mayos actuels s'enfonçant dans leurs alluvions, sauf dans le cours moyen et aval de la Bénoué (association avec des sols hydromorphes) - assèchement trop rapide des sols sableux rendant leur production très dépendante des conditions météorologiques - Faible stabilité de la structure à l'humectation.

Les sols d'apport colluvial ont des propriétés variables, fonction de leur texture et épaisseur.

Les sols à tendance verticale

Ces sols sont peu épais, caillouteux, souvent carbonatés et associés à des affleurements rocheux, mais leur argilisation leur confère une meilleure rétention d'eau et une meilleure capacité d'échange que les sols d'érosion régosoliques. Leur horizon argileux n'étant pas continu, ils ne peuvent fournir que des petites parcelles et leur mise en culture est difficile à planifier et à organiser.

Sols à contact planique profond

Leur texture grossière sur une grande épaisseur, la massivité de l'horizon argilisé profond et la brutalité du contact rendent leur mise en valeur difficile. L'enracinement naturel y est cependant relativement abondant.

Sols bruns eutrophes

Ces sols présentent des propriétés physiques, hydriques, organiques, biologiques et chimiques intéressantes pour beaucoup de cultures. Malheureusement, leurs affleurements sont peu importants, souvent en pente et associés à des sols peu épais et rocheux. Lorsqu'ils sont eux-mêmes peu épais et caillouteux, leurs propriétés physiques et hydriques deviennent médiocres.

3. LES VERTISOLS

Les vertisols présentent des propriétés chimiques intéressantes et des propriétés physiques convenant à certaines cultures :

Propriétés physiques - défavorables : compacité (faible porosité) et médiocre perméabilité - Terres difficiles à travailler en saison sèche comme en saison humide - Humectation lente et mauvaise tenue à l'état humide - Structure trop grossière et de cohésion trop forte - Retrait important à la dessiccation (dilatation des radicelles) - Faible épaisseur sur socle. Horizon grumosolique insuffisant ou absent - Sensibilité à l'érosion en ravines.

Favorables : Teneur en argile élevée et sans variation brusque - Fissuration de saison sèche permettant la pénétration et le stockage des premières pluies - Absence d'horizon caillouteux (sauf au sud-est).

Propriétés hydriques - défavorables : Hydromorphie ou submersion pour les sols sans drainage externe - Pénétration lente de l'humidité dans les agrégats.

Favorables : Capacité de stockage d'eau souvent supérieure à l'apport pluvial - Self mulching par l'horizon grumosolique - Horizontalité de la surface permettant d'améliorer économiquement le stockage d'eau.

Propriétés organiques et biologiques - défavorables : Faible activité de la faune - Matière organique peu abondante et difficilement utilisable.

Favorables : Matière organique profondément répartie.

Propriétés chimiques - défavorables : Excès de carbonates (et de sols solubles ?) en profondeur et souvent jusqu'en surface (sols érodés) - Peu de potassium échangeable (0,1 à 0,5 mé) de phosphore total (0,1 à 0,4 ‰) et d'azote (0,2 à 0,8 ‰). pH élevé - Localement excès de sodium en profondeur.

Favorables : Capacité d'échange élevée - Forte teneur en cations échangeables - Fortes réserves en cations.

Conclusion : En assurant un contrôle de l'eau et de l'érosion ces sols, actuellement moins utilisés que les sols plus sableux, peuvent porter des cultures intéressantes sous surveillance agronomique et après étude détaillée de leurs caractéristiques physico-chimiques (pH, sels, carbonates, azote, phosphore, potassium).

4. LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

Les propriétés de ces sols conditionnant leur fertilité naturelle, varient beaucoup avec l'épaisseur et la texture de l'horizon lessivé, la massivité de la structure de l'horizon superficiel, l'épaisseur de l'horizon B, la présence, la position et l'épaisseur d'un horizon caillouteux, la saturation de leur complexe absorbant, le drainage interne. Leur fertilité est donc différente pour chacune des séries distinguées ici :

Sols peu lessivés à complexe presque saturé - caractères défavorables : Faible épaisseur - Abondance des cailloux et des affleurements rocheux - Faible teneur en argile - Faible capacité d'échange - Faible rétention d'eau - Parfois dureté et massivité en B - Faible teneur en matière organique.

Favorables : Absence de discontinuité texturale - Réserves minérales importantes (sauf sur grès, M. VALLERIE 1967) - Saturation du complexe absorbant - Légèreté, perméabilité.

Sols lessivés à horizon B rouge - caractères défavorables : Imperméabilité de surface - Sensibilité à l'érosion - Faible capacité d'échange - Faibles réserves minérales - Peu de matière organique - Très forte activité des termites du sol.

Favorables : Horizon B épais, friable, argileux, structuré, non induré - Perméabilité en B - Forte capacité de rétention d'eau - Aération presque toujours suffisante.

Sols lessivés à horizon bariolé - caractères intermédiaires entre ceux des sols à horizon B rouge et ceux à horizon induré

Sols lessivés faiblement concrétionnés - caractères défavorables : Erosion en nappe - Texture sableuse - Imperméabilité et massivité en A - Dureté de l'horizon B - Forte activité de la faune.

Favorables : Forte porosité.

Sols à horizon A2 hypertrophié - caractères défavorables : Texture trop grossière - Peu de matière organique - Capacité d'échange faible - Faibles réserves minérales.

Sols indurés - caractères défavorables : Texture sableuse - Structure massive et imperméabilité des horizons supérieurs - Faible développement de l'horizon B textural - Faible rétention d'eau - Faibles réserves minérales - Peu de matière organique et de phosphore - Cimentation à faible profondeur - Mauvais drainage interne.

Sols intergrades - caractères défavorables : Compacité et massivité en B - Sensibilité à l'érosion.

Favorables : Texture plus argileuse et faible différenciation texturale - Capacité d'échange plus élevée et presque saturée - Bonne rétention d'eau - Réserves minérales importantes.

5. LES SOLS ROUGES TROPICAUX

Les sols rouges tropicaux présentent des propriétés physiques hydriques et chimiques intéressantes, mais leur sensibilité à l'érosion, l'abondance des cailloux, leurs pentes notables et leur faible épaisseur peuvent conduire à une dégradation rapide.

Propriétés physiques - défavorables : Faible épaisseur de l'horizon B - Abondance des cailloux en surface et dans l'horizon A - Médiocre stabilité des agrégats humides, malgré la forte structuration - Sensibilité à l'érosion - Fréquence des pentes - Nombreux affleurements rocheux.

Favorables : Teneur en argile élevée en B - Forte structuration fine - Bonne aération - Ralentissement de l'érosion en nappe par le cailloutis superficiel - Altération épaisse et friable, accessible aux racines et participant au stockage de l'eau - Forte activité des vers.

Propriétés hydriques - favorables : Stock d'eau correct en B et C - Dessiccation limitée en saison sèche (Rupture de capillarité due à la forte structuration et au lissage des faces d'unités structurales ?).

Défavorables : Faible épaisseur de l'horizon B humide - Sécheresse de l'horizon A caillouteux.

Propriétés chimiques - défavorables : Peu de phosphore total (0,2 à 0,6 %), de potassium échangeable (0,2 mé) et d'azote (0,1 à 0,9 %) - Rapport C/N un peu élevé (13 à 19).

Favorables : Capacité d'échange élevée en B et BC, saturée en cations - Réserves minérales importantes sous forme de minéraux et d'argile - Teneur correcte en matière organique pondérale (mais faible densité apparente hors cailloux) - Réponse nette aux engrais (A. FRITZ et M. VALLERIE 1971).

6. LES SOLS HYDROMORPHES

L'intérêt agronomique des sols hydromorphes dépend de la durée de submersion ou d'engorgement et des possibilités de la contrôler, de l'épaisseur de l'horizon lessivé ou de la profondeur de l'horizon de gley, de la texture et des réserves minérales des matériaux d'apport. Il varie donc fortement d'un point à l'autre de chaque affleurement selon les critères suivants :

Caractères physiques - défavorables : Durcissement de l'horizon lessivé sec - Porosité faible ou trop grossière en B - Retrait important à la dessiccation - Texture trop lourde en surface - Structuration faible ou trop grossière - Grande hétérogénéité du matériel alluvial avec variations granulométriques stratifiées.

Favorables : Faible valeur des pentes - Absence de rochers et cailloux.

Caractères hydriques - défavorables : Dessiccation rapide et intense des horizons lessivés poreux - Forte amplitude de variation de la nappe - Nappe trop proche de la surface.

Favorables : Possibilités d'irrigation - Nappe à moyenne profondeur - Humidité des horizons de gley.

Caractères chimiques - défavorables : Faible capacité d'échange des horizons sableux lessivés - Peu de potassium échangeable - Parfois excès de sodium ou de carbonates en profondeur - Dominance du magnésium.

Favorables : Forte capacité d'échange en B - Réserves minérales notables sur matériaux feldspathiques.

Conclusion : La mise en valeur de ces sols nécessite des études détaillées à grande échelle pour déterminer l'hétérogénéité du matériel alluvial et des sols qui en dérivent, des relevés topographiques précis et des observations à différentes saisons pour préciser les modalités de l'engorgement et les possibilités de contrôler le plan d'eau.

7. LES SOLS SODIQUES

Les sols sodiques présentent des propriétés physiques, hydriques et biologiques défavorables aux cultures. Leurs propriétés chimiques sont correctes lorsque l'horizon sodique à pH élevé n'est pas trop proche de la surface.

Propriétés physiques - défavorables : Compacité (faible porosité) et imperméabilité des horizons B s'opposant aux échanges d'air ainsi qu'à la pénétration de l'eau, des racines et des animaux - Structure massive de cohésion très forte - Température

superficielle élevée - Sensibilité à l'érosion éolienne, en nappe et en ravines - Humectation difficile et mauvaise stabilité à l'état humide (battance, fluidification, empreintes de bovins) - Texture trop sableuse en A - Variation brutale de texture (contact planique) - Fragilité de la structure vésiculaire lorsqu'elle affecte l'horizon supérieur dans son ensemble.

Favorables : Teneur en argile correcte en B - Cailloux rarement concentrés.

Propriétés hydriques - défavorables : Ruissellement et évaporation intenses limitant l'infiltration (Refus important à l'infiltration) - Dessèchement rapide jusqu'au contact planique - Humidité des horizons massifs ou colonnaires difficilement accessible et extractible.

Favorables : Rupture de capillarité au contact planique.

Propriétés organiques et biologiques - défavorables : Faible activité de la flore et de la faune qui se rassemblent en quelques points - Médiocre apport organique - Compétition alimentaire des termites.

Propriétés chimiques - défavorables : Peu de potassium échangeable (0,04 à 0,2 mé) peu de phosphore total (0,05 à 0,2 ‰) et d'azote (0,3 à 0,5 ‰) - pH et teneur en sodium élevés en profondeur - Capacité d'échange faible dans les horizons sableux.

Favorables : Réserves en cations importantes - Capacité d'échange élevée en B.

Conclusion : Ces sols ne sont pas utilisables sans amélioration de leurs propriétés physiques et hydriques. Le coût des pratiques nécessaires doit les faire réserver à des cultures de haut rendement et organisées. Ces pratiques doivent stopper l'érosion et non la favoriser.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT G. 1964.- La classification des sols utilisée par les pédologues français en zone tropicale ou aride. Sols afr., vol. IX, n° 1, pp. 97-105.
- AUBREVILLE A. 1950.- Flore forestière soudano-guinéenne A.O.F. Cameroun A.E.F. Soc. Ed. géogr. mar. colon. Paris 523 p.
- BACHELIER G. 1957.- Etude pédologique des villages pilotes de la Bénoué. IRCAM 26 p.
- BRABANT P. 1967.- Contribution à l'étude des sols à horizons blanchis dans la région de Garoua. Rapport de stage. ronéo. Centre ORSTOM de Yaoundé 85 p.
- BRABANT P. 1970.- Sols ferrugineux tropicaux et sols apparentés du Nord-Cameroun. Aspects de leur pédogénèse. ORSTOM-YAOUNDE multigr. 41 p.
- BRABANT P. 1971.- Sites d'hydromorphie dans des paysages de régions à longue saison sèche d'Afrique Centrale. ORSTOM-YAOUNDE. 17 p.
- BRABANT P. et HUMBEL FX. 1971.- Notice explicative de la carte pédologique de reconnaissance de POLI à 1/200.000 ORSTOM-YAOUNDE.
- BRINKMAN R. 1969.- Ferrolysis, a hydromorphic soil forming process Géoderma V 3 n° 3 Fur 70 pp. 199-205.
- COMBEAU A. 1955.- Les sols du reboisement de Garoua. ORSTOM-YAOUNDE. 8 p.
- C.P.C.S. 1967.- Classification des sols.
- FRITZ A. et VALLERIE M. 1971.- Contribution à l'étude des déficiences minérales sous culture cotonnière au Nord-Cameroun.
- GAVAUD M. 1971.- Les sols hardé du Nord-Cameroun. Mise au point bibliographique ORSTOM-YAOUNDE.
- I G N 1/ Feuille topographique de Garoua 1/200.000
2/ Mission photographique aérienne 1953-54 A.E.F. 119.
- HERVIEU J. 1967.- Sur l'existence de deux cycles climato-sédimentaires dans les Monts mandara et leurs abords (Nord-Cameroun). Conséquences morphologiques et pédologiques. C.R.A.C.Sc. t. 264 série D, pp. 2624-2627.

- HERVIEU J. 1969.- Le quaternaire du Nord-Cameroun. Schéma d'évolution géomorphologique et relations avec la pédogénèse. Cah. ORSTOM sér. Pédol. Vol. VIII, n° 3.
- HUMBEL F.X. 1965.- Etude de sols halomorphes du Nord-Cameroun (Maroua).
- HUMBEL F.X. 1968.- Contribution à l'étude des sols à horizon grossier du Nord-Cameroun. ORSTOM-YAOUNDE. 55 p.
- HUMBEL F.X. 1970.- Etude de la densité apparente mesurée in situ dans quelques sols du Cameroun. ORSTOM-YAOUNDE. 49 p.
- KOCH P. 1959.- Notice explicative sur la feuille Garoua-Ouest. 48 p., 1 carte à 1/500.000.
- MAIGNIEN R. 1968.- Les sols ferrugineux tropicaux. Unités pédogénétiques. ORSTOM-YAOUNDE. multigr. 34 p.
- LETOUZEY (R.) 1958.- Phytogéographie Camerounaise in Atlas du Cameroun. IRCAM Yaoundé.
- MARTIN D. 1960.- Problèmes d'utilisation des sols au Nord-Cameroun Ronéo IRCAM. n° 117, 30 p.
- MARTIN D. 1962.- Etude pédologique de Casier de Sanguéré. ORSTOM-YAOUNDE, 15 p.
- MARTIN D. 1962.- Reconnaissance pédologique dans le département de la Bénoué. ORSTOM-YAOUNDE. 46 p.
- MARTIN D., SIEFFERMANN G., VALLERIE M. 1966.- Les sols rouges du Nord-Cameroun. Cah. ORSTOM, série Pédol., Vol. IV, n° 3.
- MARTIN D. 1966.- Quelques remarques sur la géomorphologie et la répartition des sols entre Adamaoua et Mandara. ORSTOM, ronéo. 7 p.
- MARTIN D. 1968-1969.- Les sols hydrômorphes à pseudo-gley lithomorphes du Nord-Cameroun. Centre ORSTOM de Yaoundé et Cah. ORSTOM sér. Pédol., Vol. VII, n° 2 et n° 3.
- NALOVIC Lj. et HUMBEL F.X. 1970.- Contribution à l'étude de la localisation des différentes formes de fer au sein de quelques sols du Cameroun. ORSTOM-YAOUNDE, 40 p.
- PAQUET H. 1969.- Evolution géochimique des minéraux argileux dans les altérations et les sols des climats méditerranéens et tropicaux à saisons contrastées. Mém. Serv. Carte Géol. Als. Lorr.
- PIAS J., BACHELIER G. 1952.- Prospection pédologique du synclinal de Peské-Bori.
- ROCH E. 1952.- Les reliefs résiduels ou inselbergs du bassin de la Bénoué (Nord-Cameroun) C.R. Acad. Sci. 234, pp. 117-119
- SCHWOERER P. 1955.- Notice explicative sur la feuille Garoua-Est. 45 p., 1 carte à 1/500.000.

- SECTION DE PEDOLOGIE 1951.- Prospections pédologiques dans la région de Garoua. ORSTOM-YAOUNDE, 12 p.
- SEGALEN P. 1967.- Les sols et la Géomorphologie du Cameroun. Cah. ORSTOM. Sér. Pédol., Vol. V, n° 2.
- SEGALEN P. 1967.- Les facteurs de formation des sols ferrugineux tropicaux. Communication présentée à la réunion des pédologues de l'ORSTOM. 6-7 multigr. 13 p.
- SERVICE METEOROLOGIQUE 1955.- Extraits des Annales climatologiques.
- SIEFFERMANN G. 1964.- Carte pédologique du Nord-Cameroun à 1/50.000.
1/ feuille Boula Ibi.
2/ feuille Pitoa. ORSTOM-YAOUNDE.
- SUCHEL J.B. 1971.- La répartition des pluies et les régimes pluviométriques au Cameroun. Centre de Recherches Africanistes. Université Fédérale du Cameroun, 286 p.
- VALLERIE M. 1964.- Carte pédologique du Nord-Cameroun à 1/50.000. Feuille Bidzar et Guider. ORSTOM-YAOUNDE, 69 p.
- VALLERIE M. 1967.- Etude pédologique du piedmont Sud du Peské-Bori à 1/20.000. Centre ORSTOM de Yaoundé, 44 p.

RAMBAULT GUIOT 18, rue de Calais - Paris 9e
Dépôt légal n° 770 - 1er trimestre 1974 - Imprimé en France

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

ISBN 2-7099-0328-8

O.R.S.T.O.M. Éditeur

Dépôt légal : 1^{er} trim. 1974

CARTE PÉDOLOGIQUE DU CAMEROUN

GAROUA

dressée par F.X. HUMBEL et J. BARBERY

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER
CENTRE DE YAOUNDE

LEGENDE

SOLS MINÉRAUX BRUTS D'ORIGINE NON CLIMATIQUE D'ÉROSION LITHIQUES

- 1 Sur roches diverses (grès, granite, syénite, trachyte)
- RECOSOLIQUES
- 2 Sur alluvions

SOLS PEU ÉVOLUES D'ORIGINE NON CLIMATIQUE D'ÉROSION

- 3 Sur gneiss, granite, schiste, grès, carapace
- 4 Sur altération fersiallitique
- FACIES HYDROMORPHE
- 5 Sur roches diverses
- FACIES VERTIQUE
- 6 Sur roches feldspathiques

D'APPORT ALLUVIAL MODAUX

- 7 Sur alluvions fines

D'APPORT COLLUVIAL MODAUX

- 8 Sur colluvions diverses

VERTISOLS A DRAINAGE EXTERNE NUL A STRUCTURE ANGLEUSE MODAUX

- 9 Sur alluvions, (g) faciès faiblement grumosolique
- HYDRO-HALOMORPHES
- 10 Sur alluvions, (d) faciès dégradé blanchi

A DRAINAGE EXTERNE POSSIBLE A STRUCTURE ANGLEUSE MODAUX

- 11 Sur roches feldspathiques
- HYDRO-HALOMORPHES
- 12 Sur roches feldspathiques
- VERTIQUES
- 13 Sur roches feldspathiques

SOLS A SESOUIOXIDES FERRUGINEUX TROPICAUX PEU LESSIVÉS A COMPLEXE PRESQUE SATURÉ

- 14 Sur granites

SOLS LESSIVÉS MODAUX

- FACIES ROUGE LOCALEMENT INDURE
- 15 Sur grès et colluvions
- FACIES FAIBLEMENT CONCRETIONNE
- 16 Sur granites et gneiss
- FACIES LOCALEMENT INDURE
- 17 Sur grès
- FACIES INTERGRADE FERSIALITIQUE
- 18 Sur dépôts de piedmont

FERSIALITIQUES ROUGES TROPICAUX

- 19 Sur roches diverses

SOLS HYDROMORPHES MINÉRAUX A GLEY PEU PROFOND

- 20 Sur alluvions

A PSEUDOGLEY

- 21 Sur alluvions

A AMPHIGLEY

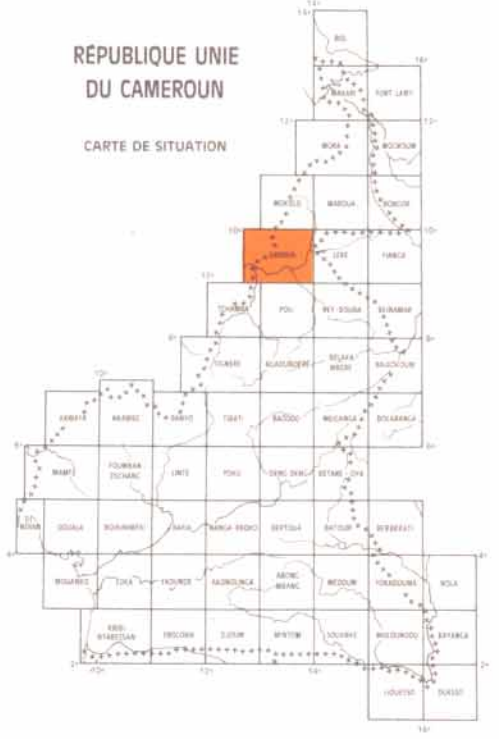
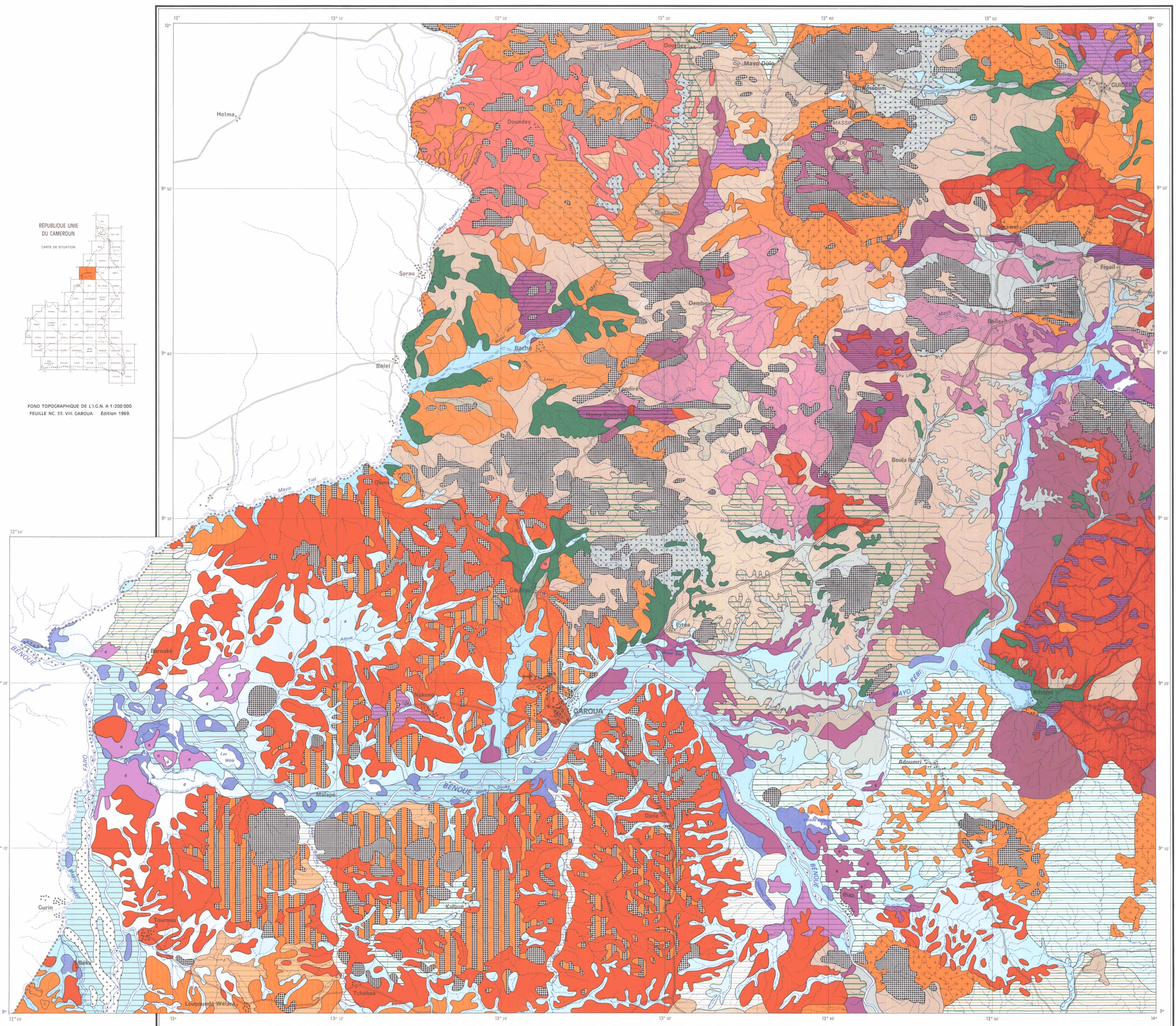
- 22 Sur roches et colluvions-alluvions, (d) faciès dégradé blanchi

SOLS SODIQUES A STRUCTURE DÉGRADÉE HORIZON (B) SOLONETZIQUE OU A HORIZON BLANCHI

- 23 Sur roches feldspathiques

JUXTAPOSITIONS

- COMPLEXE D'ÉROSION DE SOLS ARGILEUSES DIVERS
- SOLS PEU ÉVOLUES HYDROMORPHES
- SOLS HYDROMORPHES PARFOIS VERTISOLIQUES
- SOLS PEU ÉVOLUES HYDROMORPHES
- VERTISOLS
- SOLS PEU ÉVOLUES
- SOLS SODIQUES
- SOLS FERRUGINEUX
- SOLS HYDROMORPHES
- SOLS LITHIQUES
- SOLS FERRUGINEUX
- SOLS HYDROMORPHES
- SOLS SODIQUES
- SOLS FERRUGINEUX
- SOLS SODIQUES
- SOLS PEU ÉVOLUES D'ÉROSION
- SOLS HYDROMORPHES



FOND TOPOGRAPHIQUE DE L'I.G.N. A 1/200 000
FEUILLE NC. 33. VIII. GAROUA Edition 1969.

