

LE QUATERNAIRE DU NORD-CAMEROUN SCHÉMA D'ÉVOLUTION GÉOMORPHOLOGIQUE ET RELATIONS AVEC LA PÉDOGENÈSE

J. HERVIEU *

RÉSUMÉ

Dans le haut bassin de la Bénoué et de ses affluents, l'étude des paléoformes et des sols entre le 8° et le 12° degré de latitude nord, montre une incursion périodique vers le sud, au moins jusqu'au plateau de l'Adamaoua, des influences climatiques semi-arides des régions sahariennes, au cours du Quaternaire.

Dès le Quaternaire ancien, des altérations profondes de type fersiallitique ou faiblement ferrallitique ont affecté le socle en place, mais certains glacis cuirassés apparaissent comme des formes de climat sec, formées sur le piémont des hauts reliefs, et non comme les témoins de pénéplanations multiples. Le cuirassement se serait développé sous un climat tropical humide, tel qu'on peut actuellement l'observer sous savane arborée au niveau du 6° parallèle.

Postérieurement, deux autres épisodes semi-arides principaux (Douroumien et Bossoumien) ont favorisé la formation de glacis d'accumulation et de glacis-terrasses qui apparaissent aujourd'hui comme des formes résiduelles en cours de dissection climatique.

L'altération fersiallitique a présenté une recrudescence marquée à la fin de l'époque douroumienne : lors d'une phase plus humide, sur les arènes et les alluvions anciennes, se sont développés des sols rouges caractéristiques (Peskéborien).

Les périodes d'érosion ont probablement correspondu à un climat tropical sec à subhumide peu différent de l'actuel.

Dans le paysage actuel de nombreux sols ferrugineux tropicaux et hydromorphes se sont formés sur des altérations anciennes ou des matériaux remaniés dont l'existence est liée à l'histoire morphogénétique du paysage et aux ruptures d'équilibre du milieu au cours du Quaternaire.

Un essai de corrélation avec les formations et les oscillations paléoclimatiques des régions tchadiennes est proposé.

* Mission ORSTOM B.P. 415 - Rabat.

ABSTRACT

In the upper Basin of the Benoue and of its tributaries, the study of paleolandforms and soils, between latitudes 8° and 12° North, shows a southward periodic penetration, at least to the Amadoua plateau, of climatic semi-arid influences of Saharian regions, during Pleistocene.

Since lower Pleistocene, deep fersiallitic or weakly ferralitic weatherings have corroded the basement « in situ », but some hardened pediments seem to be like landforms of dry climate, shaped upon the piedmont of high reliefs, and not as remainders of several penepplanations. The incrustation would have developed during a wet tropical climate, such as it can presently be observed under arboreous savannah towards latitude 6° North.

Ulteriorly, two other chief semi-arid periods (Douroumian and Boussoumian) have favoured the shaping of drift glacis and terrace glacis which seem to be, at the present time, like residual landforms in process of climatic dissection.

At the end of the Douroumian period, fersiallitic weathering was strongly recrudescient : during a wetter phase (Peskeborian), typical red soils have been formed on grits and old alluviums.

Erosion stages have probably occurred during dry tropical or subwet climate, not much different from the present one.

In the present landscape, many ferruginous tropical and hydromorphic soils have been formed on old products of weatherings or on reworked materials resulting from geomorphic stages of the landscape or from equilibrium breaks of the environment during Pleistocene.

An attempt of correlation with formations and paleoclimatic oscillations of Tchadian regions is proposed.

INTRODUCTION

Plusieurs prospections faites en 1967 dans les Monts Mandara et leurs abords, ont permis de dresser une première esquisse des variations paléoclimatiques quaternaires dans cette région et d'envisager leurs conséquences morphologiques et pédogénétiques (HERVIEU, 1967).

Les recherches sur ce sujet ont été étendues à l'ensemble du Nord-Cameroun, depuis le front septentrional du Plateau de l'Adamaoua, jusqu'à la bordure de la cuvette tchadienne, c'est-à-dire entre le 8° et le 12° degré de latitude Nord. C'est la synthèse de ces observations que nous présentons ici.

Ces recherches ont pu progresser assez rapidement grâce aux travaux de cartographie pédologiques à 1/100 000 au Nord de la Benoué exécutés par D. MARTIN, P. SEGALÉN, G. SIEFFERMANN et M. VALLERIE (1962-64). De plus, nous avons utilisé les observations géomorphologiques et pédologiques de D. MARTIN (1962-1966-1968), de P. SEGALÉN (1967) et largement bénéficié des travaux en cours de cartographie à 1/200 000 dans le Bassin de la Benoué (1967-1969), en particulier ceux de F.X. HUMBEL et J. BARBERY dans la région de Poli, ceux de P. BRABANT dans la vallée de la Benoué et la région de Tcholliré, ainsi que des discussions sur le terrain avec nos collègues et R. MAIGNIEN. Les déterminations de minéraux argileux sont dues à G. FUSIL et M. PINTA (Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM).

1. APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET STRUCTURAL

Les régions étudiées correspondent au haut bassin de la Benoué et de ses affluents : Faro et Mayo Kebi-Louti. L'altitude moyenne varie entre 300 et 350 m pour s'abaisser dans l'axe de la vallée à 183 m à Garoua.

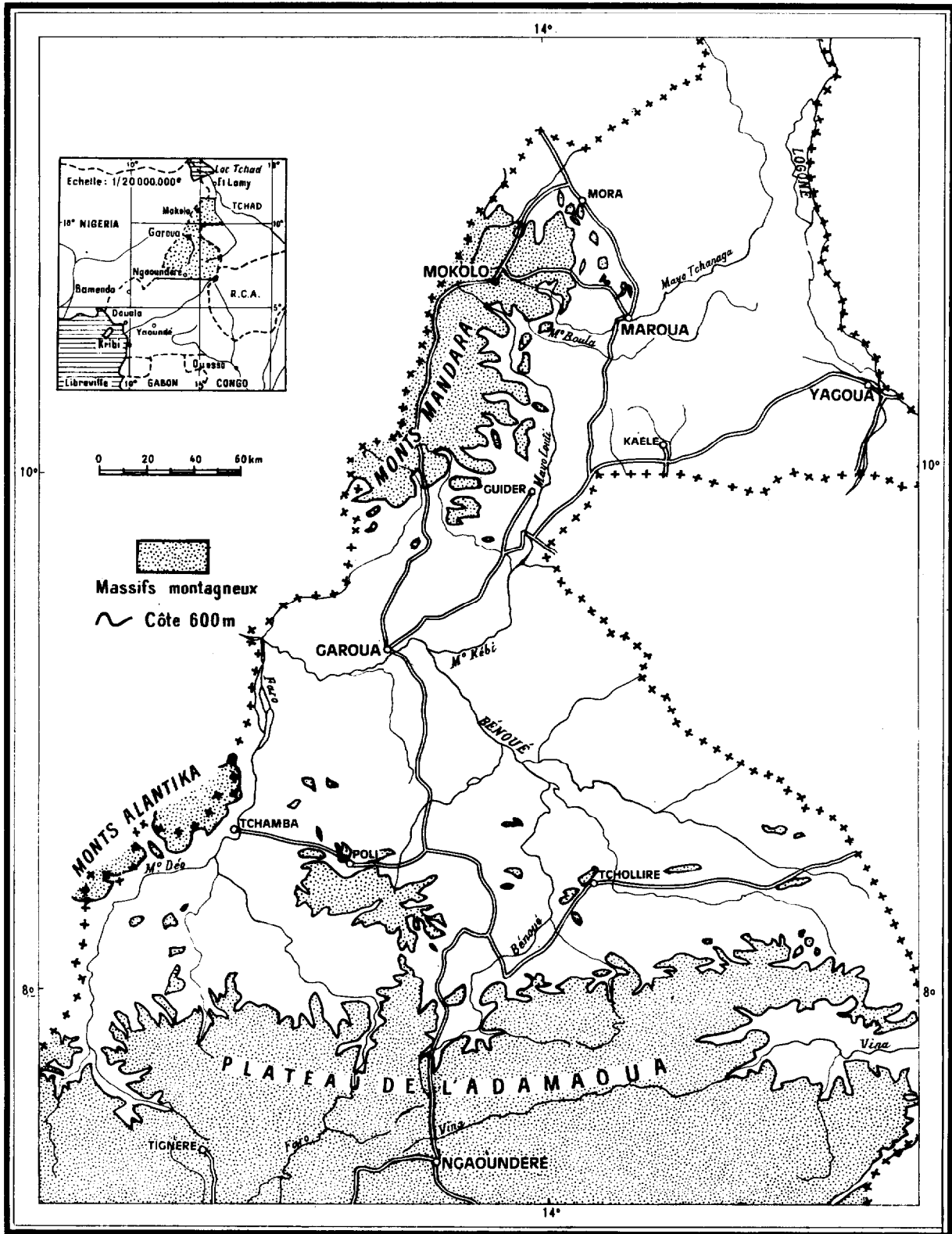


FIG. 1. — Situation des régions étudiées.

Le bassin sédimentaire gréseux (crétacé moyen et supérieur) occupe l'axe central E-W, avec quelques buttes témoins tabulaires (Tinguelin). Le socle comprend d'importants massifs montagneux et de nombreux Inselberge appelés Hossérés (mot qui signifie montagne en foulbé), constitués surtout par des roches éruptives et intrusives anciennes à dominance granitique et à un degré moindre par des roches intrusives ou effusives récentes.

Au Nord de la Benoué, les Monts Mandara ont certains sommets qui dépassent 1 400 m. Au Sud de la Benoué, le Massif de Poli atteint 2 049 m (Hosséré Vokré), et les Monts Alantika, sur la frontière occidentale, ont une altitude maximale de 1 885 m.

Le climat actuel est du type tropical soudanien à soudano-sahélien, avec 800 à 1 100 mm de pluies en 5 mois et une température moyenne de 25 à 28 °C.

Les variations d'humidité sont élevées (25 à 80 %) et la variabilité des pluies importante :

Garoua : max. 1 340 mm, minim. 537, moy. 986 (sur 37 ans)

Maroua : max. 1 370 mm, minim. 548, moy. 804 (sur 37 ans)

Les crues sont souvent violentes et deviennent assez fréquentes en juillet pour qu'un écoulement de base subsiste entre deux crues. Cet écoulement permanent se maintiendra jusqu'à fin octobre (PELLERAY 1958).

Les pluies sont presque toujours violentes, supérieures à la capacité d'infiltration immédiate des sols, et le ruissellement en nappe est généralisé sur les versants élémentaires peu enherbés.

La végétation est une savane arborée et boisée vers le Sud, plus herbeuse dans la vallée de la Benoué et ses abords, tandis que la steppe à épineux a une limite imprécise vers le Nord (LETOUZEY 1958). L'influence humaine de dénudation est énorme dans les Monts Mandara, très importante dans les Monts Alantika, plus réduite dans le massif de Poli.

2. LES RELIEFS CUIRASSÉS DU QUATERNAIRE ANCIEN

Répartition géographique

Au sud du 9^e parallèle subsistent dans le paysage un certain nombre de plateaux et buttes-témoins cuirassés dont l'altitude varie entre 730 et 350 m. Ces restes cuirassés sont situés sur le socle, en particulier au sud et au nord du Massif de Poli, et dans les zones de piémonts du nord de l'Adamaoua et de divers Hossérés. A l'est de Tcholliré (plaine de Koum), cette cuirasse est au contraire formée sur les terrains sédimentaires du crétacé moyen.

Quelques témoins restreints sur grès subsistent dans la vallée de la Benoué vers 250 m d'altitude. Au nord de la Benoué, on retrouve des buttes cuirassées vers 400 à 450 m aux approches de la frontière tchadienne, ainsi que des restes mal individualisés dans la pédiplaine de transition avec la cuvette tchadienne, entre Kaelé et Mindif.

Il s'agit de plus souvent de cuirasses ferrugineuses vacuolaires dont l'épaisseur peut varier de 0,60 m à 2 ou 3 m, formant escarpement au sommet de pentes concaves pavées de blocs démantelés.

Type d'altération

Bien qu'on ne dispose pas de sondages profonds dans ces reliefs témoins, l'altération sous-jacente se présente assez souvent sous forme d'arènes cristallines à structure rocheuse encore visible, plus ou moins argilisées, avec fréquemment présence, à côté de la kaolinite, de minéraux 2/1, en particulier d'illite. Dans certains cas on peut même observer des feldspaths incomplètement altérés et des argilisations gris clair ou verdâtre, à néosynthèses de minéraux 2/1 montmorillonitiques, telles qu'elles existent fréquemment sur socle cristallin au nord et au sud de la Bénoué, à la base des sols rouges fersiallitiques sur roches en place ou dans les sols complexes plus ou moins hydromorphes développés sur les altérites dégagées par l'enfoncement du réseau hydrographique. Il semble bien qu'on soit en présence d'une altération assez poussée, mais moins forte que dans les sols ferrallitiques, du type bisiallisation (PEDRO 1966), ou faiblement ferrallitique.

Cuirassement et surfaces cycliques

Selon SEGALIN (1967), la présence d'une cuirasse ferrugineuse vers 400 m d'altitude marquerait les restes d'une surface cyclique fin tertiaire (Africaine II).

MARTIN (1966) distingue une première surface très démantelée, peut-être ferrallitique, vers 600-700 m (Africaine I/début tertiaire) ; une deuxième surface vers 400-450 m (Africaine II/mi-tertiaire) à cuirassement assez généralisé ; enfin une surface récente (200-400 m) correspondant à la reprise d'érosion dans la surface précédente par la Bénoué et ses affluents (fin Tertiaire et Quaternaire).

Au Tchad, PIAS (1967-68) a distingué : une surface bauxitique résiduelle à Koro, sur la série paléotchadienne inférieure ; une première surface ferrallitique, dont les buttes témoins à sols rouges, très épais s'observent autour des pointements du socle jusqu'au 12 ° parallèle ; une surface cuirassée générale entre 420 et 500 m, dont la cuirasse, qui contient parfois des quantités non négligeables de gibbsite (10 %), repose sur un horizon bariolé analogue à celui observé en profondeur dans les sols ferrallitiques ; une deuxième surface ferrallitique se confond avec la surface actuelle dans le Sud du Tchad.

Si la notion de cycle d'érosion se justifie pour expliquer la succession des paysages, celle de surface d'aplanissement implique que chaque cycle ait atteint un terme ultime et son application, en fonction essentiellement de l'altitude, à des surfaces cuirassées, n'occupant que des zones très limitées dans le paysage actuel, n'apparaît pas toujours justifiée.

Reliefs cuirassés et paléoclimats

Rien dans le paysage du Nord-Cameroun ne permet d'affirmer que ces témoins cuirassés soient les restes de pénéplanations multiples en fonction des variations du niveau de base local. Bien plus, beaucoup de reliefs cuirassés apparaissent comme des formes de climat sec formées sur le piémont de relief montagneux. Ainsi les plateaux cuirassés de Koti, qui atteignent 730 m au sud-est du massif de Poli, sont les restes d'un ancien glacis typique à pente régulière de 3 à 5 %, qui vient s'appuyer aux reliefs montagneux et pénètre dans les indentations de la chaîne. Leur cuirassement massif et généralisé a sans doute été favorisé par la nature basique de la série précambrienne de Poli.

A l'Est, la surface cuirassée de Koum, entre 340 et 380 m, est discordante sur les grès et argilites crétacés, et se raccorde par des pentes concaves et régulières aux Hossérés voisins (Tcholliré, Koum).

Une même origine peut être attribuée à des surfaces cuirassées observées en contre-bas de l'Adamaoua.

L'altitude des ces anciens glacis, étant fonction du degré d'érosion des reliefs montagneux lors de leur formation en climat sec à semi-aride, ne peut donc être un critère suffisant de différenciation.

Il est probable que l'hydromorphie, génératrice du cuirassement, s'est développée sous un climat tropical humide, tel qu'on peut actuellement l'observer sous savane au niveau du 6^e parallèle. En effet, par rapport à ce qui est observé en Afrique de l'Ouest, les sols de la région, en dehors de ces surfaces cuirassées, présentent peu de cuirassement ferrugineux sous climat actuel (MAIGNIEN 1968).

Age des glacis et hautes terrasses cuirassés

En ce qui concerne l'ancienneté de ces cuirasses, l'absence au Cameroun de formations continentales terminales, telles qu'elles sont observées au Sud du Tchad, ne permettait pas de les dater approximativement. La découverte que nous avons faite récemment au Nord de l'Adamaoua, dans une terrasse ancienne du Mayo Déo (affluent de Faro) donne un premier jalon: des dépôts à gros galets, à + 30 m d'altitude relative, sont fossilisés par une cuirasse vacuolaire tout à fait analogue à celles des paysages environnants, sur socle en place ou sédimentaire du bassin de Kontcha, et contiennent une industrie à galets aménagés caractéristique (pebble culture) (HERVIEU, 1969).

Ceci permet de penser que ces dépôts et le grand creusement, qui a mis en relief ces glacis et hautes terrasses cuirassés, remontent au maximum au Quaternaire ancien (équivalent du Villafranchien ?).

Le sidérolithique, qui supporte ailleurs des sols rouges ferrallitiques, s'il a existé, a pu être déblayé avant cette période, puisqu'on le retrouve sous forme de sédiment argilo-sableux, dans le bassin de la Bénoué et en Nigeria. Ceci rejoint le point de vue de MAIGNIEN (1968) pour qui « au Nord-Cameroun, tout un héritage a disparu, ce qui explique le modelé accidenté sur éruptif et la discrétion relative du cuirassement (les sources de sesquioxydes étant limitées aux seuls processus actuels d'hydrolyse) ».

3. ÉROSION ET SÉDIMENTATION AU QUATENAIRE MOYEN

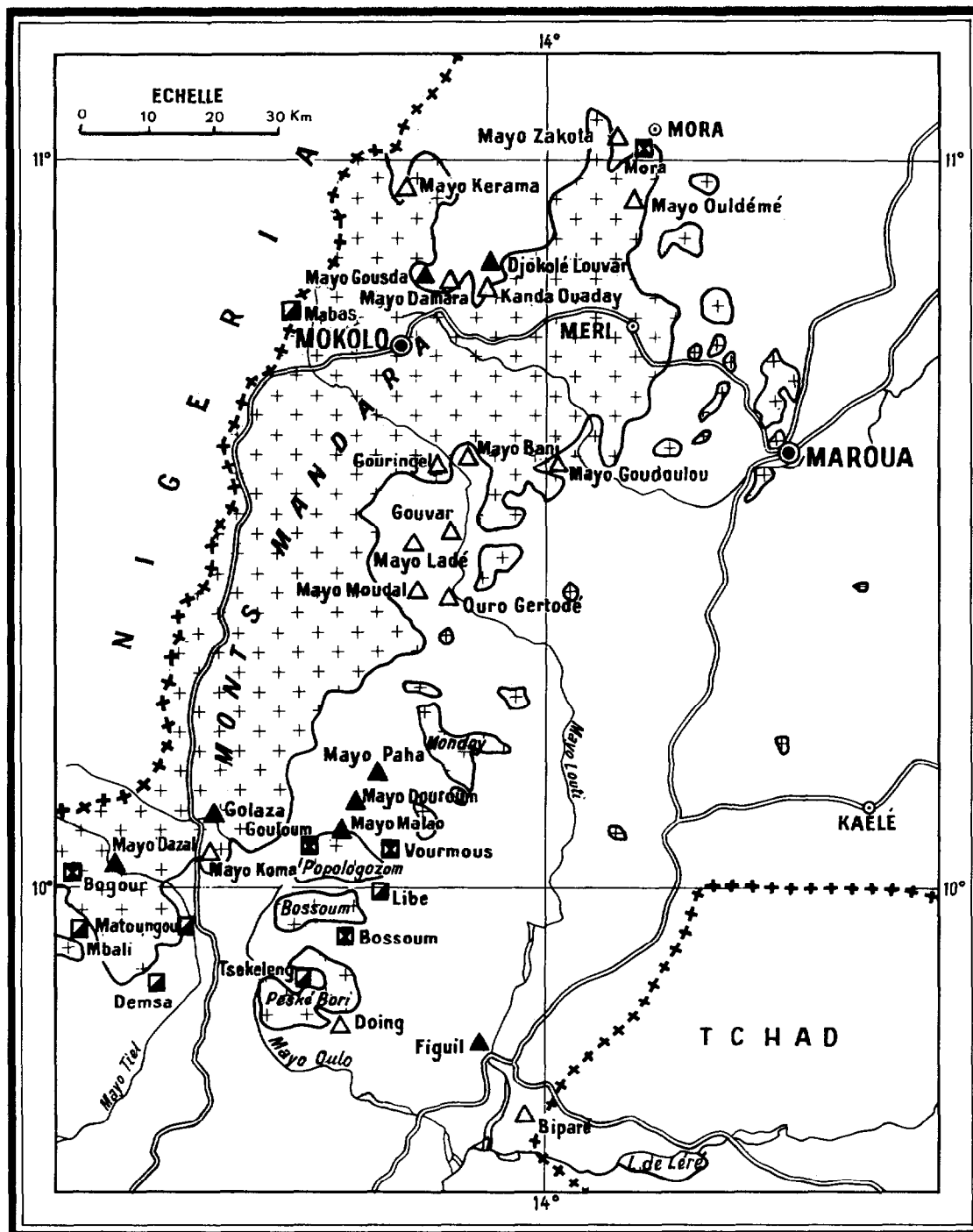
L'emploi du terme Quaternaire moyen n'a dans ce qui suit qu'une valeur chronologique relative, par rapport aux formations plus anciennes ou plus récentes, sans autre précision dans l'état actuel des recherches.

L'existence de « terrasses fluviales » quaternaires et de glacis d'épandage nettement rubéfiés dans le Nord-Cameroun a été signalée par les géologues et les pédologues et interprétée comme résultant des variations du niveau de base ou en liaison avec un affaissement éventuel du bassin de la Bénoué.

Nous avons montré (HERVIEU 1967) que des oscillations climatiques sont certainement à l'origine de ces formes d'accumulation. A cette période d'accumulation et aux dépôts correspondants, nous avons donné le nom de *Douroumien* du nom du Mayo Douroum le long duquel on observe un glacis-terrasse bien développé.

Extension des dépôts douroumiens

Dans les Monts Mandara, on peut observer ces formations en particulier dans le bassin de Douroum et sur le piémont du massif de Popologozom, dans le haut bassin du Mayo Tiel, dans les massifs du Peské-Bori et de Bossoum (bassin du Mayo Oulo), dans le haut bassin du Mayo Louti, dans la plaine de Koza-Guétalé au Nord de Mora, dans les basses vallées du Mayo Louti et du Mayo Kébi.



Légende

- ▲ Glacis-terrasse assez bien conservé
- ▣ Glacis de piedmont bien conservé
- △ Dépôts de vallées, érodés ou peu étendus
- ⊠ Glacis de piedmont résiduel très érodé
- ⊕ Massifs cristallins

FIG. 2. — Extension et répartition des dépôts quaternaires douroumiens dans le Nord-Cameroun

Dans le massif de Poli, on peut observer de très beaux glacis sur le flanc Nord, au pied des Hossérés Papé et Boulougoum, sur le flanc Sud dans la vallée du Mayo Bantadje, et dans le haut bassin du Mayo Alim (environs de Koti). A cet endroit, fait assez exceptionnel, le glacis douroumien est emboîté dans le glacis ancien cuirassé, avec une différence d'altitude de 30 à 40 m.

Sur le piémont oriental des Monts Alantika des glacis sont bien développés dans la partie méridionale de la chaîne, dans la région de Saptou (Mayo Falgou) et dans la vallée du Mayo Mali. Les dépôts douroumiens existent très probablement au Nigeria : près de la frontière, au pied de l'escarpement occidental des Mandara (3 à 400 m de dénivelée), on observe les restes d'un glacis dans la région de Mabas, à l'ouest de Mokolo. Il en est de même à l'ouest des Monts Alantika.

Des restes de glacis douroumiens subsistent également vers l'Est dans le haut bassin du Mayo Rey et sur les premiers contreforts du plateau de l'Adamaoua.

Avant ces dépôts, l'érosion prédouroumienne s'est faite probablement en climat tropical sec ou de type soudano-sahélien peu différent de l'actuel. A cette époque, l'encaissement du réseau hydrographique avait déjà atteint un stade voisin de l'actuel.

Le déblaiement a été maximum le long des grands axes hydrographiques, en particulier dans les vallées de la Bénoué, du Faro, du Mayo Kébi et du Mayo Oulo, sur le piémont oriental des Mandara, mettant déjà à l'affleurement sur des surfaces importantes le socle argilisé où sont associées Kaolinite, Illite et Montmorillonite.

Caractères de la sédimentation douroumienne

Les glacis douroumiens ont eu une extension beaucoup plus grande que celle observée actuellement. Ils apparaissent aujourd'hui comme des formes résiduelles en cours de dissection climatique, non seulement par les vallées principales venant des reliefs, mais également par la création d'un réseau de ravins fonctionnels sur les glacis eux-mêmes. De plus, la pente d'érosion récente de ces formations est supérieure à la pente originelle des dépôts, laquelle varie entre 3 et 10 % (pente moyenne 5 %)*.

L'épaisseur relative maximale du remblaiement oscille entre 25 et 40 m et cette épaisseur se conserve d'une manière relativement constante, aussi bien à proximité immédiate des hauts bassins-versants que dans les basses vallées.

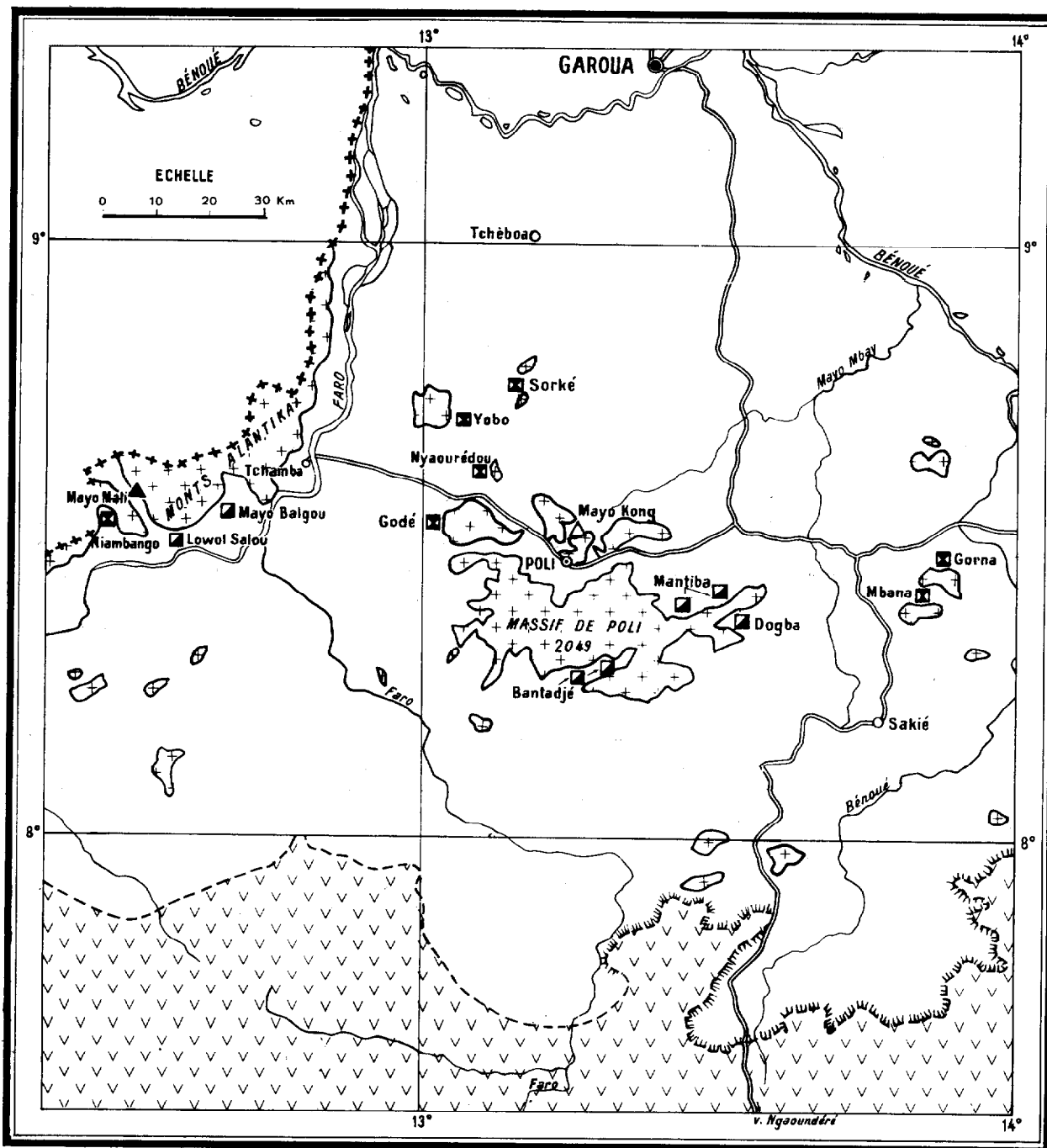
Dans les vallées, la surface des dépôts de remblaiement se raccorde par une courbe concave et régulière aux pentes latérales du thalweg : il y a donc eu à la fois apports longitudinaux et latéraux pour former des glacis-terrasses. Ces dépôts correspondent donc à un ennoyage généralisé du bas des versants et à une diminution de la capacité de transport des cours d'eau sur une grande partie de leur cours.

La présence de glacis de piémont autour de nombreux massifs résiduels indépendants, à des altitudes variées (650 à 350 m), confirme l'origine climatique de ces dépôts. Il s'agit de glacis d'accumulation pure ou d'ennoyage (terminologie TRICART 1961, BIROT et DRESCH 1966), ayant fossilisé un relief antérieur cristallin, plus ou moins argilisé mais non aplani.

Les glacis de piémont sont particulièrement bien conservés aux abords des massifs granitiques qui ont donné naissance à des reliefs ruiniformes et à des chaos de boules caractéristiques, par érosion des sols fersiallitiques et des arènes argilisées.

La nature des dépôts est étroitement liée au type pétrographique de la roche. En effet ils ne sont bien développés qu'au pied des reliefs de granites à gros grains, de type subporphyroïde, calco-alcalins, à phénocristaux de feldspaths et à biotite. Ces caractères, joints fréquemment à des déformations et à un

* Une erreur d'impression nous a fait écrire 5 à 10° dans notre article de 1967.



Légende

- ▲ ——— Glacis terrasse assez bien conservé
- △ ——— Dépôts de vallées érodés ou peu étendus
- ⊕ ——— Massifs cristallins
- ▣ ——— Glacis de piedmont bien conservé
- ⊗ ——— Glacis de piedmont résiduel très érodé
- ▽ ——— Hauts reliefs centraux
- ~~~~~ Escarpement septentrional de l'Adamaoua (dénivellée 500 à 1000 mètres)

FIG. 3. — Extension et répartition des dépôts quaternaires douroumiens dans le Nord-Cameroun (suite)

réseau très dense de diaclases, facilitent une arénisation spectaculaire, laquelle a pu se poursuivre d'une façon quasi continue en climat tropical sec ou semi-humide analogue au climat actuel. PEDRO (1959) a montré expérimentalement qu'un tel milieu favorise l'oxygénation répétée des matériaux et par suite l'arénisation, par dislocation de la biotite alors que les feldspaths restent peu altérés.

Les matériaux fournis aux glacis par l'arénisation sont des arènes quartzo-feldspathiques dont les éléments ont en moyenne 0,5 à 2 cm. La stratification est subhorizontale, très régulière, parallèle à la pente originelle générale du glacis. Dans les glacis-terrasses la stratification subhorizontale recoupe fréquemment la topographie actuelle. On y observe au sein des arènes des lits discontinus et d'épaisseur irrégulière de graviers et cailloutis (parfois de gros blocs dans les hauts bassins) de nature quartzique ou cristalline, à éléments peu ou pas altérés et subanguleux, très peu usés.

Les conditions climatiques de l'épisode douroumien et l'héritage des altérations anciennes

Ces matériaux reposent en discordance soit sur le socle granitique arénisé, soit sur des argiles sableuses gris clair (prédouroumien) parfois graveleuses. Leur nature sédimentologique et pétrographique montre que la mise en place s'est faite probablement en conditions très sèches (semi-arides) avec des crues violentes mais de courte durée, des averses brutales mais peu abondantes. La majeure partie des matériaux est constituée par des arènes quartzo-feldspathiques et des cailloutis peu altérés. Ce fait confirme qu'avant la phase d'aridité douroumienne, l'érosion des sols rouges fersiallitiques sur socle en place, ou faiblement ferrallitiques vers l'Adamoua, était déjà considérable, ce qui est confirmé par la répartition sporadique actuelle de ces sols sur le cristallin ou les roches volcaniques anciennes et la mise en relief des glacis cuirassés.

Localement, à la base des formations douroumiennes, des galets cristallins cariés ou pourris, des galets de roches basiques s'écaillant en pelure d'oignon, contrastant avec les formes anguleuses et le faible degré d'altération des dépôts eux-mêmes attestent, avec les argiles prédouroumiennes, de l'ancienneté d'une altération pédogénétique importante sur les reliefs.

Cette altération ne s'est d'ailleurs pas limitée au socle cristallin. Sur les grès du bassin sédimentaire, en particulier sur les grès fins feldspathiques qui sont fréquents, on peut observer, à la base des sols ferrugineux plus ou moins lessivés ou des sols hydromorphes, des matériaux argilisés analogues, à fraction grossière moins importante, avec des minéraux argileux 2/1, en particulier de la montmorillonite, celle-ci préexistant d'ailleurs dans certains cas dans la roche-mère.

4. LA PÉDOGENÈSE PESKÉBORIENNE

Les glacis douroumiens bien conservés supportent des sols rouges caractéristiques développés aux dépens des matériaux aréniques.

Considérant ces sols comme la conséquence d'un épisode paléoclimatique particulier, nous avons donné à celui-ci le nom de *Peskéborien* (du nom du glacis rubéfié étudié en premier lieu dans le massif du Peské-Bori, au nord des Mandara).

Morphologie et caractères du paléosol peskéborien

Le profil est du type ABC.

L'horizon A, de 20 à 25 cm au maximum, un peu humifère, est souvent brun jaunâtre à brun gris, un peu tassé, parfois finement lamellaire en surface. Cet horizon est riche en sables et graviers, appauvri en éléments fins par l'érosion en nappe et la culture.

L'horizon B est épais en moyenne de 1 m à 1,50 m, souvent très riche également en graviers quartzo-feldspathiques. La matrice est argileuse, rouge vif (Munsell : 2,5 YR-4/8 à 10 R-4/8), à structure polyédrique à sec, plus ou moins développée selon la richesse en graviers. L'entraînement d'argile ou les recouvrements sont rares ou peu apparents. Le changement de couleur de l'état sec à l'état humide (2,5 YR à 10 R) est fréquent.

On observe fréquemment, sur les grands glacis de piémont en particulier, un horizon B/C où l'argilisation et la rubéfaction sont plus irrégulières tandis que se développent des phénomènes d'hydromorphie dus essentiellement à la circulation oblique de nappes au-dessus du matériau originel argilisé : des taches rouille ou jaune ocre, des concrétions noires se développent. Un réseau vacuolaire peut apparaître et cet horizon durcit à l'air pour donner une carapace. Ce phénomène de grésification ferrugineuse se généralise dans les ravins d'érosion, où l'horizon B/C pris en masse forme couche résistante et permet la formation de reliefs ruiniformes ou en champignons, après ablation des horizons supérieurs et encaissement rapide des ravins dans les arènes sous-jacentes.

L'horizon C est toujours riche en graviers, qui sont reliés par une matrice argileuse gris clair, plastique et adhérente à l'état humide. Il contient parfois de gros nodules calcaires (à partie centrale creuse et fendillée) qui restent en surface des « bad-lands » après érosion des horizons supérieurs. Le passage à l'arène argilo-sablo-graveleuse peu altérée est variable en profondeur. Cette arène totalement argilisée peut reposer directement sur le socle granitique en place en voie d'altération. Dans d'autre cas le matériau originel arénique peu altéré repose sur des argiles sableuses gris clair prédouroumiennes.

La réaction des horizons rubéfiés est faiblement acide à neutre ; elle est neutre ou faiblement alcaline dans les horizons profonds argilisés.

Compte tenu de la richesse en éléments grossiers, la capacité d'échange est toujours assez élevée et le pourcentage de saturation également.

Minéraux argileux

Les minéraux argileux des horizons C sont constitués par la montmorillonite nettement dominante, associée le plus souvent à la kaolinite et l'illite. Le taux de montmorillonite décroît en remontant vers la surface du sol : elle peut être encore présente dans les horizons rubéfiés où la kaolinite, associée à l'illite, domine. Les horizons rubéfiés contiennent également un peu de goethite et des traces d'hématite.

Classification et corrélation

Ces sols ont, par leurs caractères et leur type d'altération, de nombreux points communs avec les sols rouges tropicaux décrits et étudiés dans le Nord-Cameroun (MARTIN et al 1966) sur roches métamorphiques ou volcaniques (roches vertes de Maroua, micaschistes et amphibolites, gneiss et embréchites à amphibole). Au sud et au nord de la Bénoué, de tels types d'altération sont fréquents, même s'ils ont subi une évolution différente par suite de remaniements ultérieurs en surface. En effet, ces sols rouges sont souvent enfouis sous des matériaux caillouteux lessivés et des pavages de quartzites.

Les sols rouges sur granites calco-alcalins à gros grains ont été très érodés, mais le type d'argilisation et la rubéfaction tels que nous les avons décrits, peuvent être encore observés en place au nord de Tchevi dans les monts Mandara, et le granite argilisé, mais non rubéfié, dans tout le bassin de la Bénoué.

Bien que les matériaux gréseux aient été également très remaniés, on y observe sporadiquement des sols rouges à structure et rubéfaction typiques (en particulier sur grès feldspathiques fins au nord de Touroua au confluent Bénoué-Faro).

Donc, aux différences texturales près, en fonction du matériau originel, tous ces sols rouges peuvent être classés comme fersiallitiques, malgré la mobilisation de produits ferrugineux dans l'horizon B/C, probablement postérieure au développement du sol rouge (cf. plus loin).

Malgré des conditions écologiques actuelles sensiblement analogues à celles des sols ferrugineux tropicaux (MAGNIEN 1964), ils sont beaucoup plus proches des sols rouges dits méditerranéens, qui en Europe sont souvent des paléosols ou des sols polycycliques, mais qui peuvent encore se former en climat de montagne exceptionnellement contrasté (LAMOUROUX 1967), une des conditions nécessaire à la rubéfaction étant avant tout une alternance d'humectation profonde suivie de dessiccation accentuée du sol (DUCHAUFOUR 1968).

Héritage pédogénétique et paléoclimats

En 1967, nous avons déjà insisté sur l'ancienneté d'une altération pédogénétique importante dans le Nord-Cameroun et sur le caractère paléoclimatique des sols rouges peskéboriens. L'altération fersiallitique a certainement débuté au moins au Quaternaire avec une recrudescence spectaculaire à la fin de l'époque douroumienne. Elle a laissé dans ces régions au Nord de l'Adamaoua un héritage considérable, les sols rouges ayant bénéficié pendant les phases à tendance aride d'une certaine inertie d'évolution, mais au contraire très attaqués par l'érosion en climat tropical à précipitations de saison chaude du type actuel.

Selon MAGNIEN (1968) ces sols rouges ne peuvent pas appartenir à la même série évolutive que les sols ferrugineux tropicaux : ce sont des sols résiduels d'une pédogenèse moins lessivante liée à des caractéristiques climatiques anciennes plus fraîches.

Il est aussi possible que ce type d'altération corresponde à des pluies mieux réparties, la dessiccation des profils pouvant être intense même en saison humide, autrement dit à un *isophuvial* (BERNARD 1962), un pluvial apparaissant dans la théorie astronomique de BERNARD comme un événement climatique bien net et de durée relativement courte.

Cette évolution pédogénétique importante n'a pu d'ailleurs avoir lieu que dans un milieu morphologiquement stable pourvu d'une végétation relativement dense. Elle a été favorisée par des roches riches en minéraux calco-alcalins, un pH voisin de la neutralité, une saturation élevée du complexe absorbant.

L'érosion prédouroumienne et l'entaille des glacis du quaternaire ancien impliquent au contraire un climat à pluies érosives d'été, violentes et abondantes avec allongement de la sécheresse d'hiver, autrement dit, dans la théorie de Bernard, un *displuvial*.

Il semble bien que de telles variations dans le régime des pluies se soient reproduites dans une période plus récente.

Industries préhistoriques

Sur le glacis de l'Hosséré Matoungou, au sud des Monts Mandara (sud de Dourbey), ainsi que sur le glacis-terrace de Paha au nord de Douroum, nous avons récolté dans les ravins d'érosion des pièces taillées sur quartzites. Ces industries, en cours d'étude avec la collaboration de A. MARLIAC et G. QUECHON,

proviennent très probablement de cailloutis peu ou pas usés, interstratifiés dans la partie supérieure des arènes douroumiennes, localement dans le sol rouge peskéborien lui-même.

A côté de pièces assez archaïques semble-t-il (galets aménagés, boules polyédriques, bifaces grossiers et pièces bifaciales irrégulières) on trouve également des nucléi, des éclats de débitage, des couteaux, pièces souvent assez irrégulières, à typologie délicate, par suite de l'hétérogénéité du matériau.

Par ailleurs, dans la partie septentrionale des Monts Mandara existent de nombreux gisements de surface d'industries lithiques (HERVIEU 1968) dont l'étude est actuellement reprise en détail par MARLIAC et QUECHON. Ces outillages, fabriqués essentiellement à partir des roches vertes de la région de Maroua, présentent des faciès assez divers, les uns rappelant ceux du paléolithique inférieur (Acheuléen), d'autres au contraire à taille très fine ou avec polissage.

Des déchets de taille, des outils sur éclats plus ou moins typés en roches vertes, ont été récoltés dans les ravins qui entaillent les glacis douroumiens de la plaine de Guétalé, associées également à des pièces de quartz (MARLIAC 1968). Cependant, la découverte d'un important gisement « in situ » dans les dépôts continentaux douroumiens reste à faire.

5. L'ÉVOLUTION MORPHOCLIMATIQUE RÉCENTE ET LE MILIEU ACTUEL

Creusement postérieur au Peskéborien

Le retour à un climat tropical sec à forte action érosive a provoqué l'entaillage des glacis douroumiens rubéfiés et le rajeunissement du relief dans tout le bassin de la Bénoué.

Dans les basses vallées elles-mêmes, la terrasse douroumiennne, probablement moins haute que dans les glacis-terrasses, a été fortement déblayée. Il n'en subsiste plus que des témoins restreints dans certaines zones de confluence (Mayo Louti - Mayo Kébi, Mayo Rey - Mayo Godi-Bénoué) qui portent des sols rubéfiés fortement sableux.

L'entaillage des glacis s'est faite d'abord par les cours d'eau en provenance des massifs cristallins : la présence dans ces vallées de niveaux d'érosion et de terrasses intermédiaires, parfois grésifiées par hydro-morphie dans les arènes, laisse supposer qu'à cette période, l'érosion n'a pas atteint la durée et l'intensité de l'érosion prédouroumiennne.

La sédimentation bossoumiennne

La sécheresse du climat s'accroissant (semi-aride) de nouveaux glacis d'accumulation se sont formés sur les piémonts constitués soit par des matériaux aréniques quartzo-feldspathiques, soit par des sédiments plus fins sableux à limono-argileux.

A cette phase sèche et aux dépôts correspondants nous avons donné le nom de *Bossoumien* du nom du massif de Bossoum dans les monts Mandara.

Localement ces sédiments de couleur claire, beige ou jaunâtre, à évolution pédologique limitée (sols ferrugineux jeunes, sols faiblement hydromorphes), ont fossilisé le sol rouge peskéborien, en particulier dans la haute vallée du Mayo Dazal (Mandara), sur le glacis de Bantadjé (sud du massif de Poli) et sur le piémont des monts Alantika (région de Saptou).

Ces dépôts sont parfois séparés du sol rouge érodé par un conglomérat fluviatile marquant le stade final de l'érosion antérieure. Ils peuvent reposer directement sur les argiles sableuses prédouroumiennes ou sur le socle en place argilisé. Dans les vallées principales, ils fossilisent fréquemment un paléosol argileux grix noirâtre, plus ou moins hydromorphe, qui correspond probablement au début de la phase semi-aride.

Le sol rouge enterré ou le socle argilisé peut jouer le rôle de niveau peu perméable et favoriser l'hydromorphie dans la base des dépôts bossoumiens. Par érosion ultérieure et actions subaériennes, ceux-ci peuvent alors grésifier de la même façon que les arènes douroumiennes, mais le cas est moins fréquent.

En maints endroits, ces dépôts sont constitués par les arènes douroumiennes elles-mêmes, parfois légèrement rougies, remaniées par l'érosion prébossoumiennne. On y observe également de petits niveaux grésifiés par altération subaérienne. Ils reposent souvent directement sur l'horizon B/C des sols rouges peskéboriens, grésifié et carapacé après érosion des horizons supérieurs.

Sur certains massifs granitiques, à grandes dalles de dénudation ou chaos de boules extraordinaires, le dégagement des arènes a été si poussé au Douroumien et aux périodes antérieures que ces reliefs n'ont pu alimenter les glaciers à la phase bossoumiennne, d'où l'absence de ces formations, ou seulement la présence de glaciers d'ablation à mince couverture remaniée sur les arènes douroumiennes érodées ou les argiles sableuses prédouroumiennes. Sur ce type de glaciers se sont développés de sols présentant beaucoup de caractères morphologiques communs avec les solonetz solodisés.

Les alluvions anciennes

Dans la vallée de la Bénoué et celle du Mayo Kébi, une ancienne terrasse, bien individualisée entre Pitoa et Adoumri, dont l'altitude varie entre 7 et 10 m, porte des sols sableux ou sablo-argileux non rubéfiés. Ces dépôts sont très probablement l'équivalent du Bossoumien. En outre, dans ces vallées en particulier à Ouro Be et à Garoua, des sondages et des travaux nous ont permis de constater que ces dépôts fossilisent un cailloutis de galets quartziques et gréseux très émoussés, à matrice argilisée rouge vif, de type fersiallitique rappelant beaucoup celle des sols rouges. Ce cailloutis est l'équivalent fluviatile probable du Douroumien ; il repose sur des sédiments fluviatiles sablo-graveleux jaunés ou sur des grès felspathiques altérés en bordure de vallée.

Plusieurs sondages effectués dans cette région (TILLEMENT 1966) ont montré que le remplissage alluvial pouvait varier entre 20 et 40 m, au-dessus du socle embréchitique ou du bed-rock gréseux. Il est probable que ces dépôts, constitués par des argiles plus ou moins sableuses et des lentilles de sables grossiers aquifères, correspondent au moins en partie à la sédimentation douroumiennne, étant donné la faible importance relative des dépôts bossoumiens.

Un vertisol acide, prélevé au nord-ouest d'Adoumri sur la terrasse bossoumiennne, le long du Mayo Kébi, par SIEFFERMANN et daté au Centre des faibles Radioactivités du CNRS par DELIBRIAS, a donné comme mesure d'âge : $10\ 100 \pm 230$ ans BP.

L'épaisseur des dépôts bossoumiens n'excède pas en général quelques mètres (2 à 3 m en moyenne). Le retour à un climat tropical plus humide a provoqué l'entaille de ces dépôts peu consolidés, voire leur enlèvement total sur certains piémonts pour donner des glaciers de dénudation à rochers-champignons ou à « Castile-Koppies ». A cette époque l'érosion a repris dans les glaciers douroumiens rubéfiés, en particulier sur les revers de ces glaciers, avec création de réseaux autonomes indépendants des hauts reliefs.

Des dépôts sableux ou argileux d'une basse terrasse (+ 1,5 m à 2 m) mal individualisés et irréguliers dans les grandes vallées, plus nets aux abords des Mandara vers la cuvette tchadienne, correspondent peut-

être à une autre récurrence sèche avant le climat actuel. A Maroua, le long du Mayo Tsanaga, des industries à taille fine très évoluée (éclats, bifaces, haches) et de la poterie sont associées à ces dépôts (étude en cours de QUECHON et MARLIAC).

Rajeunissement de modelé et pédogenèse récente

A côté des formes caractéristiques précédemment décrites, le paysage actuel des bassins versants élémentaires se présente généralement avec des interfluves à pente assez forte dans le cristallin (4 à 5 %) avec affleurements fréquents de dalles rocheuses. Dans les grès au contraire, les interfluves sont beaucoup plus larges (plusieurs km), à pente très faible ; le réseau hydrographique est peu encaissé.

Localement on peut observer des paysages de « bad-lands » dans les grès tendres ou dans les arènes argilisées.

Sauf dans les basses vallées de la Bénoué et du Faro, l'alluvionnement récent est peu important, à dominance sableuse. Les galets sont rares ou absents, sauf à proximité des hauts reliefs.

A l'exception des vertisols développés sur le socle argilisé mis en affleurement ou sur alluvions récentes et des glacis cuirassés ou douroumiens intacts, deux faits apparaissent fondamentaux dans les caractères de la pédogenèse récente : la présence de remaniements divers dans les horizons de surface et les phénomènes d'hydromorphie temporaire, avec comme conséquence une tendance assez généralisée au lessivage du fer, secondairement de l'argile. Différents types de sols : sols ferrugineux tropicaux plus ou moins lessivés et concrétionnés, sols hydromorphes à pseudo-gley, sols à horizons superficiels caillouteux ou lits de cailloux à faible profondeur, sols à horizons blanchis sableux sur horizon B très argileux, ont été étudiés dans les travaux de BRABANT (1967-68), HUMBEL (1968), MARTIN (1962-68).

A ces phénomènes s'ajoutent fréquemment des actions biologiques importantes dues surtout à l'activité saisonnière des vers de terre.

Nous pensons que, dans de très nombreux cas, ces sols se sont développés sur des matériaux en partie remaniés, ce remaniement étant essentiellement la conséquence des variations climatiques quaternaires. Ces variations ont pu également favoriser des évolutions différentes (sols polygéniques).

Il est évident qu'au Quaternaire ancien aussi bien qu'aux époques douroumiennes et bossoumiennes, les glacis n'ont pas envahi la totalité du paysage. Cependant, lors des phases érosives et des phases de dépôts, il est peu probable que rien ne se soit produit sur les interfluves éloignés des hauts reliefs granitiques. En particulier, l'érosion en nappe et les épangages ont dû jouer largement lors des phases semi-arides.

Pour certains auteurs, en particulier MAIGNIEN (1968), tout un ensemble de processus dont la distribution des matériaux grossiers, le lessivage et la différenciation d'horizons blanchis, et d'une manière générale l'individualisation des types ferrugineux tropicaux ou apparentés, sont le résultat d'une évolution pédogénétique particulière où le lessivage des éléments fins et la pulvérisation mécanique des matériaux associés aux actions de triage biologiques, jouent un rôle essentiel. Selon HUMBEL (1968) la différenciation texturale des horizons provoque le déplacement d'un « front remaniant » et la mise en place par remaniements superficiels successifs, d'un horizon caillouteux à faible profondeur, entre les horizons argileux profonds à accumulation et néosynthèses et les horizons de surface plus sableux.

A notre avis, c'est accorder une trop grande unicité d'évolution à des profils d'origine complexe et généraliser dans le temps des équilibres pédologiques momentanés. Nous pensons au contraire que la différenciation de sols ferrugineux tropicaux et hydromorphes, particulièrement nette sous le climat tropical semi-humide actuel, a été préconditionnée par l'histoire morphogénétique du paysage dans laquelle certaines ruptures d'équilibre en climat tropical sec ou semi-aride ont joué un rôle fondamental.

En effet, en dehors des glacis eux-mêmes, les lits de cailloux ou de galets, les différenciations texturales brutales sur le pourtour des collatures, les stratifications indiquant un transport discret, les accumulations sableuses dans les thalwegs, apparaissent avec une telle fréquence dans les profils sur cristallins ou sédimentaire, qu'il est difficile de ne pas envisager pour les expliquer l'action des changements de climat quaternaires avec les modifications du milieu pédogénétique qu'ils ont entraîné.

Pour SÉGALEN (1967) un climat tropical de type soudanien ou soudano-sahélien, ainsi que des roches-mères productrices de sables, sont favorables à la formation des sols ferrugineux tropicaux, mais la topographie a une importance majeure. En effet, pour cet auteur, ces sols sont en relation avec un modelé de glacis, évoluant par abaissement du niveau de base et recul d'un versant d'attaque parallèlement à lui-même.

Ce schéma d'évolution, qui s'inspire des théories de L.C. KING, est surtout réalisé en conditions semi-arides et vient à l'appui de notre point de vue. Il peut s'appliquer à proximité des escarpements cuirassés et des glacis douroumiens. Mais sa généralisation dans un paysage plus complexe et plus nuancé, tel celui du Nord-Cameroun n'est pas possible : la genèse des glacis n'est pas seule en cause et le terme de glacis ne peut être appliqué à tous les interfluves actuels.

Mais les phénomènes eux-mêmes qui conditionnent le modelé en régions sèches restent généralisables, en particulier, le ruissellement en nappe sous couverture végétale clairsemée. Ce ruissellement est incapable, en pente faible à modérée d'exporter régulièrement vers les « oueds » les débris grossiers qu'ont pu fournir les affleurements cristallins ou gréseux, les filons de quartzite, les cuirasses résiduelles.

Ainsi les éléments grossiers restés sur les interfluves ont formé aux périodes sèches des pavages plus ou moins continus, particulièrement denses sur socle armé de quartzites, tandis que les éléments fins, plus facilement exportables par les averses brutales, se sont accumulés dans les collatures, la granulométrie étant de plus en plus grossière au fur et à mesure que le climat redevenait plus humide.

Schématiquement on peut observer les types de profils suivants :

A. Sur cristallin

1. Pavage de quartzites
 Horizon caillouteux humifère brun gris
 Horizon caillouteux brun jaune
 Horizon caillouteux brun jaune, appauvri en éléments fins
 Horizon argileux rouge vif de type fersiallitique
 Horizon argilisé gris clair marmorisé, à minéraux 2/1
 Micaschiste en altération.
2. Horizon brun gris à forte activité biologique
 Horizon brun sablo-argileux, vermitrié, hydromorphe
 Horizon à cailloux, graviers et concrétions
 Horizon argileux gris clair à olivâtre, parfois à tendance vertique
 Gneiss fin en altération.
3. Horizon brun gris à activité biologique variable sableux, appauvri en éléments fins
 Lit de cailloux de quartz à matrice brun clair, sablo-argileux
 Horizon tacheté ou bariolé, argilo-sableux
 Granite en altération plus ou moins argilisé.
4. Horizon gris foncé, humifère, caillouteux
 Horizon brun foncé argilo-sableux à cailloux isolés, vertique
 Roche cristalline en altération, localement argilisée.

B Sur matériaux aréniques

1. Horizon gris, sableux grossier, humifère, à activité biologique notable
Horizon jaunâtre, sablo-argileux un peu hydromorphe, parfois blanchi, souvent à stratifications subhorizontales.
Horizon argilo-graveleux, rouge vif, argilisé
Horizon tacheté ou bariolé, parfois carapacé, argilo-graveleux
Arène argilisée gris clair à minéraux 2/1
Argile sableuse gris clair.
2. Horizon gris, humifère, sableux fin
Horizon jaune ocre, tacheté, sablo-graveleux à cailloux isolés, avec parfois lits de graviers
Arène argilisée gris clair.
3. Horizon gris, sablo-argileux, tassé
Horizon sableux grossier, blanchi peu cohérent
Argile sableuse grise, durcie, compacte, parfois à structure prismatique ou en colonnettes.

C Sur matériaux gréseux

1. Horizon gris, sableux, humifère
Horizon gris clair, sableux
Horizon jaune rougeâtre, stratifié, argilo-graveleux
Horizon graveleux rubéfié, un peu hydromorphe
Grès feldspathique en altération.
2. Horizon gris foncé, humifère, à cailloux gréseux
Horizon graveleux, lessivé, avec blocs de grès rubéfiés, à matrice gris clair, sablo-argileux
Grès altéré, argilisé, hydromorphe.
3. Horizon gris, sableux, appauvri en éléments fins
Horizon jaune rougeâtre, tacheté, lessivé, sablo-graveleux
Cailloutis gréseux, galets roulés
Grès ferruginisé.
4. Horizon gris clair, sablo-limoneux, tassé
Horizon jaune beige, sableux fin, cohésion faible
Plaquettes de grès, concrétions
Horizon gris clair, sableux, un peu humifère
5. Horizon sableux, quartzo-feldspathique, blanchi
Localement débris de grès roulés ou concrétions, parfois lits de graviers.
Argile sableuse compacte, gris olivâtre, parfois à nodules ou amas calcaires.

D Sur alluvions anciennes

1. Horizon gris, sableux, humifère
Horizon gris clair, sableux, cohésion faible, avec parfois raies plus foncées
Horizon sablo-graveleux, tacheté, hydromorphe
Cailloutis de galets roulés, à strates subhorizontales et matrice argilisée rouge vif
Alluvion ancienne sablo-graveleuse, stratifiée, jaune rougeâtre.
2. Horizon gris, sablo-limoneux, tassé
Horizon gris clair, peu cohérent, sableux grossier, blanchi
Lit de graviers et petits galets de quartz
Argile sableuse très compacte avec concrétions calcaires.

Ces horizons remaniés ont bien sûr facilité la circulation des eaux latérales et les phénomènes de lessivage, ainsi que les différenciations de couleur et de texture. Les actions des vers, si importantes en climat tropical semi-humide, ont accentué ces différenciations, d'autant plus que le sous-sol argilisé lors de pédogenèses plus anciennes provoque l'engorgement temporaire des profils favorable à leur développement.

Le climat actuel a certes une action érosive importante, accentuée par l'action de l'homme, mais son influence pédogénétique s'exerce sur des matériaux conditionnés par les altérations, les érosions, les épandages de périodes plus anciennes du quaternaire. Ainsi dans les sols ferrugineux tropicaux plus ou moins lessivés de type ABC, les horizons A, humifères et jaunes sous-jacents, ont souvent été remaniés ou déposés à une période antérieure à l'époque actuelle. Le cas est très fréquent sur socle cristallin et particulièrement net lorsque le sol rouge fersiallitique profond a été conservé.

Par ailleurs la fréquence de sols hydromorphes à pseudo-gley lithomorphes (MARTIN 1968), et à un degré moindre des vertisols, liés non à la topographie, mais à une forme d'altération particulière des roches métamorphiques ou granitiques où les minéraux 2/1 de type montmorillonitique jouent un rôle important, est à notre avis la conséquence d'un rajeunissement, par les érosions quaternaires, d'un socle altéré et argilisé lors de périodes plus anciennes et dont la couverture de sols rouges fersiallitiques ne subsiste plus que localement. Si les sols rouges fersiallitiques ont pu bénéficier d'une certaine inertie d'évolution pendant les phases semi-arides, les altérations profondes se sont alors bloquées (formation locale de nodules calcaires) pour reprendre et être entretenues lors des phases tropicales moins sèches à semi-humides, y compris la phase actuelle, dans les zones pas trop érodées.

Sur matériaux gréseux, gros producteurs de sables, les éléments grossiers ne sont pas toujours en quantité suffisante pour permettre de déceler facilement les remaniements, mais les stratifications et les lignes de graviers ou de débris gréseux ne sont pas rares. De plus, en l'absence d'horizons à texture grossière, de nombreux horizons A, sableux et blanchis, peu cohérents, sont séparés d'un sous-sol argileux compact, massif, par une limite rectiligne et brutale difficilement compatible avec une évolution pédologique en place, même par lessivage et migrations obliques.

6. ESSAI DE CORRÉLATION AVEC LES RÉGIONS TCHADIENNES

Dans l'Extrême Nord du Cameroun et au Tchad, la surface cuirassée générale est considérée généralement comme fin tertiaire - début quaternaire, mais sa formation et sa mise en place sont mal connues.

L'ablation des formations continentales terminales tchadiennes a eu lieu lors d'une période humide avec un lac autour de la cote 380-400 m et formation d'un premier delta de l'ancien Chari (PIAS 1967). Une première période aride a provoqué en particulier la formation d'un 1^{er} erg fossile dont les dunes rubéfiées, à direction SW-NE, sont conservées au Nord-Est des Mandara (région Yagoua-Kalfou) et au Nigeria (sief-dunes) (PULLAN 1965).

Ces matériaux dunaires sont fortement éolisés, bien triés, (55 à 85 % de sables fins) et témoignent de conditions arides ayant remanié probablement des sédiments lacustres. La rubéfaction est souvent assez poussée (Munsell 2,5 YR-4/8 à 6/8), le lessivage plus ou moins net.

Ces dunes rouges correspondent peut-être au paléosol peskéborien, ce 1^{er} aride étant alors l'équivalent du Douroumien, mais nous n'en avons pas la certitude.

Pendant il semble bien qu'au nord des Mandara, les arènes douroumiennes plongent sous la série argilo-sableuse à nodules calcaires qui correspond à une deuxième transgression du lac Tchad dans la chronologie de J. PIAS.

Si cette hypothèse était vérifiée, le Bossoumien serait peut-être l'équivalent du 2^e aride et du second erg non rubéfié dont les alignements NW-SE et NS s'étendent encore jusqu'au 12^e parallèle. Une 3^e transgression du lac à la cote 320 m a laissé un cordon sableux littoral particulièrement net au Nord-Cameroun

entre Limani et Yagoua : ce cordon, dont les matériaux sont riches en sables grossiers feldspathiques, a été formé aux dépens d'alluvions continentales (érosion post-bossoumienne ?).

A la suite de différentes corrélations, en particulier avec les datations effectuées par FAURE (1966) au Niger, PIAS (1968) situe approximativement le deuxième épisode lacustre entre 30 000 et 20 000 ans BP. La phase aride ayant donné naissance au second erg entre 20 000 et 12 000 ans. La date pour le vertisol de la terrasse bossoumienne de la Bénoué n'est donc pas contradictoire.

Le lac de cote 320 m se tenait encore à ce niveau vers 5 400 ans BP (SCHNEIDER, 1967) et une 4^e transgression aurait débuté vers 3 200 ans BP.

Les phases humides des 3^e et 4^e épisodes lacustres, ainsi que les récurrences sèches qui les ont suivies, auraient donc eu peu de répercussions du point de vue sédimentaire dans le bassin de la Bénoué à l'exception des terrasses subactuelles. Ceci peut s'expliquer par une diminution de l'ampleur des oscillations paléoclimatiques au Quaternaire récent, ces oscillations étant par ailleurs de plus en plus amorties vers le Sud où l'érosion des massifs montagneux et des anciens glacis a probablement prévalu jusqu'à l'époque actuelle.

Au Niger Oriental FAURE (1966) distingue les épisodes suivants :

A la fin du grand creusement postérieur au Continental terminal (cette période comporte peut-être plusieurs cycles) de hautes terrasses à galets matérialisent un remblaiement et une diminution de la pluviosité. Des conglomérats à ciment ferrugineux cuirassé témoignent comme au Cameroun, d'un climat tropical sec. Ce cuirassement pourrait correspondre au Villafranchien, mais les faunes de vertébrés du Tchad sont trop éloignées et la position stratigraphique de la « Pebble-Culture » insuffisamment précisée pour proposer un âge certain.

Postérieurement à ces terrasses à galets (dont les témoins sont perchés par une inversion de relief) un creusement les a déblayées ainsi que les sédiments anté-quaternaires sur une cinquantaine de mètres d'épaisseur en moyenne, parfois 150 m. Cette nouvelle phase pourrait donc être l'équivalent de l'érosion prédouroumienne qui a eu également une action de déblaiement très importante.

Mais l'aboutissement de ce cycle au Niger Oriental conduit à une morphologie assez voisine de l'actuelle, à l'exception des couvertures dunaires et des dépôts lacustres.

Cependant la longue période aride qui succède à cette phase humide et qui a élaboré un erg ancien actuellement fixe (dunes différentes des plus récentes par une teinte plus rousse) peut être comparée à l'aride douroumien.

Enfin une grande période lacustre a commencé il y a plus de 22 000 ans et s'est terminée il y a 7 000 ans, puis ce grand lac paléo-tchadien, qui englobe les 3 transgressions définies par PIAS, a régressé au cours de stades arides beaucoup moins importants que le grand aride précédent. Une phase de creusement est contemporaine du Néolithique ancien, et diverses fluctuations sont probables jusqu'à l'époque aride actuelle. En l'absence de paléformes caractéristiques, les corrélations de ces dernières périodes avec le Nord-Cameroun ne sont guère possibles, tant que nous ne disposerons pas de datations absolues.

7. CONCLUSION

En ce qui concerne la reconstitution des paléoclimats, la prudence est de règle et ce n'est qu'en présence d'un ensemble de faits convergents sur les plans géomorphologique, sédimentologique et pédologique, avec l'aide de la préhistoire et de la biogéographie, qu'on peut espérer tirer des conclusions valables au moins à l'échelle régionale.

Le schéma que nous avons présenté n'est encore que provisoire, mais d'ores et déjà le Nord-Cameroun se révèle comme une région particulièrement intéressante du point de vue des changements de climat

quaternaires. Les faits observés conduisent à admettre des incursions périodiques vers le Sud, au moins jusqu'au plateau de l'Adamaoua, des influences climatiques semi-arides des régions sahariennes. Au cours de ces périodes plus sèches se sont déposées en particulier des nappes sédimentaires assez grossières liées à une érosion à dominante mécanique, et dans l'Extrême-Nord se sont formés des systèmes dunaires, comme cela a déjà été observé en Afrique Occidentale.

Ce schéma vient donc à l'appui du schéma d'ensemble de l'oscillation générale des zones climatiques en Afrique de l'Ouest, adopté par BALOUT (1952) et TRICART (1956-1963), qui aboutit à admettre un véritable balancement des zones climatiques avec alternance entre les périodes pluviales des deux franges du Sahara, les pluviales des basses latitudes se plaçant au cours des périodes interglaciaires.

Il est d'ailleurs possible que ces oscillations climatiques aient eu une influence plus méridionale, au-delà de l'Adamaoua. Ainsi à l'Ouest de Ngaoundéré, selon HUMBEL (1957) des sols ferrugineux tropicaux, et d'épaisses formations cuirassées qui les accompagnent, témoignent d'un climat à saisons plus contrastées que le climat ferrallitique antérieur et probablement que le climat actuel.

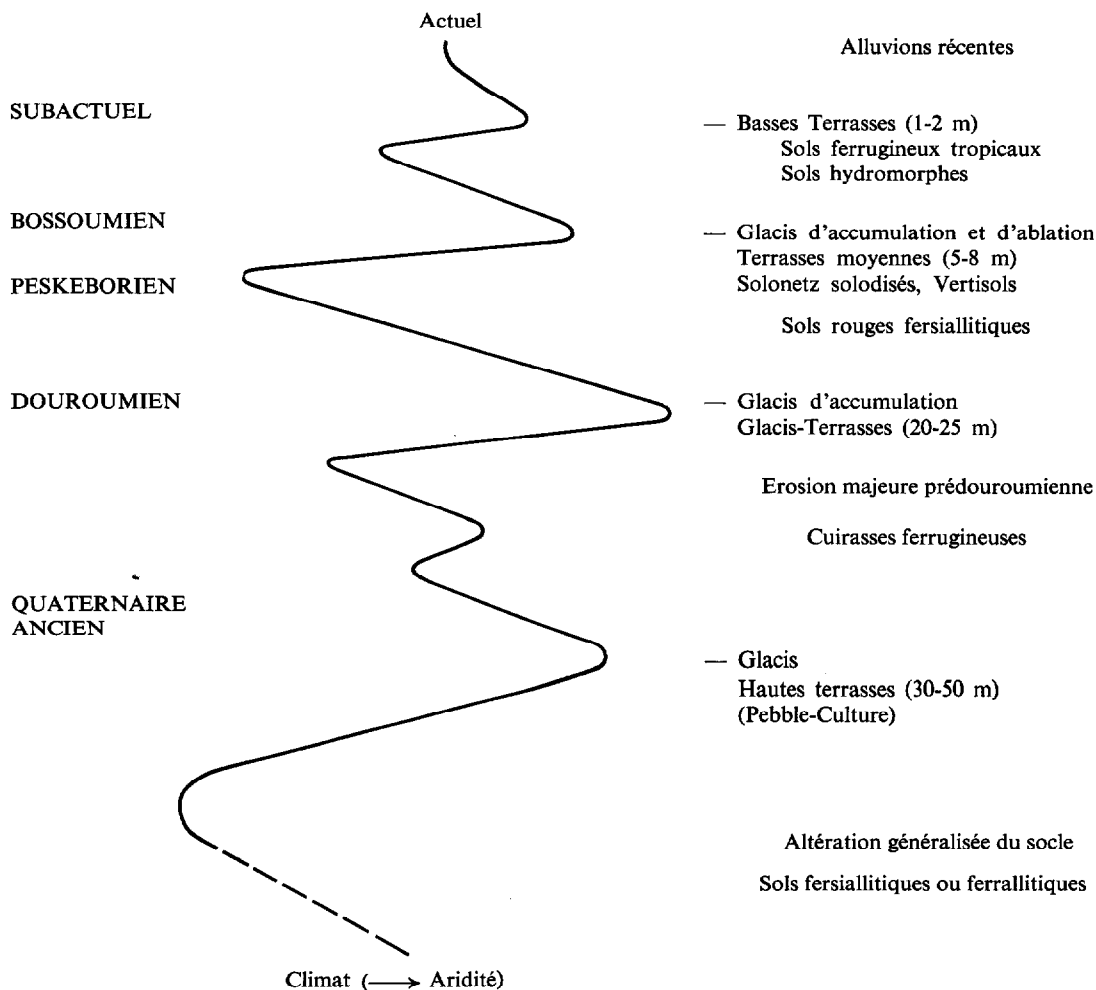


FIG. 4. — Esquisse des variations climatiques au Nord-Cameroun.

SUCCESSIONS CLIMATIQUES DANS LE NORD-CAMEROUN
ET ESSAI DE CORRÉLATION AVEC LA CUVETTE TCHADIENNE

	<i>Phases climatiques</i>	<i>Nord-Cameroun</i>	<i>Cuvette tchadienne</i> (J. PIAS 1968)
ACTUEL	Tropical semi-humide	Alluvions récentes Sols ferrugineux tropicaux Sols hydromorphes	Série argileuse subactuelle à récente
SUBACTUEL	Récurrence sèche	Basses terrasses (1-2 m)	3 ^e erg
	Tropical sec	Erosion Bad-lands	Séries argileuse et sableuse récentes. Lac 320 m (3 ^e transgression)
BOSSOUMIEN	Semi-aride	Glacis accumulation II Terrasses moyennes (4-8 m) Vertisols, Solonetz solodisés	2 ^e erg
	Tropical sec	Erosion	Ravinements dans la série argilo-sableuse et sables grossiers
PESKEBORIEN	Tropical humide	Sols rouges fersiallitiques	Rubéfaction des dunes SE-NW. Série fluvio lacustre ancienne (2 ^e transgression)
DOUROUMIEN	Semi-aride	Glacis accumulation I Glacis-terrasses (20-25 m) Paléosols argileux enterrés	1 ^{er} erg
	Tropical sec	Erosion majeure prédourou-mienne	Sables de Kélo remaniés
	Tropical humide	Cuirasses ferrugineuses	Surface générale cuirassée (420-500 m)
QUATERNAIRE ANCIEN (Villafranchien ?)	Semi-aride	Anciens glacis cuirassés Hautes terrasses à galets (30-50 m)	?
	Tropical humide	Altération et argilisation profonde du socle Sols rouges ferrallitiques et fersiallitiques	Surface des Koros et surfaces ferrallitiques ?

BIBLIOGRAPHIE

- BALOUT (L.), 1952. — Pluviaux interglaciaires et préhistoire saharienne. *Trav. Inst. Rech. sahar.*, t. VIII, pp. 9-22.
- BERNARD (E.A.), 1962. — Interprétation astronomique des pluviaux et interpluviaux du quaternaire africain. Congr. panaf. Préhist. et quatern. 4. 1959. Léopoldville. Musée r. Afr. centrale. *Ann. sér. in 8° Sci. hum.* n° 40, pp. 67-96.
- BIROT (P.), DRESCH (J.), 1966. — Pédiments et glacis dans l'Ouest des Etats-Unis. *Ann. Géogr.*, n° 411, pp. 513-552.
- BRABANT (P.), 1967. — Contribution à l'étude des sols à horizons blanchis dans la région de Garoua (Nord-Cameroun). Centre ORSTOM de Yaoundé, 85 p. *multigr.*
- BRABANT (P.), 1968. — Sols ferrugineux tropicaux et sols apparentés du Nord-Cameroun. Aspects de leur pédogenèse. Centre ORSTOM de Yaoundé, 41 p. *multigr.*
- DUCHAUFOUR (P.), 1968. — L'évolution des sols. Essai sur la dynamique des profils. Masson et Cie. Paris, pp. 76-79.
- FAURE (H.), 1966. — Reconnaissance géologique des formations sédimentaires post-paléozoïques du Niger Oriental. *Mém. B.R.G.M.* n° 47. Paris, pp. 34-46.
- HERVIEU (J.), 1967. — Sur l'existence de deux cycles climato-sédimentaires dans les monts Mandara et leurs abords (Nord-Cameroun). Conséquences morphologiques et pédogénétiques. *C.R.A.C. Sci.*, sér. D, t. 264, pp. 2624-2627.
- HERVIEU (J.), 1968. — Contribution à l'étude des industries lithiques du Nord-Cameroun. Mise au point et données nouvelles. Centre ORSTOM de Yaoundé, 36 p. *multigr.* Dessins de F. MEUNIER, 13 pl., 13 photogr.
- HERVIEU (J.), 1969. — Découverte de la Pebble-Culture au nord de l'Adamaoua (Cameroun). Incidences géomorphologiques et pédogénétiques. *C.R. Ac. Sci.*, sér. D, t. 268, pp. 2335-2338.
- HUMBEL (F.X.), 1967. — Notice explicative carte pédologique Ngaoundéré 1d au 1/50 000. Centre ORSTOM de Yaoundé, 118 p. *multigr.*
- HUMBEL (F.X.), 1968. — Contribution à l'étude des sols à horizons caillouteux du Nord-Cameroun. Centre ORSTOM de Yaoundé, 55 p. *multigr.*
- LAMOUREUX (M.), 1967. — Contribution à l'étude de la pédogenèse en sols rouges méditerranéens, *Science du sol*, n° 2, pp. 55-86.
- LETOUZEY (R.), 1958. — Phytogéographie Camerounaise in : Atlas du Cameroun. I.R.C.A.M., Yaoundé, 6 p., carte h.t. dépl. en coul.
- MAIGNIEN (R.), 1964. — Les sols ferrugineux tropicaux. *Int. Sci. Sol.* 8. 1964. Bucarest, t V, pp. 569-575.
- MAIGNIEN (R.), 1968. — Les sols ferrugineux tropicaux. Unités pédogénétiques. Centre ORSTOM de Yaoundé, 34 p. *multigr.*
- MARLIAC (A.), 1968. — Prospection archéologique du Nord-Cameroun. Rapport de fin de 2^e année. Centre ORSTOM de Yaoundé, 23 p. *multigr.*
- MARTIN (D.), 1961. — Carte pédologique du Nord-Cameroun à 1/100 000. Feuille Mora. Centre ORSTOM de Yaoundé, 100 p. *multigr.*
- MARTIN (D.), 1962. — Reconnaissances pédologiques dans le bassin de la Bénoué. Centre ORSTOM de Yaoundé, 46 p. *multigr.*
- MARTIN (D.), 1963. — Carte pédologique du Nord-Cameroun à 1/100 000. Feuille Kaelé. I.R.C.A.M. de Yaoundé, 100 p. *multigr.*
- MARTIN (D.), 1966. — Quelques remarques sur la morphologie et la répartition des sols entre Adamoua et Mandara. Centre ORSTOM de Yaoundé, 8 p. *multigr.*
- MARTIN (D.), 1968. — Les sols hydromorphes à pseudo-gley lithomorphes du Nord-Cameroun. Centre ORSTOM de Yaoundé, 86 p. *multigr.*
- MARTIN (D.), SIEFFERMANN (G.), VALLERIE (M.), 1966. — Les sols rouges du Nord-Cameroun. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. IV, n° 3, pp. 3-28.
- PEDRO (G.), 1959. — Considérations sur une forme de l'altération des roches : l'arénisation. *C.R. Acad. Sci.* sér. D, t. 248, pp. 993-996.

- PEDRO (G.), 1966. — Essai sur la catactérisation géochimique des différents processus zonaux résultant de l'altération des roches superficielles (cycle aluminosilicique). *C.R. Acad. Sci.*, sér. D, t. 262, pp. 1828-1831.
- PELLERAY (H.), 1958. — Fleuves et Rivières du Cameroun in Atlas du Cameroun, I.R.C.A.M., Yaoundé, 7 p., carte h. t. dépl. en coul.
- PIAS (J.), 1967. — Chronologie du dépôt des sédiments tertiaires et quaternaires dans la cuvette tchadienne (République du Tchad), *C.R. Acad. Sci.*, sér. D, t. 264, pp. 2432-2435.
- PIAS (J.), 1968. — Contribution à l'étude des formations sédimentaires tertiaires et quaternaires de la cuvette tchadienne et des sols qui en dérivent (République du Tchad). Thèse Sc. ORSTOM, Paris, 377 p. *multigr.*
- PULLAN (R.A.), 1965. — The recent geomorphological evolution of the south Central part of the Chad Basin. *Samaru Res. Bull.*, n° 58, pp. 115-139.
- SEGALEN (P.), 1962. — Carte pédologique du Nord-Cameroun à 1/100 000. Feuille Maroua. Centre ORSTOM de Yaoundé, *multigr.*
- SEGALEN (P.), 1967. — Les sols et la géomorphologie du Cameroun. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. V, n° 2, pp. 137-187.
- SEGALEN (P.), 1967. — Les facteurs de formation des sols ferrugineux tropicaux, Communication présentée à la réunion des pédologues de l'ORSTOM 6-70 cl., 1967, 13 p. *multigr.*
- SEGALEN (P.), VALLERIE (M.), 1963. — Carte pédologique du Nord-Cameroun à 1/100 000. Feuille Mokolo. Centre ORSTOM de Yaoundé, 72 p. *multigr.*
- SIEFFERMANN (G.), 1963. — Carte pédologique du Nord-Cameroun à 1/100 000. Feuille Kalfou. Centre ORSTOM de Yaoundé, 65 p. *multigr.*
- SIEFFERMANN (G.), MARTIN (D.), 1963. — Carte pédologique à 1/100 000 du Nord-Cameroun. Feuille Mousgoy. Centre ORSTOM de Yaoundé, 102 p. *multigr.*
- SIEFFERMANN (G.), VALLERIE (M.), 1963. — Carte pédologique du Nord-Cameroun à 1/100 000. Feuille Yagoua. Centre ORSTOM de Yaoundé, 79 p. *multigr.*
- TILLEMENT (B.), 1966. — Etude hydrologique de la région du confluent Benoué-Kébi. Dir. Mines Géol., Rép. féd. Cameroun, 20 p. *multigr.*
- TRICART (J.), 1956. — Tentative de corrélations des périodes pluviales africaines et des périodes glaciaires. *C.R. som. Soc. géol. Fr.*, n° 10, pp. 164-167.
- TRICART (J.), CAILLEU (A.), 1961. — Le modelé des Régions sèches, fasc. II. Les formes de relief caractéristiques des régions sèches. Survivances et paléoformes. Centre Doc. univ., Paris, 179 p. *multigr.*
- TRICART (J.), 1963. — Oscillations et modifications de caractère de la zone aride en Afrique et en Amérique latine lors des périodes glaciaires des hautes latitudes in : Les changements de climat. Actes du colloque de Rome. UNESCO. Recherche sur la zone aride XX. Paris, pp. 415-419.

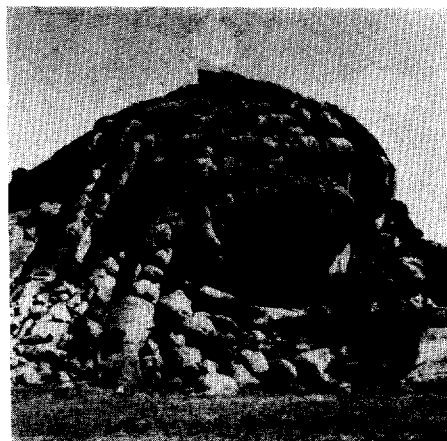
PLANCHE I



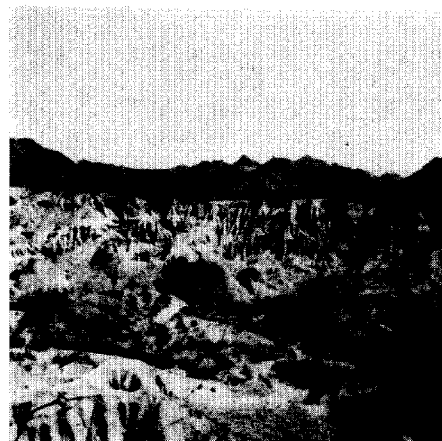
1. — Haute terrasse cuirassée du quaternaire ancien aux environs de Kontcha (piémont nord-ouest de l'Adamaoua).



2. — Granite calco-alkalin à gros grains en voie de dislocation et d'arénisation.



3. — Dôme granitique diaclasé dégagé de sa couverture d'arènes.

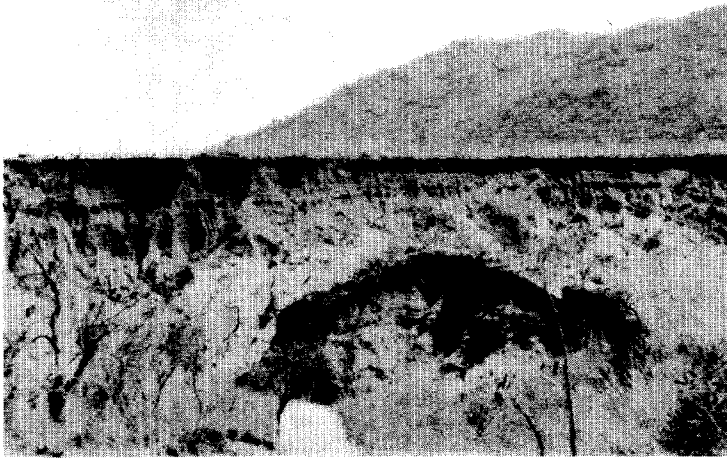


4. — Le remblaiement douroumien sur le piémont oriental des monts Mandara.

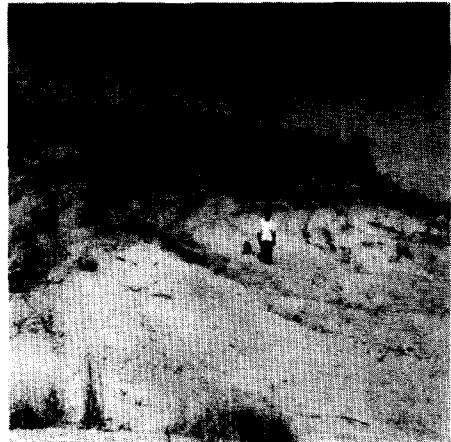


5. — Faciès fluvatile grossier de la sédimentation douroumienne (vallée du mayo Douroum).

PLANCHE II



6. — Glacis douroumien de Mantiba, à sol rouge fersiallitique (nord du massif de Poli).



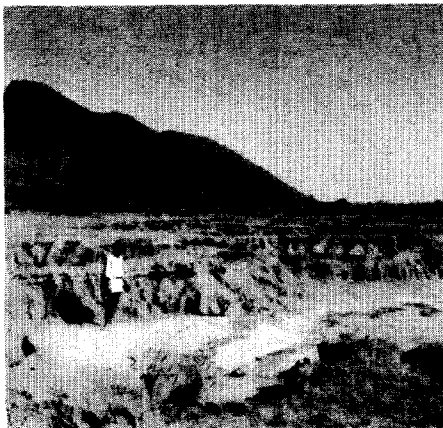
7. — Le paléosol peskéborien. Noter les grésifications secondaires et la discordance des arènes sur les argiles prédouroumiennes (région du Peské-Bori).



8. — Grésifications dans les arènes douroumiennes.



9. — Recouvrement du paléosol peskéborien, grésifié à la base, par les arènes bossoumiennes (glacis de Bantadjé, au sud du massif de Poli).

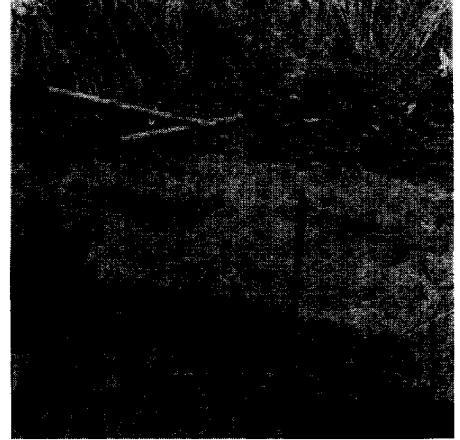


10. — Erosion dans un glacis bossoumien, au sud de Maroua.

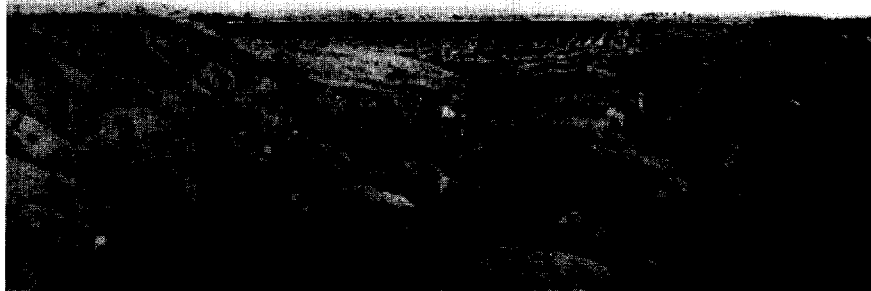
PLANCHE III



11. — Rocher Champignon en granite à gros grains.



12. — Discontinuité brutale entre matériaux sableux remaniés et argile compacte dans un bassin versant élémentaire des grès de Garoua (sol à horizon blanchi).



13. — Panorama sur le glacis douroumien de Bantadje fortement entaillé par l'érosion (sud du massif de Poli).