

Jean HERVIEU  
Centre ORSTOM  
B.P. 193 YAOUNDE  
Cameroun

Groupe 1  
Section 1

COMMUNICATION AU VIII<sup>e</sup> CONGRES DE L'INQUA

---

INFLUENCE DES CHANGEMENTS DE CLIMAT QUATERNAIRES  
SUR LE RELIEF ET LES SOLS DU NORD- CAMEROUN

( INFLUENCE OF QUATERNARY CLIMATIC CHANGES ON  
RELIEF AND SOILS IN NORTH - CAMEROUN. )

par

J. HERVIEU (\*)

(\*) Centre ORSTOM de YAOUNDE.

INFLUENCE DES CHANGEMENTS DE CLIMAT QUATERNAIRES  
SUR LE RELIEF ET LES SOLS DU NORD-CAMEROUN

par

J. HERVIEU (\*)

INTRODUCTION

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

Depuis nous avons étendu nos recherches sur ce sujet à l'ensemble du Nord-Cameroun, depuis le front septentrional du Plateau de l'Adamaoua, jusqu'à la bordure de la cuvette tohadienne, c'est-à-dire entre le 8° et le 12° degré latitude Nord.

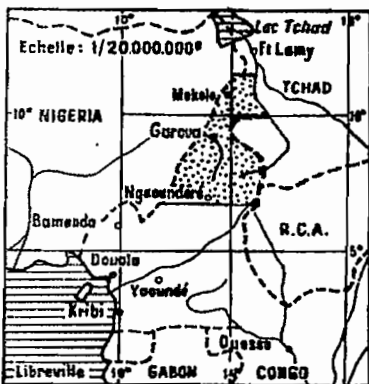
Les régions étudiées correspondent au haut bassin de la Benoué et de ses affluents : Faro et Mayo Kébi-Louti. L'altitude moyenne varie entre 300 et 350 m pour s'abaisser dans l'axe de la vallée à 183 m à Garoua.

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 Inselbergs appelés Hossérés (mot qui signifie montagne en foulbé), constitués surtout par des roches éruptives et intrusives anciennes à dominance granitique.

De nombreux sommets atteignent 1 500 à 2 000 m.

(\*) Centre ORSTOM de YAOUNDE

# SITUATION DES RÉGIONS ÉTUDIÉES

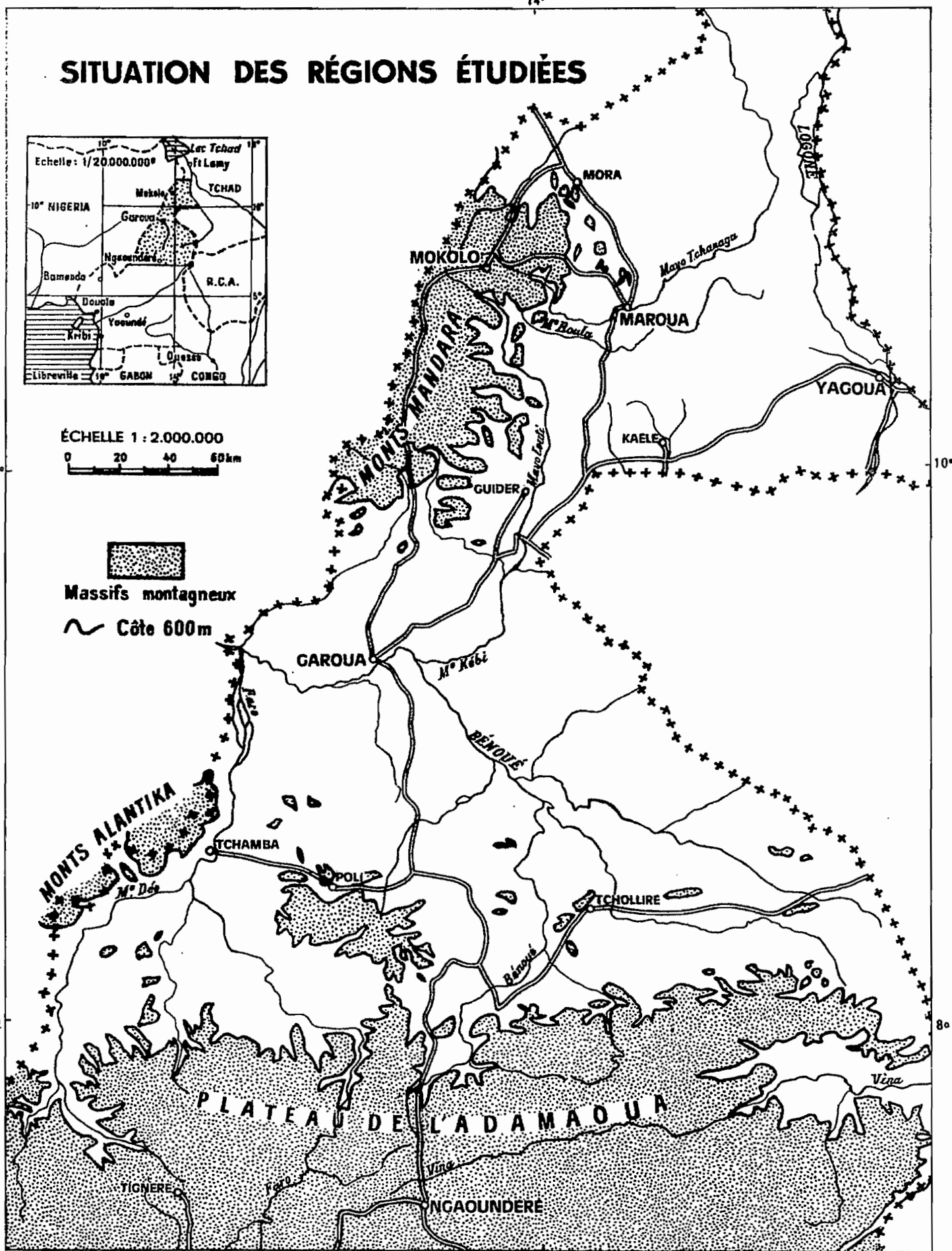


ÉCHELLE 1 : 2.000.000



Massifs montagneux

~ Côte 600m



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.

La végétation est une savane arborée et boisée vers le Sud, plus herbeuse dans la vallée de la Bénoué et ses abords, tandis que la steppe à épineux a une limite imprécise vers le Nord.

#### LES RELIEFS CUIRASSES DU QUATERNAIRE ANCIEN

Au Sud du 9° 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 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. Cette cuirasse à l'Est de Tcholliré (plaine de Koum) est au contraire formée sur les grès sédimentaires du crétacé moyen.

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

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

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, avec parfois de la montmorillonite.

Il semble bien qu'on soit en présence d'une altération assez poussée, mais moins forte que dans les sols ferrallitiques, de type bisiallittisation (G. PEDRO 1966) ou faiblement ferrallitique.

Rien dans le paysage du Nord-Cameroun ne permet d'affirmer que ces témoins cuirassés soient les restes de pénéplanations multiples en fonction du niveau de base local. De plus beaucoup de ces reliefs cuirassés apparaissent comme des formes de climat sec formées sur le piémont de reliefs montagneux.

L'altitude de 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° 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.

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 situer. La découverte que nous avons faite très récemment au Nord de l'Adamaoua, dans une terrasse ancienne du Mayo Déo (affluent du 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 analogues à celles des paysages environnants sur socle en place ou sédimentaire du bassin de Kontcha, et contiennent une industrie à galets aménagés (pebble-culture) actuellement en cours d'étude.

Ceci permet de penser que la formation d'une grande partie de ces reliefs cuirassés remonte 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 sédiments argilo-sableux, dans le bassin de la Benoué, en Nigeria.

## EROSION ET SEDIMENTATION AU QUATERNAIRE MOYEN

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

L'existence de "terrasses fluviatiles" quaternaires et de glacis d'épar-  
dage 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 Benoué.

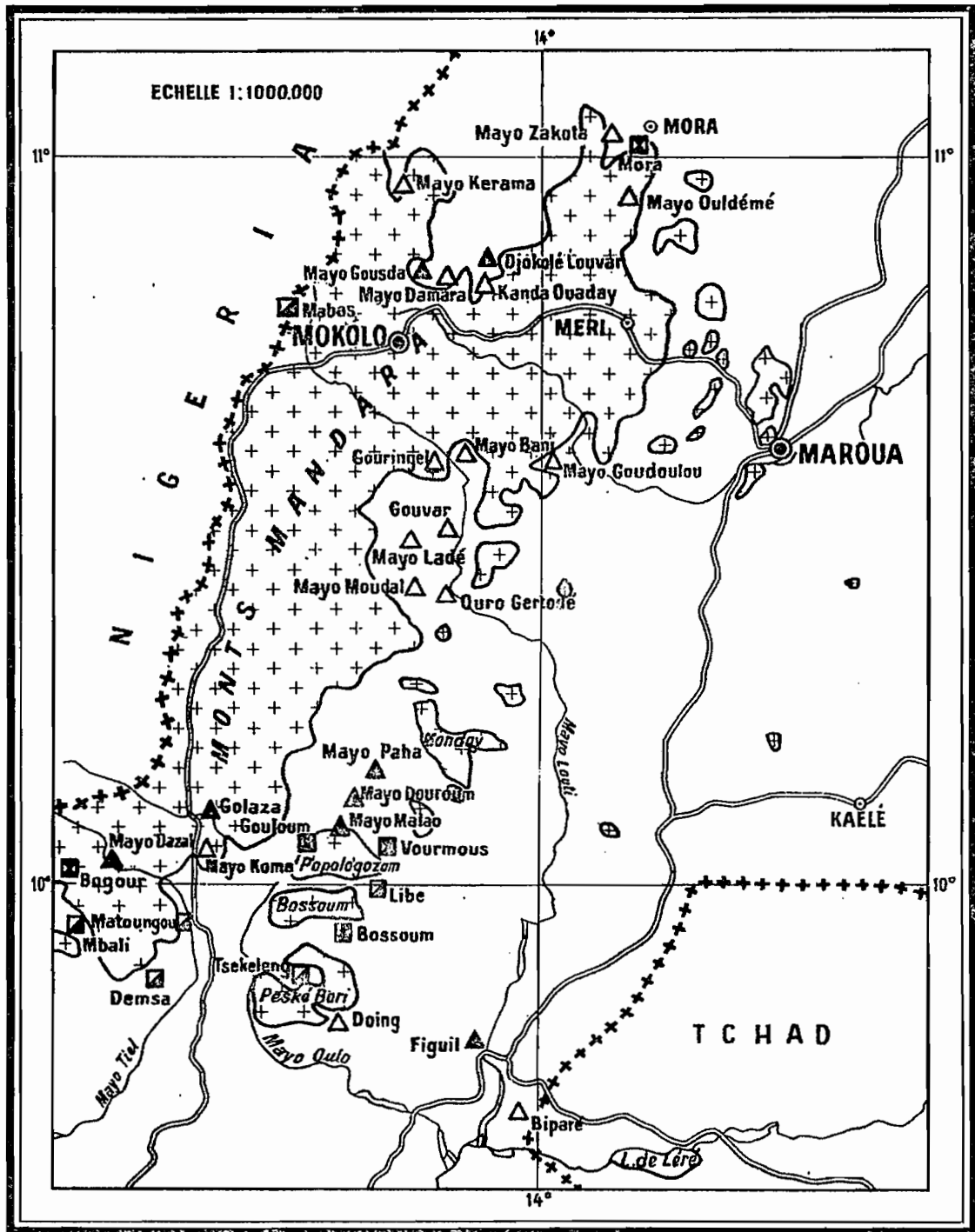
Nous avons montré (J. HERVIEU 1967) que des oscillations climatiques sont certainement à l'origine de ces formes d'accumulation. A cette période d'accumulation et aux dépôts correspondants, nous avons donné le nom de Douroumien, du nom du Mayo Douroum le long duquel on observe un glacis terrasse bien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

Avant ces dépôts, l'érosion prédouroumienne s'est faite probablement en climat tropical sec 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.

Ces dépôts 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 indique qu'avant la phase d'aridité douroumienne, l'érosion des sols rouges fersiallitiques sur socle en place, ou faiblement ferrallitiques vers l'Adamaoua, était déjà considérable, ce qui est confirmé par la répartition sporadique actuelle de ces sols.

Les glacis douroumiens ont eu une extension plus grande que celle observée actuellement. Ils apparaissent aujourd'hui comme des formes résiduelles en cours de dissection climatique. La pente d'érosion récente de ces formations

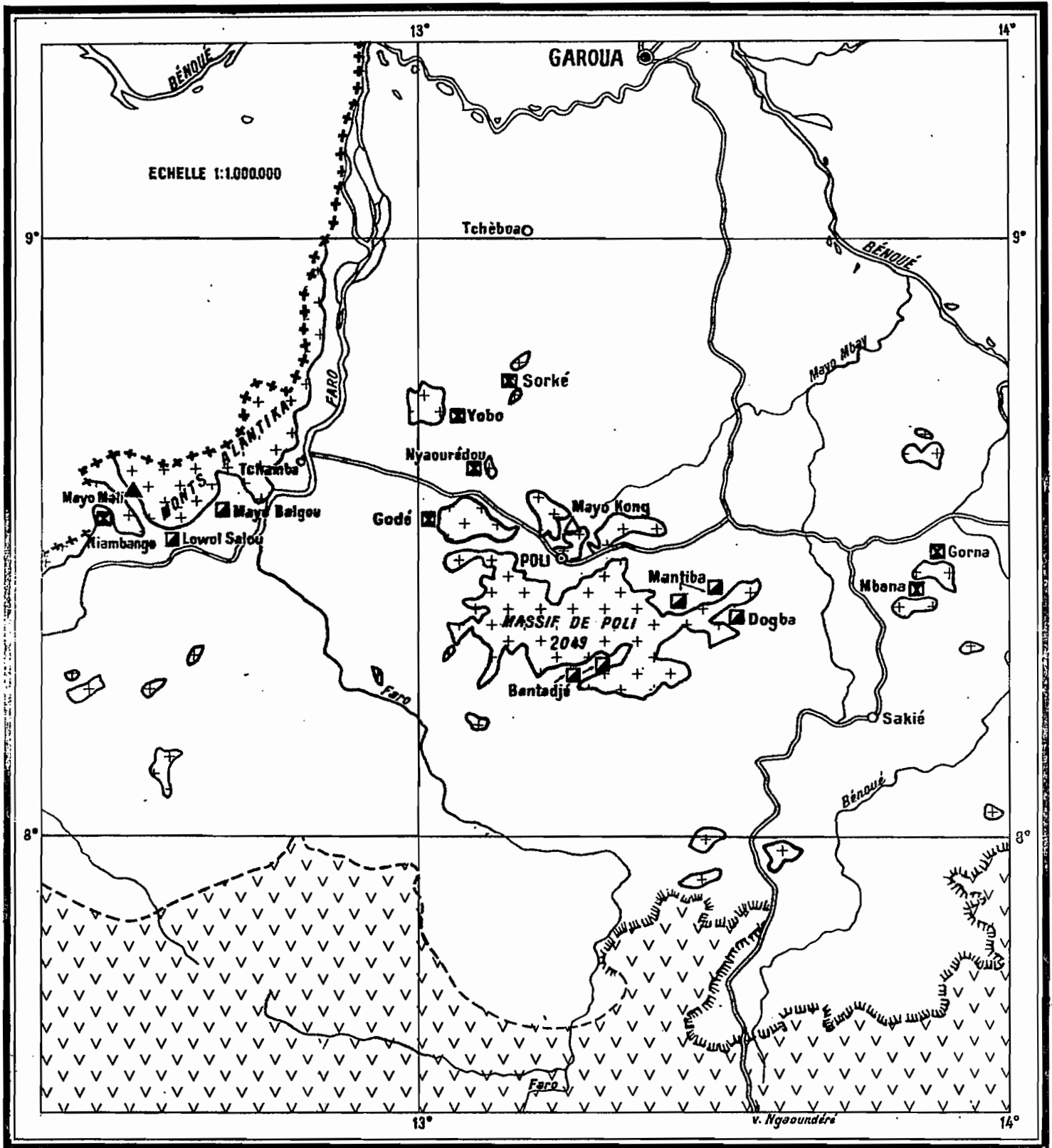
# EXTENSION ET RÉPARTITION DES DÉPÔTS QUATÉRNAIRES DOUROUMIENS DANS LE NORD CAMEROUN



## 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

# EXTENSION ET RÉPARTITION DES DÉPÔTS QUATÉNAIRES DOUROUMIENS DANS LE NORD CAMEROUN (suite)



### Légende

- |  |   |
|--|---|
| <p>▲ ————— Glacis terrasse assez bien conservé</p> <p>△ ————— Dépôts de vallées érodés ou peu étendus</p> <p>⊕ ⊕ ————— Massifs cristallins</p> <p>⌞⌞⌞ ————— Escarpement septentrional de l'Adamaoua (dénivellée 500 à 1000 mètres)</p> | <p>■ ————— Glacis de piedmont bien conservé</p> <p>⊠ ————— Glacis de piedmont résiduel très érodé</p> <p>∇ ∇ ————— Hauts reliefs centraux</p> |
|--|---|



est supérieure à la pente originelle des dépôts, laquelle varie entre 3 et 10 % (pente moyenne 5 %).

La présence de glaciers de piedmont 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 glaciers d'accumulation pure ou d'ennoyage (terminologie J. TRICART 1961, P. BIROT et J. DRESCH 1966), ayant fossilisé un relief antérieur cristallin, plus ou moins argilisé mais non aplani.

### LA PEDOGENESE PESKEBORIENNE

Les glaciers 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 glacier rubéfié étudié en premier lieu dans le massif du Peské-Bori, au Sud des Mandara).

Le profil est du type A B C.

L'horizon A de 20 à 25 cm au maximum, un peu humifère, est riche en sables et graviers, appauvri en éléments fins par l'érosion en nappe.

L'horizon B est épais en moyenne de 1 m à 1,50 m, souvent 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 glaciers de piémont en particulier, un horizon B/C ou 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. Un réseau vacuo-

laire peut apparaître et cet horizon durcit à l'air pour donner une carapace qui reste en relief dans les ravins d'érosion.

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.

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

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 ou la kaolinite, associée à l'illite, domine. Les horizons rubéfiés contiennent également un peu de goethite et des traces d'hématite.

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 (D. 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 Benoué, de tels types d'altération sont fréquents même s'ils ont subi une évolution différente par suite de remaniements en surface. En effet, ces sols rouges sont souvent enfouis sous des matériaux caillouteux lessivés et des pavages de quartzites.

Les sols rouges sur granite calco-alcalin à gros grain ont été très érodés, mais le type d'argilisation et la rubéfaction tels que nous les avons décrits peuvent être encore observés localement et le granite argilisé mais non rubéfié dans tout le bassin de la Benoué.

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.

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.

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 avec le 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.

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

#### L'EVOLUTION MORPHOCLIMATIQUE RECENTE ET LE MILIEU ACTUEL

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

Dans les basses vallées elles-mêmes, la terrasse douroumienne, probablement moins haute que dans les glacis-terrasses, a été fortement déblayée.

L'entaille 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 hydromorphie dans les arènes, laisse supposer qu'à cette période, l'érosion n'a pas atteint la durée et l'intensité de l'érosion douroumienne.

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

Localement, ces sédiments de couleur claire, beige ou jaunâtre, à évolution pédologique limitée, ont fossilisé le sol rouge peskéborien.

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 gris noirâtre, plus ou moins hydromorphe qui correspond probablement au début de la phase semi-aride.

A cette phase et à ces dépôts nous avons donné le nom de Bossoumien du nom du massif de Bossoum dans les monts Mandara.

Dans la vallée de la Benoué, la terrasse qualifiée de récente, 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. Dans la vallée principale, en particulier à Ourobe 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 jaunis ou sur des grès feldspathiques altérés.

Un vertisol acide, prélevé à Adoumri sur la terrasse bossoumienne, le long du Mayo Kebi, par G. SIEFFERMANN et daté au Centre des Faibles Radioactivités du CNRS par G. DELIBRIAS, a donné comme mesure d'âge :  $10.100 \pm 230$  ans B.P. (\*)

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 glacis de dénudation à rochers-champignons ou à "Castle-Koppies".

---

(\*) Des essais de datation seront effectués prochainement sur des paléosols argileux du Douroumien, prélevés dans les monts Alantika.

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 %) et affleurements fréquents de dalles rocheuses. Dans les grès au contraire, les interfluves sont beaucoup plus larges (plusieurs kms), à pente très faible ; le réseau hydrographique est peu encaissé.

Deux faits apparaissent fondamentaux dans les caractères de la pédogénèse 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.

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

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 horizons B très argileux, ont été étudiés dans les travaux de P. BRABANT (1967), F.X. HUMBEL (1968), D. MARTIN (1968).

Il est évident qu'au quaternaire ancien aussi bien qu'au époques dou-roumienne et bossoumienne, les glacis n'ont pas envahi la totalité du paysage. Lors des phases érosives et des phases de dépôts, il est peu probable que rien ne soit produit sur les interfluves éloignés des hauts reliefs granitiques. L'érosion en nappe et les épandages ont dû jouer largement lors des phases semi-arides.

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 cristallin ou sédimentaire, qu'il est difficile de ne pas envisager pour les expliquer l'action des changements de climats quaternaires avec les modifications du milieu pédogénétique qu'ils ont entraîné. Si le terme des glacis ne peut être appliqué à tous les interfluves actuels, les phénomènes qui conditionnent le modelé en régions sèches restent généralisables, en particulier le ruissellement en nappe sous couvertures végétales clairsemée, incapable, en pente faible, d'exporter régulièrement vers les oueds les débris 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.

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 pédogénèses 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 sol hydromorphes à pseudo-gley lithomorphes (D. 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.

x

x

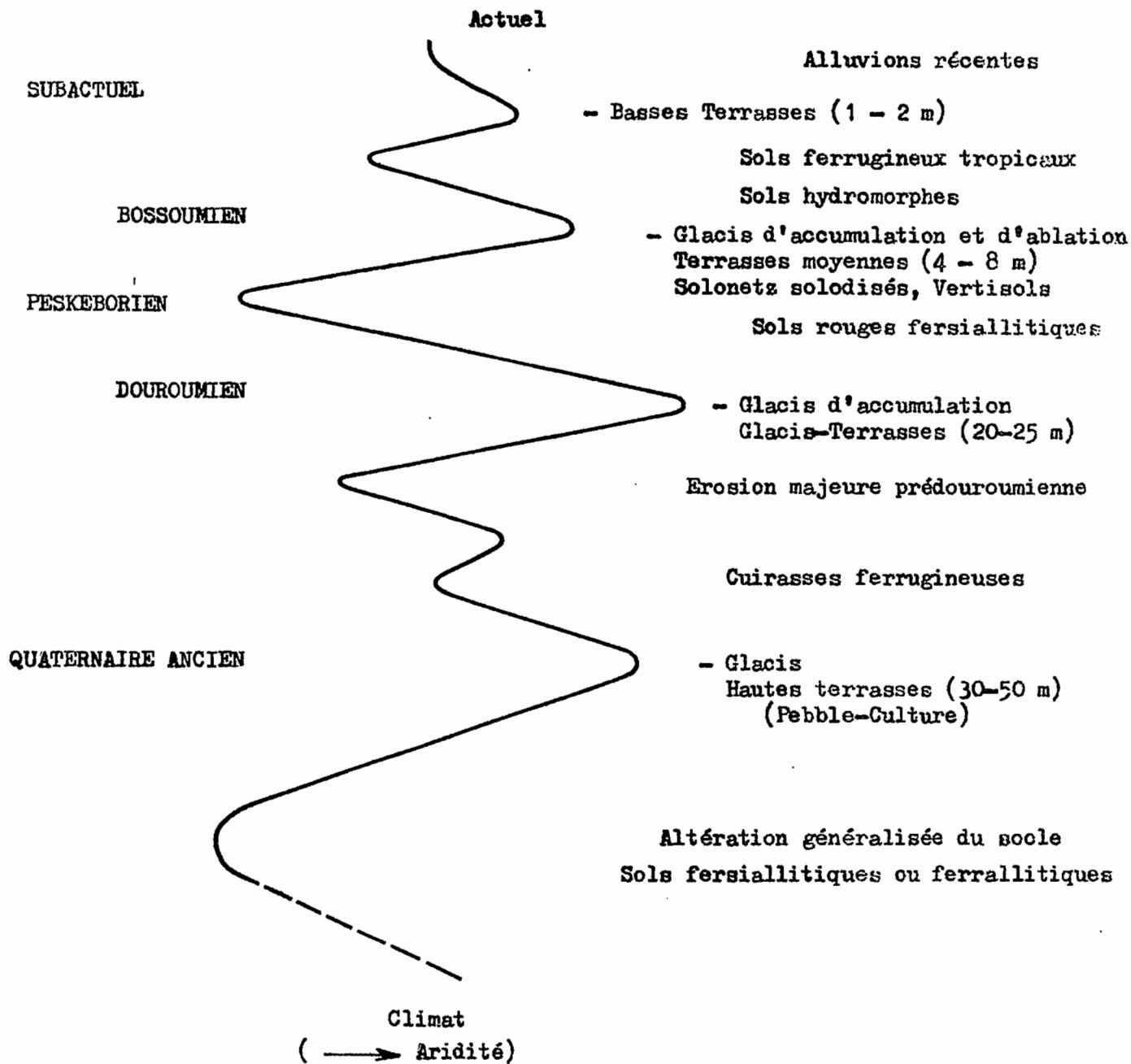
x

## CONCLUSION

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 L. BALOUT (1952) et J. TRICART (1956 - 1963), qui aboutit à admettre un véritable balancement des zones climatiques.





- Esquisse des variations climatiques au Nord-Cameroun -

Références Bibliographiques

- BIROT (P.) et DRESCH (J.) 1966 - Pédiments et glacis dans l'Ouest des Etat Unis, Ann. de Géogr. n° 411, p 513-552.
- BRABANT (P.) 1967 - Contribution à l'étude des sols à horizons blanchis dans la région de Garoua (Nord-Cameroun), ORSTOM Yaoundé, multigr. 85 p.
- HERVIEU (J.) 1967 - Sur l'existence de deux cycle climato-sédimentaires dans les monts Mandara et leurs abords (Nord-Cameroun). Conséquences morphologiques et pédogénétiques. C.R.A.C. Sc., t 264, série D p 2624-2627.
- HUMBEL (F.X.) 1968 - Contribution à l'étude des sols à horizons caillouteux du Nord-Cameroun. ORSTOM Yaoundé, Multigr, 55 p.
- MARTIN (D.) 1968 - Les sols hydromorphes à pseudo-gley lithomorphes du Nord-Cameroun, ORSTOM Yaoundé, mutigr. 86 p.
- MARTIN (D.), SIEFFERMANN (G.) et VALLERIE (M.) 1966 - Les sols rouges du Nord-Cameroun. Cah. ORSTOM, Série Pédol. vol IV, n° 3, p 3-28.
- PEDRO (G.) 1966 - Essai sur la caractérisation géochimique des différents processus zonaux résultant de l'altération des roches superficielles (cycle aluminosilicique). C.R.Ac.Sc. t 262, Série D, p 1828-1831.
- TRICART (J.) 1956 - Tentative de corrélations des périodes pluviales africaines et des périodes glaciaires. C.R.Som.Soc.Géol.Fr., 28 mai p 164-167.
- TRICART (J.) 1961 - Le Modelé des régions sèches, fasc. II, Centre de Documentation Universitaire, 179 p. multigr.
- TRICART (J.) 1963 - Oscillation et modifications de caractères de la zone aride en Afrique et en Amérique latine lors des périodes glaciaires des hautes latitudes in : Les changements de climat, colloque de Rome, UNESCO, p 415-419.