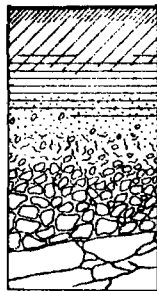


**LES GRANDES DIVISIONS DU QUATERNAIRE  
DE REGIONS OUEST-AFRICAINES ETABLIES  
SUR DES BASES PEDOLOGIQUES**



**OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER**

**CENTRE ORSTOM DE YAOUNDE**

1970



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

REPUBLIQUE FEDERALE DU CAMEROUN

-----

C E N T R E    O R S T O M  
D E  
Y A O U N D E

LES GRANDES DIVISIONS DU QUATERNAIRE DE REGIONES  
OUEST-AFRICAINES ETABLIES SUR DES BASES PEDOLOGIQUES

par

M. G A V A U D

(Note présentée au Congrès International de Géologie  
Africaine - IBANDAN, 1970).

P.     183

DECEMBRE 1970

## R E S U M E

Des études pédologiques et géologiques menées du bassin du Tchad à celui du Sénégal en milieu soudanien et sahelien aboutissent à des histoires parallèles des sols et des formes topographiques, avec toutefois plus de différences pour ces dernières. La nature le plus souvent statique et extensive de ces travaux implique des hypothèses simplificatrices quant aux relations entre la pédogénèse et la morphogénèse. Le déroulement du Quaternaire est alors conçu comme une péjoration climatique constante vers l'aridité variée par des pseudo-cycles pluviométriques, divisée en quatre périodes par le type de pédogénèse, chacune correspondant à un nombre petit mais variable de modelés étagés.

---

## S U M M A R Y

Pedological and geological studies led from Chad to Senegal basin under sudanese and sahelian conditions abut to parallel histories of soils and topographic forms, the latter being however more different. These extensive and static kind of works imply simplifying hypothesis between morphogenetic and pedogenetic relations. Thus the Quaternary succession concept is thought as a continuous climatic degradation towards aridity, with rainfall pseudo-cycles, divided into four periods according to pedological process, each of them corresponding to some stepped landforms.

## I - INTENTION

L'objet de cette note est de présenter un bilan critique de la chronologie relative des sols obtenue par les études de reconnaissance pédologiques, géologiques et géomorphologiques à un moment où ces dernières sont progressivement remplacées par des études plus approfondies. Seuls les travaux portant sur des territoires dont l'auteur avait une expérience directe ont été utilisés. A ce titre l'auteur doit beaucoup aux chercheurs et prospecteurs des Universités et des Instituts spécialisés locaux : Universités de Samaru et de Iakar, B.R.G.M., O.R.S.T.O.M., D.O.S.

## 2. SITUATION

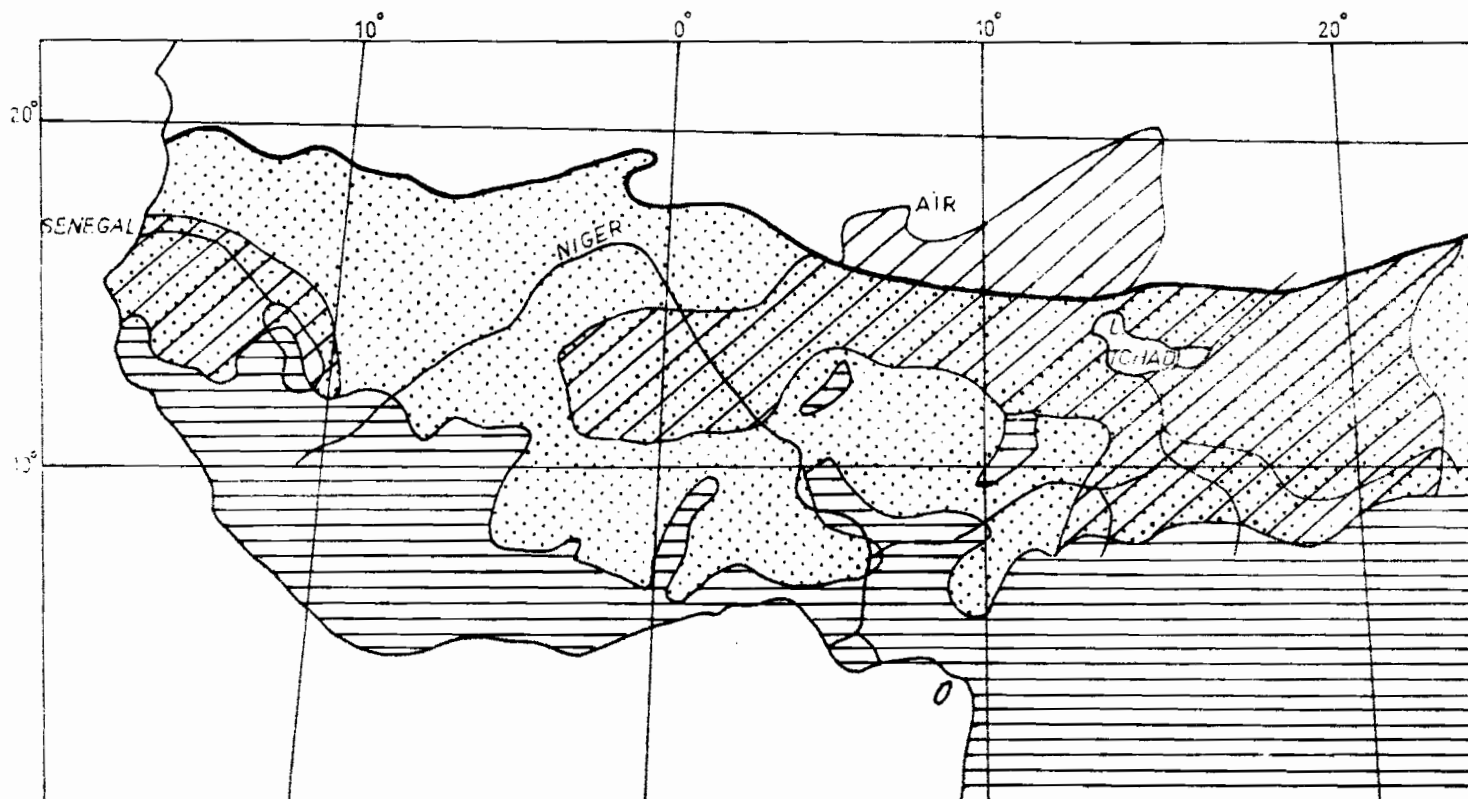
En Afrique de l'Ouest les paysages quaternaires les plus contrastés s'observent à l'intérieur des domaines climatiques sahéliens et soudanais, entre le Sahara au nord et la zone humide à Sols Ferrallitiques au sud. Là des sols dunaires fossilisent des cuirasses ferrugineuses alors que des altérites kaoliniques épaisses de plusieurs dizaines de mètres voisinent avec des argiles gonflantes pelliculaire. Entre les bassins du Tchad et celui du Sénégal de nombreux travaux ont servi de base à des reconstitutions de l'histoire des modelés et des sols. La plupart de ces études sont de nature statique et extensive de sorte qu'elles ne permettent pas une approche directe de la genèse des sols ni des modelés. La validité de leurs conclusions repose en grande partie sur des hypothèses qui s'efforcent de suppléer à cette insuffisance dans le domaine de la dynamique des paysages. Ces pré-supposées sont des déductions empiriques tirées des caractères les plus constants de la géographie des sols et des modelés. Il est donc indispensable de les examiner une à une avant de passer à la description des paysages.

## 3. LES REGLES USUELLES DE L'INTERPRETATION DE LA GEOGRAPHIE DES SOLS.

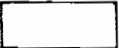
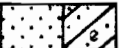
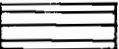
### 3.1. Utilisation du degré d'évolution des sols comme repère de datation relative.

Dans la région étudiée l'histoire des sols s'étend à tout le Quaternaire sans en déborder beaucoup. Les datations du Quaternaire récent par le radio-Carbone sont peu nombreuses et

Fig. 1-CROQUIS DE SITUATION



d'après carte des sols d'Afrique - C. C. T. A. 1954

-  Sols des Déserts
-  Zone soudano-sahélienne: sols ferrugineux, Solonetz, Vertisols etc ...  
e . études régionales citées
-  Sols ferrallitiques et Ferrisols

échelle : 1/2500000

d'interprétation difficile. La matière organique fossile est rare ; elle appartient généralement à d'anciens sols mal drainés malaisément rattachables au reste de la séquence. De même l'âge des dépôts carbonatés est souvent dans un rapport indéterminé avec celui du profil. Les datations du Quaternaire ancien par des radio-éléments lourds restent exceptionnelles. On tente de remédier à l'insuffisance quantitative et qualitative des datations radiométriques en admettant que les successions de sols les plus vieilles sont celles où dominent les sols les plus différenciés. L'ordre de différenciation décroissant établi par les tous premiers travaux pédologiques est le suivant : Sols Ferrallitiques, Sols Ferrugineux et sols connexes (Ferrisols, Sols Ferrallitiques), Sols Halomorphes Lessivés et Vertisols, Sols Hydromorphes et Salins, Sols Peu Evolués. Cette succession est en même temps parallèle au degré d'altération du matériau de sol, les sols les plus évolués étant kaoliniques et ferrugineux, parfois alumineux, les sols juvéniles contenant des argiles gonflantes ferrifères, des carbonates et autres sels.

Cette règle n'est valable en toute rigueur que pour des séquences et non pour des profils isolés relictuels, ces derniers ayant pu appartenir à des séquences différentes diversement déterminées par des facteurs locaux :

- des Sols Ferrallitiques peuvent se former en tête de séquences à Sols Ferrugineux dans de bonnes conditions de drainage sur des matériaux déjà très altérés.
- le cuirassement affecte une grande variété de sols et se forme plus vite où affluent les solutions, en des sites où la plupart des coupes naturelles seront ultérieurement entaillées.
- des Vertisols et autres sols à argiles gonflantes peuvent s'associer à des Sols Ferrugineux bien différenciés, particulièrement dans des régions mal drainées comme la bordure de la cuvette tchadienne au Cameroun.

Elle est cependant très largement utilisée, implicitement ou explicitement, pour la corrélation à de grandes distances des témoins pédologiques et morphologiques, notamment des cuirasses.

### 3.2 - Utilisation de l'étagement des modelés comme repère de datation relative.

La disposition étagée des modelés est constante et ne s'atténue sans disparaître jamais que dans les cuvettes subsidentes

(Tchad, Sénégal) ou vers les régions humides méridionales. Le déterminisme supposé de cette disposition, qu'il soit tectonique, eustatique ou climatique, est toujours tel qu'il permette de considérer les niveaux les plus élevés comme les plus anciens. Cette règle est en général compatible avec la première, les sols les plus élevés étant aussi les plus différenciés. Les massifs montagneux font toutefois exception car l'excès de l'érosion y donne au matériau des caractères de grossièreté, de richesse en minéraux altérables qui limite la pédogénèse à un petit nombre de sols, peu ou moyennement différenciés, pour ne pas parler des montinsules les plus vénérables où n'existent que des Sols Minéraux ou Régoliques. C'est ainsi que sur deux modelés successifs on peut retrouver des sols voisins ou encore observer les plus jeunes sur la forme amont. De façon générale il n'est pas recommandé de traduire en termes de chronologie des ressemblances de la couverture superficielle établies pour des modelés trop différents.

C'est à une difficulté de même nature que l'on se heurte lorsqu'on veut étendre une chronologie relative fondée sur l'outillage lithique, le matériel emballant ce dernier ayant souvent une texture inhabituellement grossière (cailloutis) ou étant situé de façon exceptionnelle.

### 3.3 - Le principe de l'alternance des périodes de pédogénèse et d'érosion.

Il attribue l'étagement à des phases successives de façonnement érosif du modelé alternant avec des phases de stabilité topographique, d'altération, de pédogénèse. On a de bonnes raisons d'estimer, sur la foi d'observations déjà anciennes et d'études récentes de dynamique des sols, que cette règle schématise à l'excès une réalité plus nuancée :

- les héritages rompent parfois la liaison entre un modelé et une altération déterminée. Plusieurs formes peuvent être creusées dans la même altérite.

- la pédogénèse et l'érosion ne sont pas dissociées mais au contraire fortement et génétiquement associées dans des sols aussi répandus que les Sols Ferrugineux.

- à l'exception d'épisodes désertiques indiscutables, l'absence de sols pendant les périodes de morphogénèse, ou encore l'existence de périodes pendant lesquelles l'érosion est indépendante de la couverture pédologique est moins un fait dûment constaté qu'une fiction méthodologique. Une transformation continue et parallèle des sols est plus vraisemblable. Malheureusement les études qui permettraient de définir les étapes de la formation des paysages ne font que commencer de sorte que cette dernière hypothèse ne peut être exploitée.

3.4 - Les sols et les modelés utilisés comme des repères climatiques . Le cycle climatique et les climats localement inactuels.

Le principe de zonalité appliqué aux séquences de sols et à certains sols bien drainés permet de les considérer comme des témoins climatiques. D'autre part l'aspect sédimentologique de parties de la couverture superficielles (dunes et cailloutis), la forme des pentes (linéaires ou concaves) suggèrent des climats relativement secs et agressifs pour les phases morphogénétiques. La conséquence en est que la traduction climatique du principe de l'alternance de la morphogénèse et de la pédogénèse est le cycle ou pseudo-cycle climatique pendant lequel une phase plus humide succède à une phase plus aride, schématiquement un Pluvial à un Aride.

Une autre conséquence logique de la méconnaissance des étapes de la pédogénèse est cette opinion que la plupart des caractères pédologiques ont été acquis pendant la phase pluvieuse contemporaine de la stabilisation du modelé et qu'ils n'ont été que médiocrement modifiés par les phases pluvieuses ultérieures. Le facteur temps et le cumul possible des pédogénèses sont ainsi minorisés. Cette hypothèse en implique nécessairement une autre dans le cas fréquent où l'intensité de la pédogénèse décroît vers les modelés inférieurs, à savoir la diminution des précipitations d'une phase pluvieuse à l'autre et par suite l'inactualité locale des climats correspondant aux phases pédogénétiques anciennes. On remarquera que cette deuxième hypothèse peut apparaître comme moins nécessaire, par une confusion entre les déterminismes du matériau et du climat, dans les massifs accidentés où les pédogénèses se ressemblent davantage.



L'inactualité climatique est cependant plus certaine en ce qui concerne les phases morphogénétiques dont les sédiments ne se forment plus localement : dunes, cailloutis.

### 3.5 - L'estimation des climats anciens

Bien que l'estimation des climats soit compromise par l'hypothèse de leur inactualité locale on s'y essaie toujours en admettant, sur la foi de la spécificité et de la disposition zonale des sols intertropicaux, que dans le passé ce sont des climats aux caractères actuels qui se déplacèrent en latitude. En fait des caractères pédologiques ou sédimentologiques, de phase sèche ou de phase humide, ne s'expliquent guère dans le contexte climatique de l'Afrique de l'Ouest : importantes accumulations de calcaire au Quaternaire moyen et récent dans les bassins du lac Tchad, du Niger, du Sénégal, vastes épandages de cailloutis à de grandes distances des reliefs. Il semble que des températures plus basses que de nos jours et des concentrations pluviales extrêmes aient été nécessaires pour produire ces phénomènes. L'hypothèse de types climatiques différents trouve un support dans les théories qui font dépendre les climats de la combinaison de paramètres astronomiques, combinaisons uniques ou très longuement cycliques. Par exemple, selon E. BERNARD (1959), les paramètres actuels indiquent une période "interglaciaire" avec un "displuvial" plutôt localisé à l'hémisphère sud et peu accentué aux latitudes septentrionales, soit une situation où les contrastes pluviométriques sont relativement faibles dans la zone intertropicale nord, avec cette conséquence que certains types de climat peuvent ne plus exister de nos jours.

L'estimation des pluviosités correspondant aux phases de formation des sols est donc peu fondée dans sa démarche et imprécise dans ses résultats. Généralement on ne peut rien dire de plus que tel processus corrélé avec un fait sédimentologique ou hydrologique impliquant des précipitations plus élevées a disparu depuis telle période de temps. On a voulu aller parfois plus loin en utilisant cette observation remarquable que les sols méridionaux sont à la fois moins divers et plus différenciés que dans la zone soudano-sahélienne. On a pu en conclure que les pluviosités des régions humides avaient peu varié, qu'en conséquence leur volume actuel pouvait être du même ordre de grandeur que lors de la formation

des sols ferrallitiques, ferrisoliques ou ferrugineux indurés ne formant plus que des reliques dans la zone sahélienne et soudanienne. En fait cette disposition des sols est due à ce que leur degré de différenciation croît d'abord très vite avec la pluviosité puis se stabilise au niveau ferrallitique alors même que les précipitations sont encore multipliées par un facteur supérieur à 2. Le gradient climatique latitudinal n'ayant pas évidemment changé de sens et d'autre part les sols différenciés se prêtant très peu à une réorganisation dans un milieu climatique différent il est normal que les sols ferrallitiques aient fini par envahir tout le paysage aux latitudes où les minima pluviométriques n'étaient pas assez prononcés pour les déblayer. Telle est la signification de la limite septentrionale des sols ferrallitiques.

Des évaluations moins douteuses portent sur les minima des amplitudes pluviométriques de cycles établies par comparaison des répartitions actuelles et passées de lacs phréatiques (H. FAURE, 1966) et de dunes vives. Elles varient de 400 mm à 900 mm.

Les quelques résultats d'analyses polliniques connus sont difficiles à utiliser dans ce but parce que relatifs à des milieux à pédoclimat plus humide que dans l'environnement immédiat. Par exemple une population pollinique fortement graminéenne sur alluvions n'implique pas nécessairement un climat "steppique" car il existe des prairies induites par un engorgement excessif du sol.

### 3.6 - Les divisions du Quaternaire

Les divisions habituelles fondées sur des critères morphogénétique, chaque épisode coïncidant avec la durée d'élaboration des formes liées à un cycle climatique ou à chacune de ses parties, parfois à une industrie lithique, conviennent mal à une histoire des sols. Elles en dissimulent la simplicité sous un foisonnement d'épisodes divers tout en faisant une interprétation des moins certaines des relations entre la morphogénèse et la pédogénèse ainsi que des climats anciens. Nous allons ci-dessous dégager de travaux récents les caractères constants de la succession chronologique des sols qui pourraient servir de base à une histoire pédologique mieux fondée du Quaternaire.

La corrélation avec la chronologie générale du Quaternaire extratropical ne sera pas abordée car elle est largement prématurée. Pour le Quaternaire récent nous suivrons l'opinion commune qui corréle les arides avec les glaciaires et inversement (J. TRICART, 1956), considérant les modifications climatiques comme un balancement latitudinal des centres d'action atmosphérique.

## - ETUDES REGIONALES

### 4.a - ETUDES PEDOLOGIQUES EXTENSIVES

#### 4.1 - Le Niger méridional (M. GAVAUD, 1967)

L'acquis pré-Quaternaire est considérable et consiste en roches et matériaux très évolués : grés kaoliniques et arkosiques du continental intercalaire et hamadien, puissante altérite kaolinique Paléocène, grés kaoliniques et ferrugineux Néogènes (Continental Terminal) en dérivant. Le début du Quaternaire est conventionnellement défini par un cuirassement très étendu scellant une pénéplaine s'étendant du bassin Mio-Pliocène à ses bordures du socle et du Crétacé continental. Bien que ferrugineux il se distingue des cuirassements plus tardifs par son épaisseur considérable (10 m) par son invariance latitudinale et topographique, par sa microstructure évocatrice d'une altération des quartz, d'une trame de type ferrallitique, d'une ferritisation dissociée des mouvements de l'argile. Ces caractères sont attribués à un pédoclimat plus humide qu'aucun de ceux qui suivront.

Le Quaternaire proprement dit est conçu comme une succession de périodes pédologiques caractérisées chacune par le même degré d'évolution des sols prépondérants et comprenant un ou plusieurs "cycles" climatiques définis par autant de modelés étagés. La diminution de l'évolution des sols est attribuée à une baisse continue des pluviosités pédogénétiques au cours du temps. L'apparition de phases franchement désertiques à la fin du Quaternaire traduirait cette péjoration climatique au niveau des fluctuations sèches.

Une première période pédogénétique a laissé des cuirasses actuellement perchées, restes de glaciaires et de détresse (M.I) étagés au-dessous des plateaux de l'ancienne pénéplaine. Ce sont des horizons B indurés de séquences à Sols Ferrugineux Lessivés, très localement Faiblement Ferrallitiques en des sites élevés sur grés de

l'extrême sud du Niger. Le cuirassement est deux à trois fois moins épais que sur la pénéplaine mais est encore peu sensible au gradient latitudinal entre 250 mm et 900 mm de pluies actuels, ce qui indique une pluviosité ancienne encore très forte. Les structures indiquent des translocations associées des argiles kaoliniques et des hydroxydes de fer, ainsi qu'une forte hétérogénéité du squelette minéral. Cette dernière s'exprime macroscopiquement par des horizons graveleux s'achevant en terrasses à galets à la base des glacis et versants. Sur le socle cet ensemble se subdivise en deux modelés successifs étagés (M.I a et M.Ib) alors que sur les grés il paraît unique.

La seconde période a laissé des modelés encore fonctionnels sur leurs parties versantes et établis au niveau du vieux front d'altération Paléocène sur le socle. Dans les sols, dont au moins une partie des processus de formation est encore actuelle, la ferritisation ne dépasse pas en moyenne le stade concrétions. Le gradient latitudinal, pour la première fois très sensible, et vraisemblablement deux "cycles" font se succéder du sud au nord deux paysages distincts entre lesquels toutefois peuvent exister des liaisons génétiques empêchant une séparation trop tranchée. Il existe partout, mais inégalement développée selon le substrat et le type de pédogénèse, une nappe ou horizon graveleux à la base du solum. Elle s'épaissit en bas de pente en une minime terrasse. Au sud les pentes (M.2) portent des restes de séquences à Sols Ferrugineux Lessivés à concrétions, localement cuirassés. Ce paysage s'amenuise vers le nord en se restreignant aux sommets d'interfluves puis disparaît. Il est alors remplacé par les "glacis nus" dont les caractères expriment mieux un changement profond de la pédogénèse attribué à une réduction de la pluviosité. L'agressivité réduite des agents de l'altération s'y exprime par une dépendance réelle et multiple des sols à l'égard de la roche-mère et du matériau :

- séquences à Sols Bruns Eutrophes et Vertisols, ou à Sols Fersiallitiques et Vertisols, sur matériaux à smectites calciques, hérités d'argilites ou produits par l'altération de roches basiques.
- séquences à Sols Ferrugineux Lessivés à concrétions et à Sols Halomorphes lessivés ou planiques (I) ou séquences à Sols Halomorphes et Vertisols sur matériaux smectitiques sodiques issus de roches plagioclasiqque calco-alcalines et alcalines.

---

(I) cette séquence n'a été découverte qu'à la suite de travaux spéciaux de G. BOCQUIER (1967) en République du Tchad.

- séquences à Sols Ferrugineux Lessivés, Sols Hydromorphes lessivés, Vertisols sur matériaux à hydromicas hérités de shales.
- séquences à Sols Ferrugineux Lessivés à Taches et Concrétions Sols Hydromorphes lessivés, sur argiles kaoliniques héritées d'argilites ou de vieilles altérites.

Une troisième période se caractérisera moins par l'atténuation de la pédogenèse des bas-modelés (M.2-3) que par la mise en place de matériaux particuliers. Elle débute par une désertification prononcée qui tronque les sols et fossilise leurs restes par des dunes dites anciennes (E.1) qui atteignent l'isohyète actuel de 875 mm. Les horizons graveleux sont repris en dépôts fluviatiles mineurs, les "graviers sous berges" (J. VOGT, 1959), puis remaniés en "reg". Des dépôts de tarissement, nommés "rembali supérieur" (J. VOGT, 1960), recouvrent les graviers de sables argileux très fins, plus rarement d'argiles. La phase pédogénétique suivante reconstitue les sols des bas-modelés (M.3) au dessus des "reg" et forme des Sols Ferrugineux Peu Lessivés sur les dunes et remblais sableux, au moins jusqu'à la limite actuelle du désert où leurs restes ont été retrouvés (R. BOULET, 1966). Des dépôts carbonatés de nappe ou source se déposent aux pieds de versants calcaires ou en bordure de la cuvette tchadienne. La pédogénèse est interrompue par une récurrence désertique qui met en place un second remblai, dit inférieur, et un second erg, dit récent (E.2), remaniant le premier jusqu'à l'isohyète actuel de 650 mm. Elle reprend ensuite en donnant des Sols Ferrugineux Peu Lessivés moins différenciés que les précédents et quantité de Vertisols, de Sols Halomorphes et Hydromorphes sur les dépôts argileux qui colmatent alors les lits majeurs et de nombreuses dépressions endoréiques.

La quatrième période, subactuelle et actuelle, est caractérisée par :

- la disparition du mécanisme de rubéfaction des sables, au moins jusqu'à l'isohyète actuel de 650 mm.
- par la permanence de processus rapides tels que les manifestations de l'hydromorphie, de l'halomorphie, de la formation d'argiles noires, l'appauvrissement des épipédons.
- par une différenciation des épipédons des sols anciens conforme à la pluviosité actuelle et produisant les "Faciès Subarides" (Bruns) au nord.
- par une érosion hydrique généralisée et par de minimes atteintes éoliennes manifestant des déséquilibres édapho-climatiques hérités de fluctuations pluviométriques mineures et accentuées par les défrichements.

La cuvette tchadienne se singularise par l'absence de sols très différenciés. Elle est bordée sur le socle et sur les grès par une auréole cuirassée assimilée à M.2 ; sa cote de base ne varie guère sur 300 km entre 400 et 420 m, indice d'un niveau phréatique ancien, sinon lacustre, à ce niveau ; elle est largement entaillée par des glacis nus (M.3). A l'exception d'ilôts assimilables par leur matériel et par leurs sols au remblai supérieur la cuvette proprement dite est recouverte par des sables éolisés (formation du Manga-Kanem) d'origine fluviatile (PIRARD F., 1965) à Sols Ferrugineux Peu Lessivés juvéniles analogues à ceux des dunes récentes (E.2). En aval cette formation a été fossilisée par des dépôts fluvio-lacustres ne portant que les sols jeunes de la quatrième période pédogénétique : Sols Bruns sur les sables, Vertisols, Sols Halomorphes et Hydromorphes sur les alluvions imperméables. La structure topographique complexe de cet ensemble témoigne de fluctuations pluviométriques nombreuses mais sans incidence sur le type de pédogénèse. Nous citerons : un cordon périlacustre éolisé à 320 m (limite de transgression), un palier lacustre vers 300 m, un second cordon vers 287 m, le rivage actuel étant à 282 m.

#### 4.2 - Le Tchad (J. PIAS, 1968)

L'héritage pré-Quaternaire réunit les restes démantelés d'une cuirasse bauxitique (Oligocène ?), des grés continentaux Mio-Pliocènes. Une "première surface ferrallitique" se situe à la fin du Pliocène ; il n'en reste que des lambeaux de sols rouges kaoliniques profonds qui seraient présents jusqu'en zone sahélienne. L'histoire du Quaternaire est conçue comme une succession de Pluviaux et d'Arides se manifestant par des transgressions et par des régressions lacustres, par la cumulation de pédogénèses de Pluvial (ferrallitiques, ferrugineuses) et d'aride (Vertisols des alluvions exondées).

Sur les bordures cristallines du socle (2) s'établit très tôt une "surface cuirassée générale" ultérieurement déformée par des mouvements tectoniques. Sa base, établie vers la cote 400 m, est toutefois identique à l'auréole cuirassée péri-tchadienne du Niger (1.2). Des glacis à séquences de Sols Ferrugineux - Solonetz-Vertisols lui succède. Ils sont identiques aux glacis nus Nigériens (M.3).

-----  
(2) - la bordure gréseuse est hors du domaine étudié ; une "deuxième surface ferrallitique" aux sols assez bien conservés y succède à la "surface cuirassée générale".

Dans la cuvette l'auteur retace les mises en place successives de :

- "formations anciennes remaniées" étalées, au nord du dixième parallèle, dans le premier delta du Chari, lors d'une première transgression postérieure à la "surface cuirassée générale". Elles évolueront en Sols Ferrugineux Lessivés à Peu Lessivés.
- un premier erg qui atteint le dixième parallèle ; il donnera des Sols Ferrugineux Peu Lessivés et correspond à l'erg ancien du Niger (E.1).
- une "série fluvio-lacustre" ancienne formée d'argiles kaoliniques et montmorillonitiques déposées lors d'une seconde transgression. Elle produira après émergence des Vertisols à nodules calcaires associés à des Sols Halomorphes.
- un deuxième erg s'étend jusqu'au douzième parallèle seulement ; il évoluera en Sols "Brun-Rouge", identiques aux Sols Ferrugineux Peu Lessivés peu différenciés à Faciès Subaride de l'erg récent du Niger (E.2).
- "séries récentes" argileuses (montmorillonite et kaolinite) et sableuses déposées lors d'une troisième transgression dont la limite est le cordon sableux de 320 m, daté de 5.400 BP (J.L. SCHNEIDER, 1967). Elles produiront les Vertisols, les Sols Hydromorphes et Halomorphes, les Sols Peu Evolués qui au Niger caractérisent la quatrième période de pédogenèse.
- une "série argileuse subactuelle à récente" correspondant à une quatrième transgression, à 310 m puis à 287 m, cette dernière cote soulignée par un second cordon sableux ; une "série fluviale subactuelle" correspondant au troisième delta du Chari, des dépôts de bourrelets complètent cet ensemble pédologiquement semblable au précédent.
- des dépôts argileux actuels de polders à Sols Salins et Hydromorphes (cote 282 m).

#### 4.3 - La cuvette tchadienne et sa bordure au Cameroun et en Nigeria

(R.A. PULLAN, 1964 - G. SIEFFERMANN, M. VALLERIE, 1964)

L'héritage pédologique pré-Quaternaire n'a pas été observé. La cuirasse de la fin du Pliocène est connue en Nigéria par des galcts inclus dans la cuirasse ferrugineuse périphérique située approximativement vers 400 m. Cette dernière est l'unique niveau induré au Cameroun où quelques Vertisols y complètent la séquence à Sols Ferrugineux Lessivés cuirassés. En Nigéria elle a été précédée de sols à affinités ferrallitiques (plaine de WAWA, BAWDEN et al. 1968).

Le même schéma de Pluviaux et d'Arides est appliqué à l'histoire de la cuvette. En Nigéria on fait appel à des transgressions et à des régressions liées à la pluviosité alors qu'au Cameroun une partie des régressions est attribuée à l'abaissement du seuil Bénoué-Logone jusqu'à 320 m (G. SIEFFERMANN, 1967).

Un remblai de sables fins argileux corrélé avec les sables de la "première transgression" représente les dépôts superficiels les plus anciens. Au Cameroun il porte les traces d'un retrait du lac par paliers entre les cotes 400 m et 320 m. Il a évolué en Sols Ferrugineux Peu Lessivés à Lessivés, parfois concrétionnés ou à carbonates en profondeur, en Sols Halomorphes Lessivés, en sols vertiques, diversement combinés. En Nigéria il contient de fortes concentrations de carbonate de calcium phréatique (Série Jiggilin, R.A. PULLAN, 1962).

Les dunes longitudinales sud-ouest à Sols Ferrugineux Peu Lessivés qui l'oblitérent prolongent celles du "premier erg" du Tchad qui a ici manifestement atteint le centre de la dépression lors de la régression. Vers la latitude 12°N les Sols Ferrugineux peu différenciés du "second erg" s'y substituent au nord d'une limite linéaire orientée vers l'ouest-sud ouest (M. GAVAUD, 1968).

Les alluvions fluvio-lacustres prolongent celles du Niger et du Tchad avec les mêmes sols sur argiles et sables argileux (Vertisols, Sols Halomorphes) et sables (sols bruns). Les Vertisols équivalents de la "série fluvio-lacustre ancienne" du Tchad ennoient la base des glacis périphériques, nus ou cuirassés, particulièrement au Cameroun. En Nigéria ils n'ont pas été séparés des sols similaires des "séries récentes et subactuelles" qui forment de larges flats ou des cônes d'épandage deltaïques. Les cordons lacustres à sols bruns sont également présents. En Nigéria ils sont localement reliés par une formation intermédiaire de petites dunes transversales nord-sud dont le développement paraît du à ce que le remblai ancien de sables argileux n'a pas été colmaté d'argiles. Cette disposition permet de pressentir une forte régression postérieure au lac de 320 m suivie d'une transgression vers 290-300 m puis d'une régression jusqu'à 287 m; corrélables avec la troisième régression pour la première et à la quatrième transgression pour les deux épisodes suivants.

#### 4.4 - Les abords des massifs du Nord-Cameroun (J. HERVIEU, 1969)

Les sols s'y forment sur des matériaux d'accumulation arénacés n'ayant rien hérités des altérites argileuses kaoliniques anciennes. Morphogénèse et pédogénèse alternent en un cycle d'essence purement climatique dont les étapes sont les suivantes :

- altération et pédogénèse de climat humide "isopluvial".
- creusement de climat moins humide de type "displuvial".



- épandages et accumulations des arènes en "glacis-terrasses" sous un climat sahélien de type actuel.

La répétition de cette alternance a produit quatre niveaux, ou groupements de niveaux, étagés :

- les hauts glacis et terrasses à cuirasses ferrugineuses : la ferritisation porte sur une altération arénacée kaolinique à traces d'illite et parfois des smectites ainsi que sur des cailloutis. L'existence de galets aménagés dans ces derniers leur assigne un âge qui remonte "au maximum au Quaternaire ancien".
- les glacis d'accumulation à cailloutis et arènes remaniées du "Douroumien", phase semi-aride datée (?) de 15.000 à 18.000 BP par des paléosols vertiques enterrés. Le "Peskeborien" est la période humide "isopluviale" suivante qui a formé des sols rouges "fersiallitiques", c'est à dire intermédiaires entre les Sols Ferrugineux et les Sols Bruns Eutrophes : profil ABC, solum rouge et kaolinique, base hydromorphe, smectitique, parfois ferritisée et à nodules calcaires.
- les glacis d'accumulation "Bossoumiens", près de dix fois moins épais. La pédogénèse, datée de 10.100 BP par un sol mal drainé n'y a produit que des Sols Peu Evolués à faciès Ferrugineux ou Hydromorphes.
- les basses terrasses de + 2m, à poteries et industrie lithique très évoluée.
- actuellement l'alluvionnement est peu important. Les "galets sont rares ou absents, sauf à proximité des hauts reliefs". Les horizons de surface des sols anciens sont fortement remaniés, l'hydromorphie secondaire associée au lessivage du fer et accessoirement de l'argile est très répandu.

Un des intérêts de cette étude est de présenter un tableau de la pédogénèse sur des aires d'accumulation grossière qui ailleurs ne sont connues que ponctuellement. Du cuirassement aux Sols Peu Evolués et aux remaniements actuels le sens de son déroulement est le même que sur les aires d'érosion. La pédogénèse "fersiallitique" est l'équivalent de celle qui sur certains bas-glacis (M.3) produit des Sols Ferrugineux rouges à horizons profonds smectitiques et carbonatés. Son extension aux massifs du Cameroun doit davantage au site et au matériau (cf. 3.2) qu'à un climat particulier. Les corrélations les plus vraisemblables sont :

- hauts-glacis équivalents des cuirasses hautes et basses du Niger (M.I-2).
- pédogénèse Peskéborienne équivalente de celle du remblai supérieur, postérieure au premier erg (E.I), en admettant que les dates précitées se rapportent à la pédogénèse et non à la mise en place du glacis Douroumien.
- pédogénèse Boussoumienne équivalente de celle du remblai inférieur, postérieure au second erg.

- 4.5 - Haute Volta (R. BOULET, 1968 - B. KALOGA; 1969).

L'acquis liminaire consiste en restes de deux surfaces d'aplanissement cuirassées bauxitiques puis ferrugineuses et en un manteau d'altération kaolinique épais. Plusieurs cycles érosion-pédogénèse partagent le Quaternaire, décrits selon une terminologie mise au point au Sénégal (cf. infra 4.8) :

- "glacis supérieur" cuirassé et découpé actuellement en buttes-témoins ; il est l'équivalent probable du modelé M.1 du Niger.
- "glacis moyen" cuirassé, formant encore les sommets d'interfluves fonctionnels ; l'équivalent en serait M.2.
- "bas glacis" fonctionnels et rarement cuirassés où, sur des matériaux kaoliniques hérités, se différencient des séquences à Sols Ferrugineux Lessivés souvent remaniés, sur des altérites smectitiques se forment des séquences Sols Bruns-Vertisols ou Solonetz-Vertisols ou Sols Ferrugineux-Vertisols selon le type de roche-mère. Les glacis nus du Niger (M.3) en sont l'équivalent.
- les deux ergs (E.1, E.2) prolongeant ceux du Niger ont été décrits ainsi que les formations alluviales associées (R. BOULET, 1968).

4.b - ETUDES GEOMORPHOLOGIQUES ET SEDIMENTOLOGIQUES

4.6 - Les Bas-Pays du Tchad (M. et S. SERVANT, 1967, 1970)

Cette étude précise a posé de précieux jalons dans le Quaternaire récent, encore que le matériel étudié ne puisse être que conjecturalement rattaché aux pédogénèses de milieu exondé. Les auteurs ont reconnu dans les dépôts des dépressions interdunaires de ce fond de la cuvette tchadienne, actuellement sous climat sahélo-saharien :

- la Série des Soulias
  - = à la base des sables éoliens S.1 attribués à une phase aride ancienne.
  - = des marnes et des calcaires attribués à des interstades lacustres datés provisoirement de 22.000 à 40.000 BP.
  - = des sables éoliens S.2 attribués à une phase aride récente.
- la Série de Labdé, à diatomites, argiles et calcaires mises en place lors de deux extensions lacustres :
  - = une période lacustre datée de 12.000 à 11.000 BP dont la flore indique des variations de température suffisantes pour faire apparaître des diatomées d'eaux tempérées.
  - = une transgression fluctuante débutant de 9.000 à 10.000 BP, culminant vers 5.400 BP (lac de 320 m ?). Elle correspond à un "changement climatique majeur", à une élévation des températures, à une extension vers le nord de la mousson soudanaise.

- des dépôts terminaux indiquant un assèchement des lacs sahariens vers 7.000 BP et 3.500 BP et une permanence de la sédimentation lacustre aux basses latitudes (13° et 14° N) jusqu'à la période actuelle. Là des fluctuations positives mineures sont datées de 2.400 BP et de 1.700 BP.

Pendant ces quarante derniers millénaires les apports solubles et détritiques ne changent pas. La composition des argiles (smectites, interstratifiés, kaolinite) est celle des sols des glacis à Vertisols et Solonetz (M.3) périphériques. On attribue à la silice biologique une alimentation semblable ou par lessivage des massifs dunaires.

Dans la mesure où les sables S.2 sont homologues du remaniement dunaire postérieur à 22.000 BP au Kanem (SERVANT, 1970, p.67) ils sont assimilables par continuité pédologique et topographique à l'erg récent du Niger (E.2). L'identification récurrente de S.I et de E.I est plus hasardeuse.

#### 4.7 - Le Nord du Niger (H. FAURE, 1962).

Le modelé de la bordure septentrionale de la cuvette tchadienne, actuellement sous climat sahélo-saharien, est attribué à la combinaison de cycles climatiques pédogénèse-érosion et d'un basculement vers le Centre du bassin. Ce façonnement, imprimé dans les grès continentaux Crétacés et Miocènes ainsi que dans l'altérite Paléocène, réunit :

- deux creusements successifs de 150 m puis de 100 m encadrant la mise en place et la ferritisation de hautes terrasses conglomératiques. L'ensemble, réunissant plusieurs cycles, correspond aux glacis cuirassés méridionaux (M.I-2) ainsi qu'aux glacis nus (M.3) pour le dernier creusement.
- un aride prolongé pendant lequel les "dunes anciennes" corrélées avec la masse sableuse de l'erg mort du Niger (E.I + E.2) envahissent le paysage à la faveur d'une descente de 400 Km (en fait 800 Km) du désert vers le sud.
- la grande période lacustre à diatomées, humide, datée de 21.000 BP à 7.000 BP, avec un maximum vers 9.000 BP. Ces lacs phréatiques, nombreux à la cote 400 m, sont frangés d'industries Atériennes et correspondent à une remontée de 400 Km vers le nord des isohyètes actuels (cf. 3.5). Au fort de leur extension (7.000 BP à 12.000 BP) ces lacs sont caractéristiques du début de l'Holocène saharien (H. FAURE, 1969) et contemporains de la transgression techadienne de Labdé (cf. 4.6).
- une récurrence aride très brève (2.000 ans) a dunes locales et éboulis précède un Néolithique ancien humide pendant lequel les isohyètes actuels seraient remontés de 500 km vers le nord. Postérieurement à 5.100 BP, date qui est aussi celle du début de la régression du lac Tchad de son rivage de 320 m, un assèchement progressif et fluctuant mène au désert actuel.

4.8 - Le bassin du Sénégal (P. MICHEL, 1959-1970)

Deux surfaces (Crétacé, Eocène) précèdent les aplanissements de la fin du Pliocène sur roches tendres produisant le "relief intermédiaire" dont la cuirasse est identique à celle des hauts plateaux du Niger. Le modelé Quaternaire est surtout l'effet de cycles climatiques, compliqué localement par les incidences des variations du niveau marin et d'un basculement vers l'aval du bassin. L'altération est moins héritée qu'acquise à chaque période humide, hyperthermique. Creusements et épandages grossiers sont l'effet de phases sèches plus brèves, hypothermiques, contemporaines des régressions marines glaciaires. Ils produisirent :

- un "très haut glacis cuirassé (M.Ia ?), rarement observé, corrélié avec la cuirasse sous basaltes du Cap Vert vieille de plus de 1.000.000 années.
- un "haut glacis" et sa terrasse (M.Ib ?) à cuirasses ferrugineuses réputées contemporaines de la transgression Tafarir-tienne de Mauritanie (P. ELOUARD, 1959).
- un "glacis moyen" et sa terrasse (M.2 ?) à cuirasses ferrugineuses corrélées avec la transgression Aoujienne, recouverts de calcaires lacustres au centre subsident du bassin, contenant de l'industrie de l'Acheuléen moyen. Un erg est soupçonné dans le Sahara mauritanien.
- un "bas glacis" et sa terrasse à sols non cuirassés identiques à ceux du bas-modelé (1.3) du Niger, corrélés avec la transgression Inchirienne (35.000 à 31.000 BP), fossilisés par des dunes aplanies portant les mêmes Sols Ferrugineux Peu Lessivés que l'erg ancien (E.I) du Niger. Cependant cet erg est ici immédiatement postérieur au creusement et sa pédogénèse est contemporaine de celle du bas glacis, "lors d'un humide de 10.000 ans" vers 40.000 BP.
- des dépôts d'une grande période aride : dunes longitudinales "Ogoliennes" corrélées avec l'ensemble de l'erg mort sud-saharien (P. MICHEL, 1970, p.28), ce qui ne concorde pas avec la pédogénèse, ainsi que des graviers sous berges couverts des sables argileux d'un premier remblai. Le maximum de cette phase aride est estimé âgé de 20.000 BP à 15.000 BP.
- des dépôts et sols de la période humide contemporaine de la phase lacustre Holocène du Sahara méridional (11.600 BP à 7.300 BP) ; les sols rouges des dunes Ogoliennes attribués à cette période sont les mêmes que ceux de l'erg récent (E.2) du Niger.
- un deuxième remblai sableux attribué à une récurrence sèche (7.000 BP), des levées fluviales contemporaines de la transgression Nouakchottienne et de son climat très humide (5.500 BP), des cordons littoraux éolisés vers 4.000 BP, remaniés vers 1.800 BP, le tout avec les mêmes sols peu différenciés (Bruns, Hydromorphes, Salins) que ceux de la quatrième période de pédogénèse du Niger.

Fig 2

## CORRÉLATION PÉDOLOGIQUE DES FORMES ET ACCUMULATIONS

PÉDOGÉNÈSE		NIGER HAUTE - VOLTA	BASSIN TCHADIEN SUD et OUEST	TCHAD NORD et EST	MASSIFS DU CAMEROUN	BASSIN DU SÉNÉGAL		
PÉRIODES	PROCESSUS							
I	Siallisation	<b>CUIRASSE PLIOCÈNE</b> Cuirasses ferrugineuses Hautes M.1a M.1b Basses M.2	<b>CUIRASSE ?</b> 1° Surface ferrallitique Sols de WAWA Surface cuirassée générale Aureole cuirassée de 400m	<b>CUIRASSE ?</b> Creusement de 150m Hautes terrasses conglomératiques ferritisées	Hauts glacis à cuirasses ferrugineuses	Relief Intermédiaire		
	Cuirassement ferrugineux					Très haut glacis		
	Début de simatisation					Haut glacis		
II	Ferritisation décroissante	Sols ferrugineux lessivés, solonetz, vertisols, sols bruns eutrophes nus Bas glacis M.3	Glacis nus mêmes sols qu'au Niger	Creusement de 100m ?	Altération arenacée ?	Calcaire ?		
	Simatisation					Dunes ?		
	Carbonatation					Bas glacis		
III	Simatisation	Remblai	1° delta-remblai	SOULIAS	Sables S 1	Graviers ?		
	Carbonatation	Dunes E.1				1° erg	Eoliens	Dunes basses du Ferto
		Supérieur	Argiles anciennes		Sols ferrugineux peu lessivés	Marnes	Sols fersiallitiques	Remblai ?
	Rubéfaction des sables	Calcaire de nappe	Calcaire		Calcaire	Calcaires	Peskeboriens	Sols ferrugineux peu lessivés ?
	Argilles noires	Remblai inf. Dunes E2 Manga	2° erg Kanem		2° erg Kanem	Sables S. 2	Boussoumien	Dunes ogoliennes
	Colmatage			Eoliens		Remblai ?		
IV	Hydromorphie	Sols ferrugineux Peu différenciés Reprises éoliennes Vertisols, Solonetz, Sols bruns	Argiles récentes Sols ferrugineux peu différenciés Lac à 320m 1° Cordon Series subactuelles 3° Delta	LABDE	Lacustre de 10.000 diatomites Transgr. holocène Assèchement des lacs sahariens	Sols hydro-morphes et ferrugineux Terrasse de + 2 m ?	Phase lacustre Saharienne	
	Halomorphie						Sols fer. peu dif. Remblai	
	Brunissements des sables						Erosion Anthropique et Eolienne, Sols hydromorphes, Sols salins	2° Cordon de 287m
		Sols peu évolués	Lac à 282m		Suite dépôts au sud		Remaniements	
			POLDERS					

Le parallélisme de la succession des sols et des modelés du Sénégal jusqu'au Niger ne peut que refléter celui de l'évolution des climats. En dépit des apparences la validité climatique des formes et leur corrélation restent cependant conjecturales car la part des contrôles tectoniques, lithologiques, latitudinaux, historiques est inégalement déterminée et appréciée. Ainsi au Sénégal même le nombre des "glacis" d'une suite Quaternaire jugée complète varie de 1 (glacis "polygénique") à 5, au Niger de 2 à 4 ; au Tchad il se réduirait à 2. Des études récentes (A. LEVEQUE, 1969 - P. BRABANT, 1970) montrent qu'au sud de la région étudiée ce nombre tend vers 2. Inversement les ergs paraissent se multiplier en direction du Sahara, passant de un au Cameroun à trois ou plus en Mauritanie.

## 5 - CONCLUSIONS: LES PERIODES DE PEDOGENESE

L'unité de la zone soudanienne et sahélienne est moins dans le détail des successions que dans leur sens, davantage dans les sols que dans les modelés, dans leur nature que dans leur nombre. Alors que l'identité zonale des climats a assuré celle des sols, la multidépendance des ruptures d'équilibre à l'égard des fluctuations climatiques, de la dynamique propre des chaînes de sols, des mouvements tectoniques et eustatiques a entraîné la variabilité du nombre des formes à sols homologues. Il est ainsi plus simple d'un point de vue pédologique de faire de grandes périodes de pédogénèse les subdivisions de base de l'histoire du Quaternaire. L'interprétation de cette dernière est actuellement fortement limitée et orientée par les hypothèses tenant à la nature statique et extensive de la plupart des études. En particulier l'hypothèse d'une évolution parallèle des sols et des modelés est négligée et la durée des pédogénèses est minorisée. Dans leur état actuel ces travaux résumant l'histoire du Quaternaire à une tendance longue et continue vers l'aridité variée par des fluctuations pseudo-cycliques, à une réduction d'intensité de l'altération modifiée par des ruptures d'équilibre entre la pédogénèse et la morphogénèse. Aux terrains kaoliniques, ferritisés, dont le squelette se concentrait périodiquement en cailloutis fluviaux ont succédé des argiles gonflantes parfois carbonatées et salées interstratifiées de sables successivement rubéfiés puis simplement brunis, cela en quatre étapes :

- pendant une première période, très longue, la kaolinite et les hydromicas sont stables ou produits par l'altération. Le lessivage et la ferritisation sont très intenses et produisent des horizons B

cuirassés, actuellement répartis en un ou deux étages perchés. La pluviosité des phases pédogénétiques était assez forte pour que le gradient latitudinal ne soit guère sensible.

- pendant la seconde période les minéraux argileux précédents ne sont qu'hérités ou localisés aux têtes de séquence dont la base est envahie par des argiles gonflantes. La ferritisation est affaiblie et cantonnée à ces têtes de séquences ou aux chaînes méridionales du modèle moyen (M.2) qui assurent la transition avec la première période. Au Sénégal le début de cette période serait indiqué par l'Acheuléen moyen de la "moyenne terrasse".

- les phases humides de la troisième période le sont plus que de nos jours mais les phases sèches sont franchement désertiques, la première invasion saharienne étant plus vieille que 40.000 BP. La pédogénèse est de même nature que dans la seconde période mais est atténuée. La ferritisation n'est guère sensible que par la rubéfaction des sables éoliens et fluviatiles.

- la quatrième et dernière période commence avec le début de l'assèchement des lacs sahariens Holocènes, entre 5.000 BP et 4.000 BP. Elle est trop sèche ou courte pour avoir produit autre chose que des sols à évolution rapide ou faible. Elle est marquée dans sa partie moyenne par une récurrence sèche notée aussi bien au Tchad par le retrait du lac de 287 m qu'au Sénégal par le remaniement éolien des cordons littoraux. Elle est ensuite marquée par une forte érosion superficielle rythmée par des fluctuations pluviométriques médiocres et précipitée par l'action de l'homme.

Chacune de ces périodes étant liée à des conditions de milieu voisines ou périodiquement répétées, elle peut être associée à une formation stratigraphique dont les membres seront des unités-sols ou des unités-roches selon le degré de transformation du matériau.

Schématiquement nous avons :

- première formation

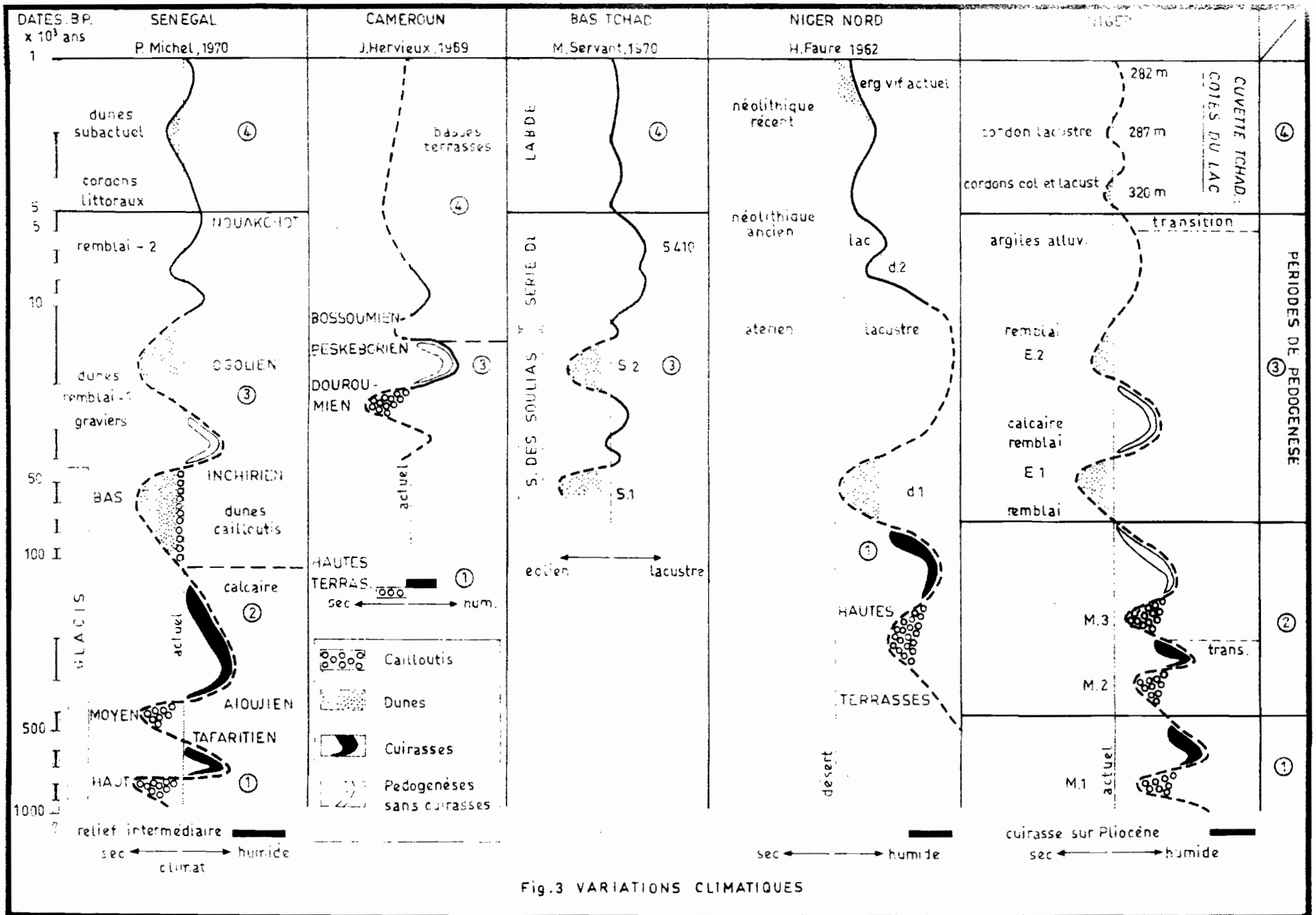
= unités-roches : cailloutis

= unités-sols : altérites kaoliniques, cuirasses ferrugineuses.

- seconde formation

= unités-roches : cailloutis

= unités-sols : cuirasses (rares), horizons concrétionnés (abondants), altérites smectitiques et sols en dérivant, calcaires.





- troisième formation

= unités-roches : graviers, reg, sables fluviatiles et éoliens, argiles alluviales.

= unités-sols : sols simplement rubéfiés, sols complexes sur altérites smectitiques, calcaires.

- quatrième formation

= unités-roches : sables fluviatiles et éoliens (rares), alluvions fluviatiles (fréquentes).

= unités-sols : sols simplement brunis, sols hydromorphes, sels solubles.

6 - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAWDEN (M.G.), CARROLL (D.M.), TULEY (P.) - 1968 - North East Nigeria project, preliminary description of land systems ; D.O.S., London, multigr., 250 p., 4 cartes, bibl.
- BERNARD (E.A.) - 1962 - Interprétation astronomique des pluviaux et interpluviaux du Quaternaire africain. Cong. panafricain Préhist. Et. Quat., VI, Leopoldville (1959), pp.67-95, 4 fig., 4 tabl., bibl.
- BOCQUIER (G.) - 1967 - Biogéocénoses et morphogénèse actuelle de certains pédiments du bassin tchadien. Cong. Int. Sc. Sol., IX, Adelaïde, 1968, 4, pp. 605-612.
- BOCQUIER (G.) - 1970 - Un nouveau type d'accumulation oblique dans les paysages géochimiques : l'invasion remontante de la montmorillonite. C.R. Acad.Sci.Paris, t.270, pp.460-463, sér. D.
- BOULET (R.) - 1966 - Observations pédologiques dans le Tamesna oriental (République du Niger), relations sol-végétation. Centre O.R.S.T.O.M. de Dakar, multigr., 67 p., bibl.
- BOULET (R.) - 1968 - Etude pédologique de la Haute Volta au 1/500.000, région nord-ouest ; centre O.R.S.T.O.M. de Dakar, multigr., 341 p.
- BRABANT (P.) - 1970 - Notice de la carte pédologique au 1/200.000 de Rey-Bouba (Cameroun) ; centre O.R.S.T.O.M. de Yaoundé ; à paraître.
- C.C.T.A. - 1964 - Carte des Sols d'Afrique ; Lagos.
- ELOUARD (P.) - 1959 - Etude géologique et hydrogéologique des formations sédimentaires du Guebla mauritanien et de la vallée du Sénégal ; thèse Sc. Paris ; Mém. Bur. Rech. Geol. Min., Paris, n° 7, 1962, 274 p., 31 fig., 8 pl., phot.
- FAURE (H.) - 1962 - Reconnaissance géologique des formations sédimentaires post-paléozoïques du Niger oriental ; Thèse Sc. Paris ; Mém. Bur. Rech. Geol. Min.; Paris, 1966, 47, 630 p.
- FAURE (H.) - 1969 - Lacs quaternaires du Sahara. Mitt. Internat. Verein. Limnol., 17, Stuttgart, pp.131-146, 3 fig., bibl.
- GAVAUD (M.) - 1967 a - Esquisse de l'histoire des sols du Niger Centre Ouest Méridional. Bull. A.S.E.Q.O.A., Dakar, 14-15, pp. 24-27 et Bull. Inst. Fond. Afr. Noire, XXXI, A, n° 1, pp.253-258.
- GAVAUD (M.) - 1967 b - Interprétation chronologique des systèmes de dunes fixées du Niger méridional. Cong. Panafr. Prehist. Et. Quat., VI, Dakar (à paraître).
- GAVAUD (M.) - 1968 - Projet de corrélation pédologique dans le bassin du lac Tchad ; PNUD/UNESCO/REG.71, Paris et O.R.S.T.O.M., Paris, multigr., 123 p., 3 cartes, bibl.
- 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. Ac., Paris, t. 264, sér. D, pp. 2624 et 2627.
- HERVIEU (J.) - 1969 - Le Quaternaire du Nord-Cameroun. Schéma d'évolution géomorphologique et relations avec la pédogénèse. Centre O.R.S.T.O.M. de Yaoundé, multigr., 32 p., 4 fig., bibl.
- KALOGA (B.) - 1969 - Etude de la pédogénèse sur les glacis soudaniens de la Haute Volta ; Bull. Ass. Sen. Et. Quat. Ouest Afr., Dakar, n° 22, pp. 20-23.

- LEVEQUE (A.) - 1969 - Les principaux évènements géomorphologiques et les sols sur socle granito-gneissique au Togo ; Cah. ORSTOM Sér. Pédol., Vol. VII, n° 2, pp. 203-224, 2 fig., bibl.
- MICHEL (P.) - 1959 - L'évolution géomorphologique des bassins du Sénégal et de la Haute Gambie. Ses rapports avec la prospection minière ; Rev. Geom. Dynam., t.10, n° 5-12, pp. 117-143, 6 fig.
- MICHEL (P.) - 1970 - Chronologie du Quaternaire des bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Essai de synthèse. Bil. A.S.E.Q.O.A. Dakar, n° 25, pp. 53-64, n° 26, pp. 25-37, 5 fig. bibl. 58 réf.
- PIAS (J.) - 1968 - Contribution à l'étude des formations sédimentaires tertiaires et quaternaires de la cuvette tchadienne et des sols qui en dérivent. Cah. ORSTOM, sér. pedol., vol VI, n° 3-4, pp. 367-377, 5 fig., 2 tabl.
- PIRARD (F.) - 1965 - Géomorphologie du Manga nigérien. Schéma d'évolution quaternaire du secteur nord-occidental de la cuvette du Tchad. Bull. Inst. Fr. Afr. Noire, Dakar, 28, sér. A, I, pp. 421-425.
- PULLAN (R.A.) - 1962 - A report on the Reconnaissance Soil Survey of the Nguru-Hadejia-Gumel area with special reference to the establishment area of an experimental farm. Bull. n° 18, Soil Surv. Sect. Min. of Agric., Northern Nigeria, Samaru.
- PULLAN (R.A.) - 1964 - The recent geomorphological evolution of the south central part of the Chad Basin. Journ. W. Afr. Sci. Ass., t.9, pp. 115-139.
- QUEZEL (P.) - 1964 - Paleoclimatologie du Quaternaire récent du Sahara. Symp. U.N.E.S.CO., les changements de climat, Rome, pp. 243-249.
- SCHNEIDER (J.L.) - 1967 - Evolution du dernier lacustre et peuplements préhistoriques des Pays-Bas et du Tchad. Bull. Ass. Sen. Et. Quat. Ouest Afr., n) 14-15, pp. 18-23.
- SIEFFERMANN G. - 1970 - Variations climatiques au Quaternaire dans le sud-ouest de la cuvette tchadienne. Cong. nat. Soc. Sav., 92, Strasbourg, t.2, pp. 485-492, 2 fig., bibl.
- SIEFFERMANN G. et VALLERIE M. - 1964 - Le Quaternaire et les sols du Mayo-Danaï, Centre ORSTOM de Yaoundé (Cameroun), multigr., 26 p.
- SERVANT (M.) - 1967 - Nouvelles données stratigraphiques sur le Quaternaire supérieur et récent au nord-est du lac Tchad. Congr. Pan. Prehist. Et. Quat. Afr., VI, Dakar, à paraître.
- SERVANT (M. et S.) - 1970 - Les formations lacustres et les diatomées du Quaternaire récent du fond de la cuvette tchadienne. Rev. de Geogr. Phys. et de Geol. Dyn., (2), vol? XII, fasc. I, pp. 63-76, 7 fig., bibl. 53 réf.
- TRICART (J.) - 1956 - Tentative de corrélation des périodes pluviales africaines. C.R.som. Soc. Geol. Fr., n° 10, pp. 164-167.
- TRICART (J.) - 1961 - Notice explicative de la carte géomorphologique du delta du Sénégal. Mém. Bur. Rech. Geol. Min. Paris, n° 8, 137 p., 9 pl., phot., 3 cartes 1/100.000.
- VOGT (J.) - 1959 - Aspects de l'évolution morphologique récente de l'ouest Africain. Ann. Geogr. Fr., n° 367, pp. 193-206, 2 fig.
- VOGT (J.) - 1960 - Badlands du Nord-Dahomey. Cong. Nat. Soc. Sav., Chamberry-Annecy, sect. géogr., pp. 227-239, 3 fig., 11 phot., bibl.