

REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE ET DE L'ARTISANAT

DIRECTION DES MINES ET DE LA GEOLOGIE

**NOTICE EXPLICATIVE
DE LA
CARTE GEOLOGIQUE AU 1/200 000**

“MATAM”

Présentée par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières

Dakar 1967

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
APERÇU GEOGRAPHIQUE.....	3
ETUDE GEOLOGIQUE.....	7
LA VALLÉE DU SÉNÉGAL.....	7
Généralités	7
Les niveaux du Tertiaire	8
Le Quaternaire	9
FEUILLE MATAM	21
L'Eocène	21
Le Continental terminal	25
Le Quaternaire	28
SUBSTANCES UTILES	31
LE PHOSPHATE DE CHAUX	31
INDICES DE MINÉRALISATION PHOSPHATÉE	33
INDEX ALPHABETIQUE DES LIEUX CITES	35
BIBLIOGRAPHIE	37
Formations tertiaires.....	37
Quaternaire.....	39
Substances utiles	41

Introduction

La carte géologique MATAM au 1/200 000 a été réalisée par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières, à la demande du Gouvernement de la République du Sénégal, dans le cadre d'un marché financé par le Fonds d'Aide et de Coopération de la République Française.

Cette coupure s'intègre dans un ensemble de six feuilles couvrant la totalité de la vallée du Sénégal en aval de la région de Bakel. La publication de ces documents mettra à la disposition des techniciens les données géologiques et géomorphologiques de base nécessaires à l'établissement des projets d'aménagement hydro-agricole de la vallée du Fleuve. Un accord conclu entre les Etats du Sénégal et de la Mauritanie a permis l'exécution des levés de part et d'autre de leur frontière commune.

Le fond topographique utilisé est celui de l'Institut Géographique National, annexe de Dakar, publié en 1957. Pour faciliter la lecture de la carte, notamment dans la zone alluviale, le figuré initial du réseau hydrographique a été localement simplifié.

Les levés sur le terrain ont été achevés en avril 1967. Les contours géologiques établis tiennent compte des travaux récents et des éléments fournis en rive gauche par plusieurs campagnes de recherche de phosphate de chaux. Le contour des formations dunaires et l'extension de la cuirasse ferrugineuse sous les sols actuels ont pu être précisés par l'interprétation photo-géologique de la couverture aérienne verticale de l'Institut Géographique National.

La cartographie de la vallée alluviale est due à P. MICHEL, géomorphologue à la Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Dakar. La cartographie des formations d'âge tertiaire et de leur couverture quaternaire a été établie par M. PASCAL, géologue au B.R.G.M., d'après les levés de M. DIENG, P. ELOUARD, et M. PASCAL (campagne 1967) et à l'aide des photos aériennes.

La rédaction de la présente notice se répartit comme suit

Aperçu géographique : M. PASCAL

Tertiaire marin

Substances utiles

Continental terminal : M. DIENG et M. PASCAL

Quaternaire : P. MICHEL.

Aperçu géographique

RELIEF ET HYDROGRAPHIE

Trois régions naturelles bien individualisées et d'inégale importance se partagent la feuille MATAM. En la parcourant du Sud Ouest au Nord Est, on traverse successivement :

- le plateau du Ferlo
- la vallée alluviale du fleuve Sénégal
- en rive mauritanienne, une zone où le plateau néogène a été presque totalement érodé.

Le Ferlo

C'est un vaste plateau monotone qui occupe près de la moitié du territoire sénégalais. Il est limité à l'Est par l'entaille de la vallée du fleuve Sénégal. Son altitude décroît d'Est en Ouest; elle est de 90 m au Sud de Matam, voisine de 60 m pour le reste de la feuille.

Le Ferlo est traversé par un réseau hydrographique fossile très ramifié dont le collecteur principal ou *vallée du Ferlo* aboutit au lac de Guier. Ces vallées mortes sont partiellement comblées par des colluvions et des formations sableuses d'origine éolienne. En saison des pluies il s'y forme un grand nombre de mares temporaires.

Les points d'eau naturels permanents sont inexistants; les puits sont rares et toujours profonds (60 à 80 m).

En surface, un mince recouvrement sableux ou argilo-sableux masque presque toujours la cuirasse ferrugineuse ou les gravillons latéritiques qui recouvrent la quasi-totalité du plateau.

La vallée alluviale

Dans la région de Matam sa largeur est voisine de 15 km et reste sensiblement constante jusqu'à Boki Diavé pour augmenter ensuite. Sa pente, très faible, est de l'ordre de 0,02 ‰. Elle est creusée dans les grès argileux qui constituent le plateau du Ferlo et sa base repose sur les formations marines de l'Eocène moyen,

Le lit mineur du fleuve serpente dans la moitié orientale de la vallée dont il n'atteint l'axe qu'en deux points (méandres de Dao et Matam) : en aval de Matam le fleuve s'écarte peu du pied des collines à soubassement gréseux de la rive mauritanienne.

Le régime du fleuve se caractérise par une importante crue annuelle qui provoque l'inondation de vastes surfaces essentiellement situées en rive gauche. Au maximum de la crue, la zone submergée atteint 14 km de largeur à la latitude de Matam.

La crue débute vers mi-juin, le maximum se situant pendant la première quinzaine de septembre. Son amplitude est très variable d'une année à l'autre ; à Matam elle est en moyenne de 7,5 m.

La décrue, amorcée en octobre, associée à une importante évaporation, réduit progressivement la zone inondée dont les bas-fonds ainsi que les bras morts et bras secondaires du fleuve restent temporairement occupés par de nombreuses mares.

Il existe en outre quelques mares permanentes (Koundel, Est de Matam, etc...).

En avril-mai l'écoulement des eaux est presque nul. Le fleuve se réduit à une succession de biefs séparés par des hauts fonds sableux à fleur d'eau qui permettent le passage à gué en plusieurs points, notamment à Matam. A cette époque, le soubassement rocheux de la vallée alluviale apparaît localement dans le lit mineur (Dolol, Sivé, Koundel, Dindi).

En fonction des crues et de la morphologie de la vallée, les populations locales distinguent les zones suivantes :

- le *oualo* ou partie annuellement submergée
- le *diéri* région qui borde le *oualo*, non inondable
- le *fondé* ensemble des levées insubmersibles lors des crues moyennes.

La rive mauritanienne

Cette région n'a pas conservé la morphologie du Ferlo dont elle est le prologement vers l'Est. L'ancien plateau néogène a été démantelé par l'érosion et il n'en subsiste qu'une multitude de buttes-témoin supportant des vestiges de cuirasse ferrugineuse.

CLIMAT

La région de Matam est à la limite de la zone sahélienne et du domaine nord-soudanien ; l'isohyète de référence 500 mm passe légèrement au Sud de Matam.

Le climat régional se caractérise par une saison des pluies qui va de juin à début octobre, le maximum des précipitations se situant en août (40 % du total). De novembre à mai la saison sèche ne reçoit que d'infimes précipitations (10 mm en moyenne).

De très fortes variations de la pluviosité se manifestent de façon irrégulière. A Matam, le rapport entre le minimum et le maximum est de 1 à 3 (242 et 676 mm sur 40 ans). La moyenne annuelle établie de 1920 à 1948 est de 526,2 mm.

La température est élevée. Matam détient la plus forte moyenne annuelle du Sénégal avec 29°5. Les mois les plus chauds précèdent la saison des pluies (avril-mai-juin) ; un maximum secondaire se situe en octobre. L'amplitude moyenne annuelle (maximum moyen - minimum moyen) est de 15°6.

VEGETATION

Les espèces végétales sont essentiellement sahéliennes ; quelques espèces soudaniennes apparaissent vers le Sud de la feuille.

Le Ferlo

C'est le domaine de la prairie annuelle à éphémérophytes (surtout des Graminées du genre *Andropogon*) avec fourrés arbustifs et petites forêts basses à *Pterocarpus lucens*. Vers le Sud, et dans les vallées sèches, les forêts basses deviennent denses (région Kelloul - Polel).

En saison sèche la strate herbacée se dessèche et ses vestiges sont détruits par les insectes et par les troupeaux itinérants. Le Ferlo présente alors un paysage aride et désolé, poussiéreux, dans lequel se dressent des arbres bas, effeuillés.

La vallée

La répartition géographique des espèces végétales est étroitement liée à celle des diverses zones distinguées en fonction de la crue annuelle du fleuve.

Dans le *oualo*, les surfaces argileuses longuement inondées supportent de belles forêts dans lesquelles prédomine *Acacia nilotica nilotica* ou *gonakier* ; localement se développe la vétiveraie à *Vetiver nigrifolia* (Est d'Ogo). En bordure du *oualo*, le mimosa épineux (*Acacia seyal*) est abondant.

Le *fondé* supporte un peuplement arboré et arbustif diversifié à *Acacia nilotica adansonii*, *Indigofera oblongifolia*, *Salvadora persica* et quelques *Balanites aegyptica*. Les prairies annuelles à *Chloris* et *Panicum* sont bien représentées en bordure des mares et dans le *fondé*.

Le *diéri* est le domaine des acacias : *A. raddiana*, *A. albida*, *A. seyal*. Le tapis herbacé annuel est riche en *Chloris*, *Aristida*, et en *Cenchrus biflorus* ou *kram-kram* (particulièrement au Sud de la feuille).

Divers *Combretum* à usages médicaux, dont le *kinkéliba* (*C. micranthum*), des *Pennisetum* et des *Bauhinia*, peuplent à la fois le *fondé* et le *diéri*.

Une rônieraie, unique entre Dagana et Bakel, se développe dans un coude du fleuve, près de Dolol.

POPULATION ET ECONOMIE

La région de Matam est essentiellement peuplée de Toucouleurs islamisés et sédentaires, répartis en castes fermées et hiérarchisées. Il existe une minorité de Sarakolés dans le Sud.

Les villages sont situés soit dans le *diéri*, en bordure des zones inondables (Amadi-Ounaré, Kanel, ...), soit sur les levées insubmersibles du *fondé*. En rive droite, les villages, peu nombreux, sont souvent établis sur de petites buttes à soubassement rocheux (Dao, Sivé, Koundel, ...).

De décembre à mai, les Toucouleurs cultivent le gros mil et le maïs dans le *oualo* (culture de décrue). Le *diéri* est cultivé en saison des pluies (culture sous pluie) et produit surtout du petit mil. Des cultures complémentaires sont effectuées sur les bords du lit mineur du fleuve : haricots (*niébés*), maïs, courges, tomates...

L'élevage bovin est assez développé. Les troupeaux de zébus paissent dans le *diéri* sous la garde de jeunes bergers Peuls. Ils constituent surtout une forme de capitalisation, accessoirement une source de lait et de viande. Les caprins sont également abondants.

La pêche constitue une ressource locale secondaire.

Le Ferlo est une région très peu peuplée ; c'est le domaine des Peuls nomades et éleveurs. En saison sèche les troupeaux se rassemblent autour des forages (Dendoudi, Ranérou) près desquels le piétinement répété des animaux transforme le paysage en désert.

Etude géologique

La vallée du Sénégal

GENERALITES

A partir d'un point situé à la latitude du village de Woumpou (feuille SELIBABI), et jusqu'à Saint-Louis, la vallée du fleuve Sénégal est établie sur les formations sédimentaires marines ou continentales du bassin sénégalo-mauritanien (fig. 1).

Ce bassin, d'une largeur maximale de 560 km à la latitude de Dakar, se prolonge en Mauritanie et au Sud Ouest, sur une partie de la Guinée Bissao.

Les derniers dépôts tertiaires (Oligocène et Néogène ?) sont presque partout continentaux et en recouvrent la majeure partie ; ce sont des grès argileux azoïques, habituellement décrits sous le nom de *Continental terminal* (C.t.) ⁽¹⁾.

Les assises marines sous-jacentes affleurent en trois zones : vallée du Sénégal en amont de Bogué (Eocène moyen), périphérie du lac Guier (Yprésien) et dans la région Thiès-Dakar (sommet du Maestrichtien, Paléocène, Eocène). Partout ailleurs elles ne sont connues que par puits et sondages.

Dans la presqu'île du Cap Vert, la série marine connue par sondages et affleurements va du Jurassique moyen à l'Oligocène pour une épaisseur cumulée qui dépasse 7000 m.

Le long de la bordure est du bassin (feuilles SELIBABI et KAEDI), on observe la discordance des assises sédimentaires d'âge éocène sur un substratum ante-mésozoïque plissé (séries de Mbout et de Bakel).

Le bassin sénégalo-mauritanien apparaît donc comme une vaste aire subsidente, à pendage ouest, alimentée par les apports terrigènes d'un arrière pays impliqué dans une orogénèse hercynienne. Sa structure, simple à l'Est, se complique à l'Ouest (anticlinal du lac de Guier, horst de Ndiass, ...) où apparaissent localement des manifestations volcaniques (presqu'île du Cap Vert).

(1) Terme créé par G. KILIAN (1931) pour les niveaux continentaux tertiaires du Sahara.

LES NIVEAUX DU TERTIAIRE

Les premières investigations géologiques précises dans la vallée du Sénégal remontent à 1910 avec les tournées de R. CHUDEAU qui décrit les affleurements rocheux situés dans le lit mineur du fleuve. Cet auteur attribue à l'Eocène les calcaires fossilifères de Diouldé Diabé et de Daoualel (feuille KAEDI).

Par la suite, les travaux de H. HUBERT et de F. JACQUET précisent la géologie de cette portion de la vallée riche en affleurements. Les collines de Sivé-Koundel sont étudiées par L. BAUD à l'occasion de recherches de phosphate de chaux (1936-1938).

Plus récemment, P. ELOUARD (1962) a consacré une importante thèse à l'étude géologique de la région comprise entre Sémé et Dagana.

Les affleurements qui bordent le lac de Guier ont été étudiés par C. SAINTON (1957).

En fonction du substratum géologique, la partie sédimentaire de la vallée et les régions qui la bordent peuvent se subdiviser en plusieurs zones.

En amont de Daoualel (feuilles SELIBABI, MATAM, KAEDI)

La vallée se caractérise par l'asymétrie des formations d'âge éocène qui la bordent. Le fleuve, proche de la limite orientale du bassin qui lui est sensiblement parallèle, coule sur des formations déposées à la limite des domaines marin et continental.

La rive sénégalaise est essentiellement située dans le domaine marin (calcaires, phosphates de chaux, attapulgites et montmorillonites); on y remarque quelques intrusions de matériaux détritiques grossiers (grès et grès-quartzites). La série marine se termine par un niveau de grès argileux jaune, fossilifère, ou *formation jaune* ⁽¹⁾.

En rive droite, par contre, l'ensemble précédent est presque partout remplacé par des sédiments détritiques littoraux et continentaux (grès argileux, argiles kaoliniques) avec apparition de conglomérats. La *formation jaune* est représentée sur cette rive à l'Ouest et au Nord Ouest de Kaédi et près de Sivé. Le complexe argileux, calcaire et phosphaté, d'épaisseur très réduite, n'existe qu'à Sivé-Koundel et en aval de Kaédi.

Au-dessus des formations d'âge éocène, les grès argileux du C.t., d'épaisseur rapidement croissante d'Est en Ouest (15 m à Sivé, 100 m environ à Loumbol — dans le cadre de la feuille MATAM), constituent le plateau du Ferlo et les buttes qui parsèment le *diéri* en rive gauche.

En rive droite, ils forment le plateau du Mbidane, situé au Nord de Kaédi, et subsistent à l'état de témoin entre Maghama et la vallée du Gorgol.

De Daoualel à Haéré Lao (feuilles KAEDI et PODOR)

Cette portion rectiligne de la vallée s'oppose à la région précédente par la symétrie des formations tertiaires qui la bordent.

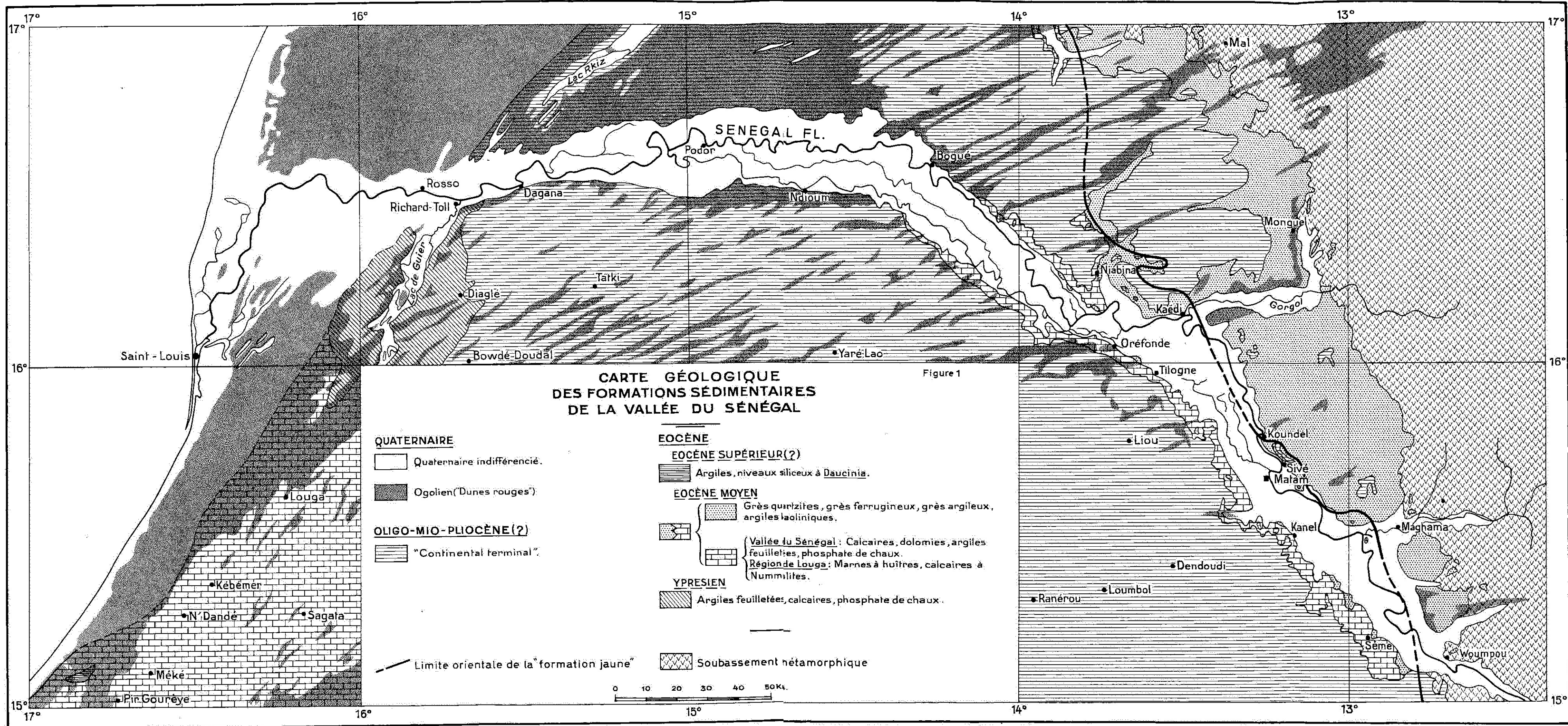
De part et d'autre de la zone alluviale, la série affleurante ou sub-affleurante est la suivante, de bas en haut.

— Complexe calcaro-dolomitique et argileux (attapulgites et montmorillonites), phosphaté, localement fossilifère, à passées de grès-quartzite.

— Formation jaune argilo-gréseuse, localement glauconieuse et phosphatée.

— Continental terminal : grès argileux à passées d'argiles kaoliniques et de sable.

(1) Terme introduit par L. BAUD (1936).



Hors de la vallée, le C.t. est presque totalement masqué par un recouvrement argilo-sableux quaternaire ; sa surface supporte des gravillons ferrugineux et des vestiges de cuirasse.

De Haéré Lao à Rosso (feuilles PODOR et DAGANA)

Les niveaux d'âge éocène disparaissent sous le C.t. dont la puissance dépasse localement 80 m (sondage de Yaré Lao). Cette formation est masquée en rive droite par les dunes jaune orangé du Quaternaire dites *dunes rouges*.

En aval de Podor l'existence d'une importante structure ou *anticlinal du lac de Guier* amène la remontée progressive du toit de l'Eocène. L'axe de cette structure est sensiblement parallèle à la bordure orientale du lac de Guier sur les berges duquel affleurent les niveaux calcaires, argileux et phosphatés de l'Yprésien.

De Rosso à la mer (feuilles DAGANA et SAINT-LOUIS)

Toutes les formations d'âge tertiaire sont recouvertes par le Quaternaire fluvial, marin, et éolien dont l'épaisseur croît rapidement d'Est en Ouest.

LE QUATERNAIRE

Les formations de grès argileux du Continental terminal ont été recouvertes d'une épaisse *cuirasse ferrugineuse* au cours d'une longue période humide que l'on situe au Pliocène supérieur (P. MICHEL, 1959) ou au Villafranchien (P. ELOUARD, 1959). Ensuite, le Sénégal et le Gorgol inférieur se sont enfoncés par étapes successives dans les couches sédimentaires du Tertiaire (fig. 2).

1 — Quaternaire ancien et moyen

Les restes de plusieurs terrasses étagées sont les témoins du creusement, interrompu par des phases d'alluvionnement. Nous avons distingué trois niveaux de terrasses graveleuses (fig. 2). S'il ne subsiste que très peu de traces de la *haute terrasse*, localisées à l'Ouest de la vallée du fleuve, les lambeaux de la *moyenne terrasse* sont encore fréquents dans la région de Kaédi, où ils jalonnent la bordure occidentale du lit majeur et la basse vallée du Gorgol. Les galets de cette terrasse ont été généralement cimentés en poudingue par les oxydes de fer. Les quartz et jaspes y prédominent nettement : leur abondance montre l'importance des apports longitudinaux du haut bassin.

Au cours de ce creusement, la *cuirasse ferrugineuse* coiffant les grès du C.t. a été démantelée par désagrégation mécanique. Les débris, étalés sur une courte distance, ont été souvent recimentés en des *cuirasses secondaires*, de texture conglomératique ou gravillonnaire. Elles recouvrent en bordure de la vallée du Sénégal des buttes ou de petits plateaux moins élevés, qui dominent néanmoins de 20 à 30 m les terrains sablonneux. Ces cuirasses secondaires sont très étendues dans tout le Ferlo. Il n'a pas été possible de distinguer sur la carte ces niveaux indurés plus récents de la cuirasse finitertiaire dont ils dérivent. Cependant, les différences d'altitude dans une même région indiquent la présence de plusieurs niveaux.

Pendant une période humide, au cours de laquelle les alluvions graveleuses de la moyenne terrasse auraient été cimentées, se sont déposés les *calcaires lacustres du lac Rkiz*. Ce sont des calcaires gréseux, blancs, sans fossiles, mais renfermant des gravillons ferrugineux. Ils affleurent dans la dépression

POSITION DES DÉPÔTS GRAVELEUX INACTUELS le long de la Falémé et du Sénégal

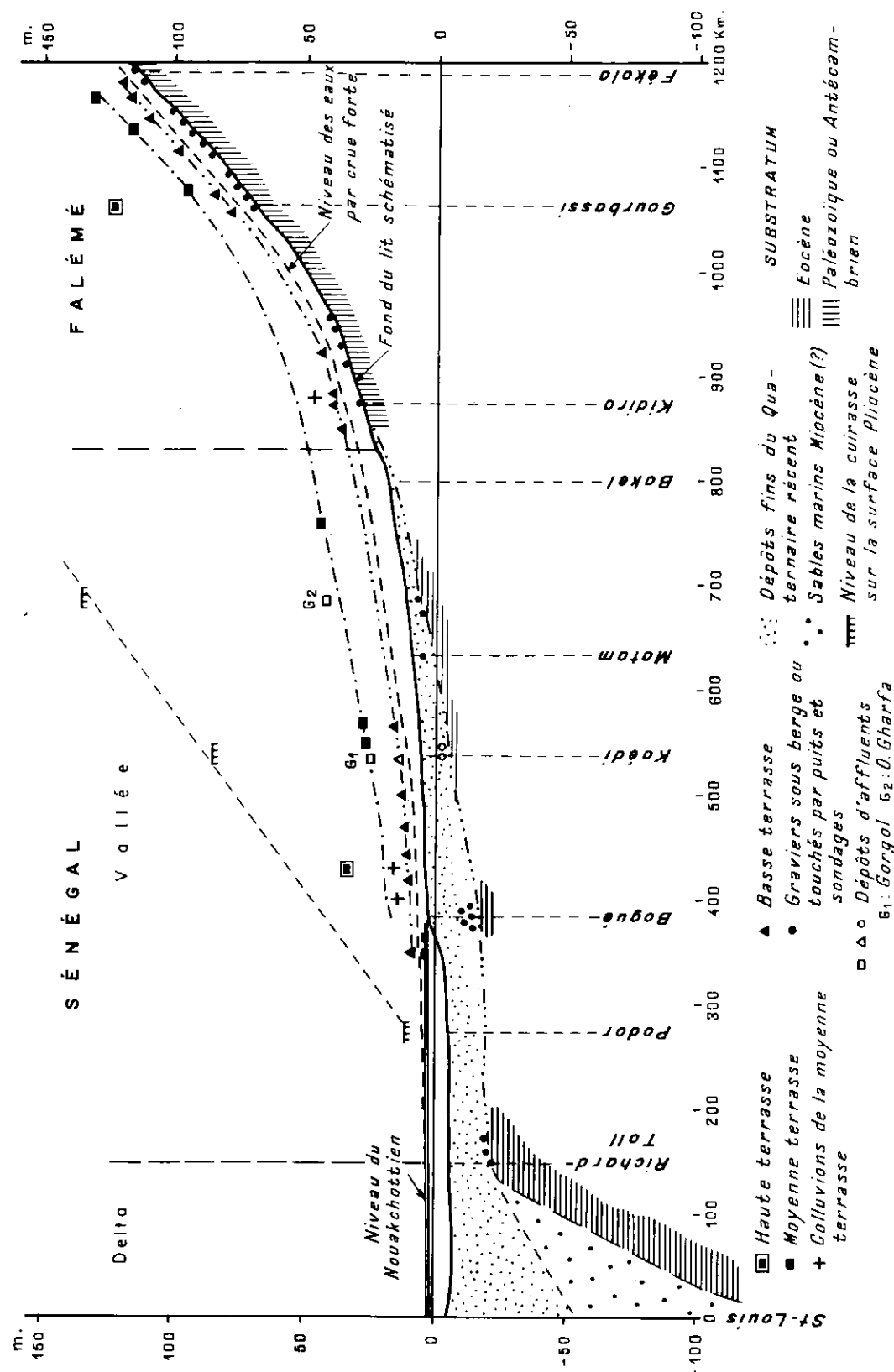


Figure 2

de l'Aftout ech Chergui, au Nord Est du lac Rkiz (P. ELOUARD, P. MICHEL, 1958). Des dépôts calcaires semblables ont été reconnus dans le Ferlo septentrional et occidental où ils apparaissent sous forme d'une série de taches (M. DIENG, 1962).

Après une nouvelle phase d'érosion, façonnant à la bordure de la vallée du Sénégal le bas glaciaire qui tronque les divers niveaux de l'Eocène, le fleuve a alluvionné tout au long de son cours et déposé la nappe graveleuse de la *basse terrasse* (fig. 2). De nombreux fragments subsistent encore sur la rive gauche de la vallée entre Tilogne et Diamal ainsi qu'au bord de la vallée inférieure du Gorgol (P. MICHEL 1956, 1957); ils se situent à 1-2 m au-dessus du lit majeur. Ces dépôts n'ont pas été cimentés en poudingue et sont souvent exploités par des gravières.

2 — Ogolien

Au début de la dernière grande régression du Würm récent (30 000 à 12 000 ans BP ⁽¹⁾), le Sénégal a entaillé progressivement son lit dans le soubassement rocheux, grès du C.t. ou calcaire, argile et grès de l'Eocène. Un des sondages (S 1) effectués récemment à Bogué a atteint le substratum vers la cote - 19 (fig. 3). Près de Richard-Toll, les coupes d'une série de sondages disposés sur un profil en travers du lit mineur du fleuve montrent que son toit se situe entre - 22 et - 28 m (P. MICHEL, 1957).

Le réseau hydrographique du Ferlo, dont témoignent les vallées mortes, était alors fonctionnel. Après la jonction de ses diverses branches aux alentours de Linguère, la rivière a creusé la vallée du Bounoum et le sillon du lac de Guier, rattrapant le cours inférieur du Sénégal. L'excavation de la cuvette du lac Rkiz date aussi de cette phase d'entaillé.

Au cours du creusement, le fleuve et ses affluents ont repris des dépôts de galets des terrasses anciennes et arraché des fragments de roche au fond de leur lit. Ce matériel constitue le niveau des *gravières sous berge* (P. MICHEL, 1959). Il disparaît sur le cours du Sénégal en aval du confluent avec la Falémé (fig. 2). Mais dans les régions de Maghama et de Matam, des puits implantés sur les bordures du lit majeur l'ont atteint sous des sédiments sablo-argileux épais de plus de 10 m. Ces alluvions anciennes plongent progressivement sous le niveau actuel de la mer. Tous les sondages de Bogué les ont atteintes (P. MICHEL, 1967). L'étude de leurs coupes montre que des niveaux à graviers, surtout quartz et jaspes, y alternent avec des dépôts uniquement sableux (fig. 3, niveau I). L'épaisseur de cette formation alluviale dépasse toujours plusieurs mètres; dans deux sondages elle descend à la cote - 20.

Mais, au cours de la régression marine, le climat a évolué progressivement vers l'aridité. C'est alors que se sont formés les ergs anciens de *dunes rouges* ⁽²⁾ qui ont envahi la vallée du Sénégal. Leur sable est plus ou moins rubéfié en surface.

Ces grands massifs dunaires couvrent tout le Trarza et la majeure partie du Brakna; au Sud de la basse vallée du Sénégal, ils s'étendent à travers le Cayor et la région de Thiès jusqu'au Sine-Saloum (J. TRICART, M. BROCHU, 1955). Les ergs sont constitués de dunes longitudinales, serrées à l'Ouest, s'épaissant de plus en plus vers l'Est. Leur orientation passe progressivement de N.NE-S.SW à E.NE-W.SW lorsqu'on s'éloigne de l'Océan. Ce modelé est encore très bien conservé dans la région de l'Ogol, au N.NW du lac Rkiz; c'est pourquoi le terme Ogolien a été proposé pour désigner cet étage (P. ELOUARD, 1959).

Cet ancien système dunaire est maintenant fixé par le couvert végétal, steppe arbustive ou arborée, et dans les régions méridionales les formes sont de plus en plus émoussées. Dans le Ferlo n'ont pu s'édifier que de petits massifs ou des dunes isolées à cause de la présence de cuirasses ou de gravillons ferrugineux à faible profondeur.

(1) BP = before present, avant 1950.
(2) Terme employé par J. TRICART.

COUPES DES SONDAGES DE BOGUÉ

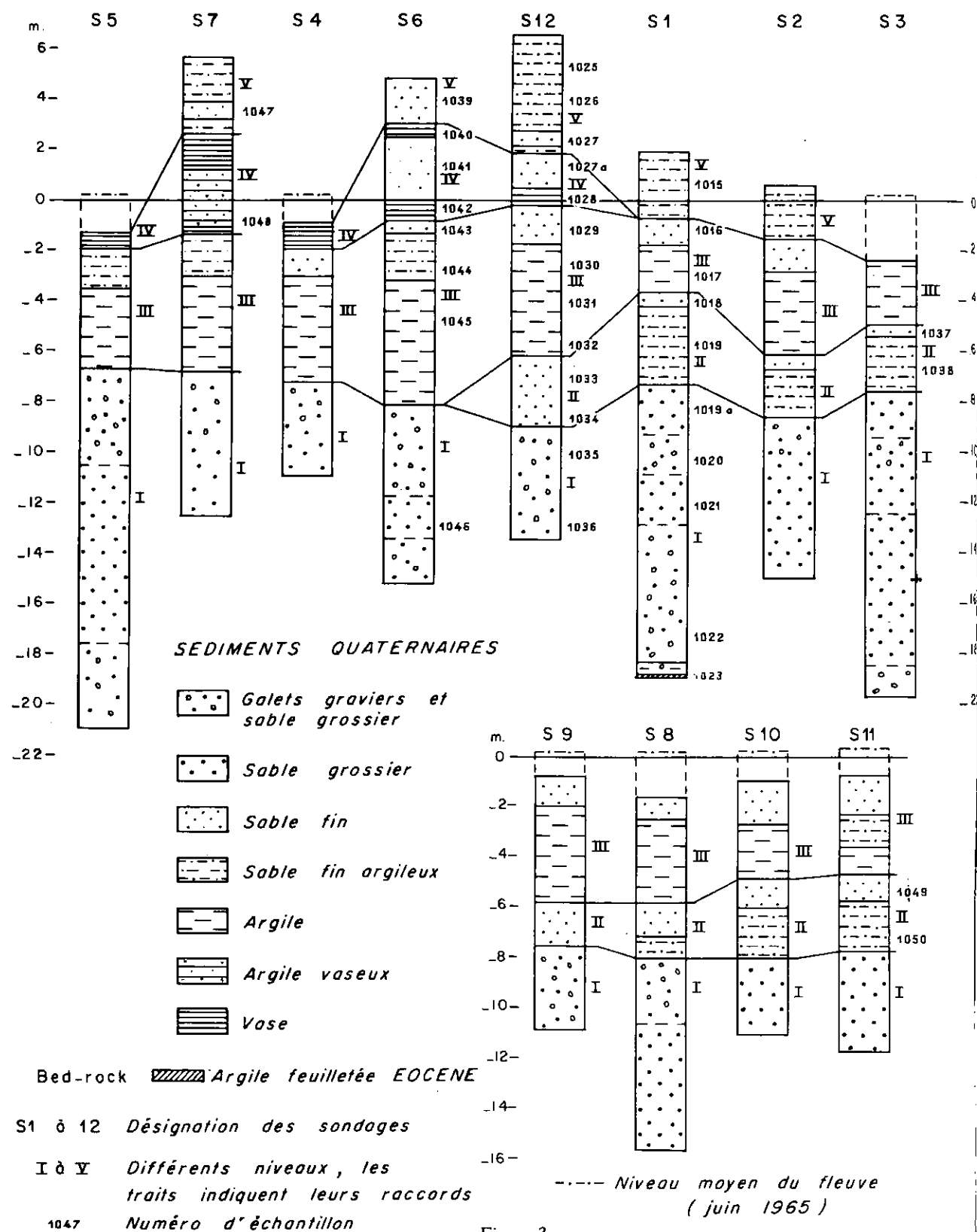


Figure 3

Les cordons de dunes longitudinales avaient barré la vallée du Sénégal, ainsi que celle du Bou-noum et du Gorgol inférieur. Plusieurs fragments de dunes rouges s'élèvent encore dans le lit majeur du fleuve entre Podor et Kaédi. Certains sondages de Bogué ont traversé ces dépôts éoliens : au-dessus des formations graveleuses on y trouve un niveau de sables hétérométriques plus ou moins argileux, recouverts par des sables homométriques (fig. 3, niveau II), dont la granulométrie et la morphoscopie sont identiques à celles des dunes rouges bordant la vallée. Le principal barrage dunaire s'est formé en amont, à la hauteur de Kaédi.

Lors de cette grande période aride, le fleuve Sénégal connaissait un régime endoréique. Comme sa compétence était très faible, il ne transportait plus que des éléments fins et abandonnait sa charge solide en vrac. Il se produisit alors un remblaiement généralisé en amont du barrage dunaire. Ainsi s'est formé le *premier remblai*, constitué de sable hétérométrique et argileux. Ses dépôts bordent le lit majeur du fleuve entre Bakel et Kaédi⁽¹⁾. En surface le sable a été remanié par le vent et de petites dunes se sont formées localement. Au maximum de l'aridité, elles ont barré le fleuve près de Moudéri, à une trentaine de kilomètres seulement en aval de Bakel.

Quand le climat redevenait à nouveau plus humide, le Sénégal entailla le premier remblai en terrasse et franchit progressivement les cordons de dunes rouges pour rejoindre l'Océan. Par érosion latérale, les crues du fleuve ont arasé partiellement le sommet du premier remblai à la bordure ouest du lit majeur dans la région de Matam. Le Gorgol se jetait à nouveau dans le Sénégal et le réseau du Ferlo, redevenu fonctionnel, nettoyait le sillon du lac de Guier et atteignait le fleuve.

3 — Nouakchottien

C'est le nom de la dernière transgression marine sur les côtes sénégal-mauritaniennes, qui correspond à l'Holocène (P. ELOUARD, 1967).

Comme le niveau de la mer remontait progressivement, le fleuve alluvionnait. Cette sédimentation était d'abord fine. Dans les sondages de Bogué, une formation argileuse épaisse de 3 à 5 m recouvre les sables dunaires ou directement les anciennes alluvions graveleuses (fig. 3, niveau III). Elle comprend en général des argiles très finement sableuses, bariolées, puis des argiles compactes, brunes à tâches gris bleuté ou verdâtres. Plus en amont, la sédimentation semble avoir été moins homogène, tout en restant fine.

Ce sont surtout des facteurs bioclimatiques qui expliquent le caractère fin de l'alluvionnement. Le climat était devenu plus humide que de nos jours. Une végétation guinéenne ou sud-soudanienne s'étendait probablement aux abords de la vallée⁽²⁾ et les berges du fleuve devaient être colonisées par la forêt-galerie; celle-ci empêchait tout sapement latéral. Cette période humide se marque par une importante pédogénèse. C'est alors que les sables des dunes ogoliennes sont rubéfiés par migration des oxydes de fer, donnant naissance à des sols brun-rouge ou à des sols ferrugineux tropicaux. De cette époque datent aussi les principaux *dépôts lacustres* de sable calcaire ou d'argile calcaire qu'on trouve dans les interdunes des ergs du Trarza et du Brakna; ils ont été appelés *calcaire des gouds* par P. ELOUARD (1959).

Puis le climat semble être redevenu sec pendant une courte période. A cette époque se seraient produits les remaniements locaux de dunes rouges qu'on peut observer en bordure de la basse vallée et sur la rive occidentale du lac de Guier : des séries de petites dunes très serrées, de direction N.NE-S.SW, coupent obliquement les grands cordons NE-SW. Mais, dans la cartographie des systèmes dunaires, il aurait été difficile de distinguer cette seconde génération de dunes; c'est pourquoi l'ensemble des anciens ergs est considéré comme Ogolien. D'autre part, la sédimentation fluviale était alors moins fine qu'auparavant. Ainsi, dans les sondages de Bogué, la formation argileuse passe progressivement vers le haut à du matériel plus sableux (fig. 3). Dans la région de Maghama, les petits affluents de droite ont alors formé le *deuxième remblai sableux*.

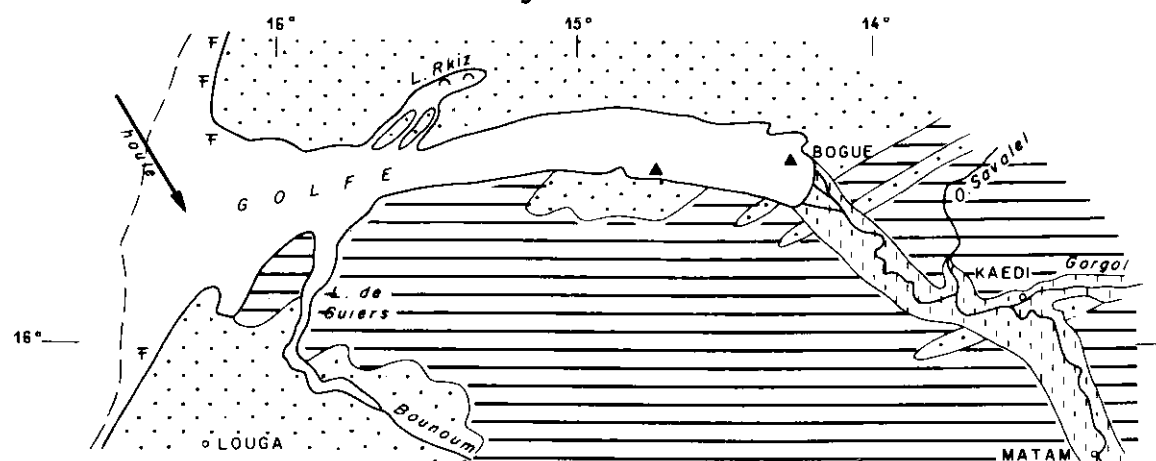
(1) P. MICHEL, (à paraître)

(2) Dans les dépôts argileux des sondages de Bogué P. ASSEMIEN a trouvé des pollens de fromagers (*Bombax*) et de fougères. P. ASSEMIEN, P. MICHEL (à paraître).

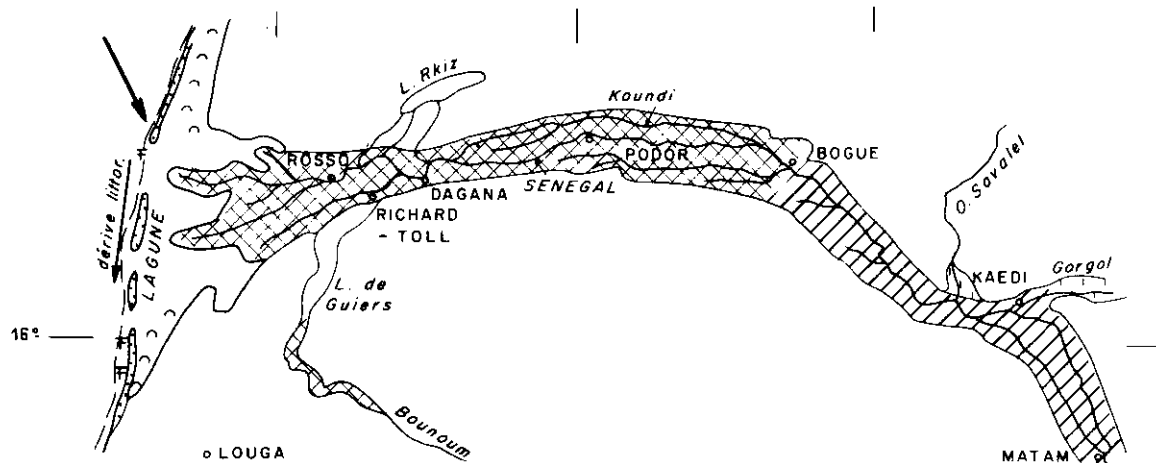
EVOLUTION DE LA BASSE VALLEE DU SENEGAL

depuis la dernière transgression

a - Maximum de la transgression : Nouakchottien 5500 ans BP



b - Formation du delta : Situation vers 2500 ans BP



c - Epoque subactuelle et actuelle

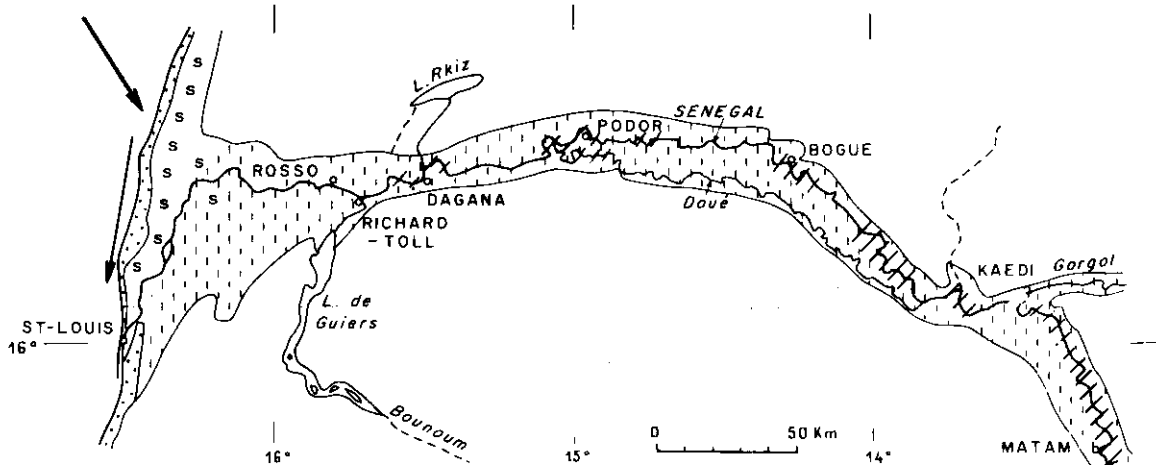


Figure 4

	Glacis généralement cuirassés		Décantation d'argile
	Dunes rouges		Levées fluviales
	Plage fossilifère		Dépôts fluvio-deltaïques
	Faune lagunaire abondante		Cordons littoraux
	Pollens de mangrove		Sebkhia
	Littoral actuel		Vallée morte

Au cours de ces fluctuations climatiques le niveau marin continuait de monter. La mer s'est avancée progressivement dans l'entaille du fleuve. Elle a occupé la région du Delta, la cuvette du lac Rkiz, le sillon du lac de Guier et a pénétré dans la vallée du Bounoum. Au maximum de la transgression, la mer a atteint Bogué qui se trouve à environ 250 km de la côte. Ainsi la basse vallée du Sénégal a pris l'aspect d'une énorme ria (fig. 4 a). Elle a d'abord connu un régime lagunaire. Les sondages de Richard-Toll ont traversé une couche de vase, d'une épaisseur moyenne de 10 m, surmontée de sable. A Bogué on remarque dans plusieurs sondages un mince niveau de vase noire, contenant de nombreux pollens de *Rhizophora* (1). Ce niveau à palétuviers apparaît aussi par endroits dans la berge, aux basses eaux, notamment près de Lérabé à 30 km au Sud Est de Podor. L'abondance de la mangrove sous cette latitude indique nettement que le climat était redevenu plus humide.

Puis ce golfe étroit et allongé étant mieux ouvert sur l'Océan, dans la région littorale les houles du N.NW ont arasé les dunes ogoliennes (fig. 4 a). Le matériel a été étalé en une *terrasse marine sableuse* qui entoure quelques îlots dunaires. Dans la basse vallée, à l'abri de la houle, l'action marine a été plus faible. Le bord du lit majeur y est, par place, ourlé d'une bande étroite de terrains sableux qui dominent de 1 à 2 m les dépôts argileux des cuvettes (fig. 5); elle sert de transition entre le *diéri* et le *oualo*. Le sable des dunes arasées a été étalé aussi sur le fond du golfe. L'observation des berges du fleuve et l'étude de nombreux petits puits, creusés dans le *oualo* à la décrue, montre la présence de sable fin à moyen, blanc ou gris-blanc à taches ocre-rouille, sous les sédiments argileux ou argilo-sableux plus récents. A Bogué, ils sont épais de 2 à 3 m et recouvrent le niveau de vase (fig. 3).

Les sables de la basse vallée sont toujours azoïques. Le milieu n'était guère favorable au développement de la vie animale à cause des apports solides du fleuve. Mais une faune abondante s'est développée dans la zone littorale, notamment à la bordure nord du Delta, le long de l'Aftout es Saheli et dans la région de Saint-Louis : là les dépôts sableux contiennent des bancs de coquillages assez riches en espèces (fig. 4 a); le sommet de ces niveaux coquilliers ne dépasse pas la cote + 1 (d'après les travaux de nivellement).

J. TRICART (1956, 1961) a étudié cette terrasse fossilifère dans le delta et l'a attribuée à l'Ouljien, défini au Maroc (2). Les récentes datations, par le radiocarbone, de deux lots d'*Arca senilis* récoltés dans la terrasse aux environs de Saint-Louis et à la bordure de l'Aftout es Saheli, ont donné un âge de 5.470 ans BP (P. MICHEL, P. ELOUARD, H. FAURE, 1967). Il est comparable à ceux obtenus sur des dépôts marins identiques dans la région de Nouakchott (P. ELOUARD, H. FAURE, 1967). Ainsi ces anciennes plages marquent l'extension de la mer au maximum de la dernière transgression, vers 5.500 ans BP.

(1) P. ASSEMIEN, P. MICHEL (à paraître)

(2) par M. GIGOUT (1949).

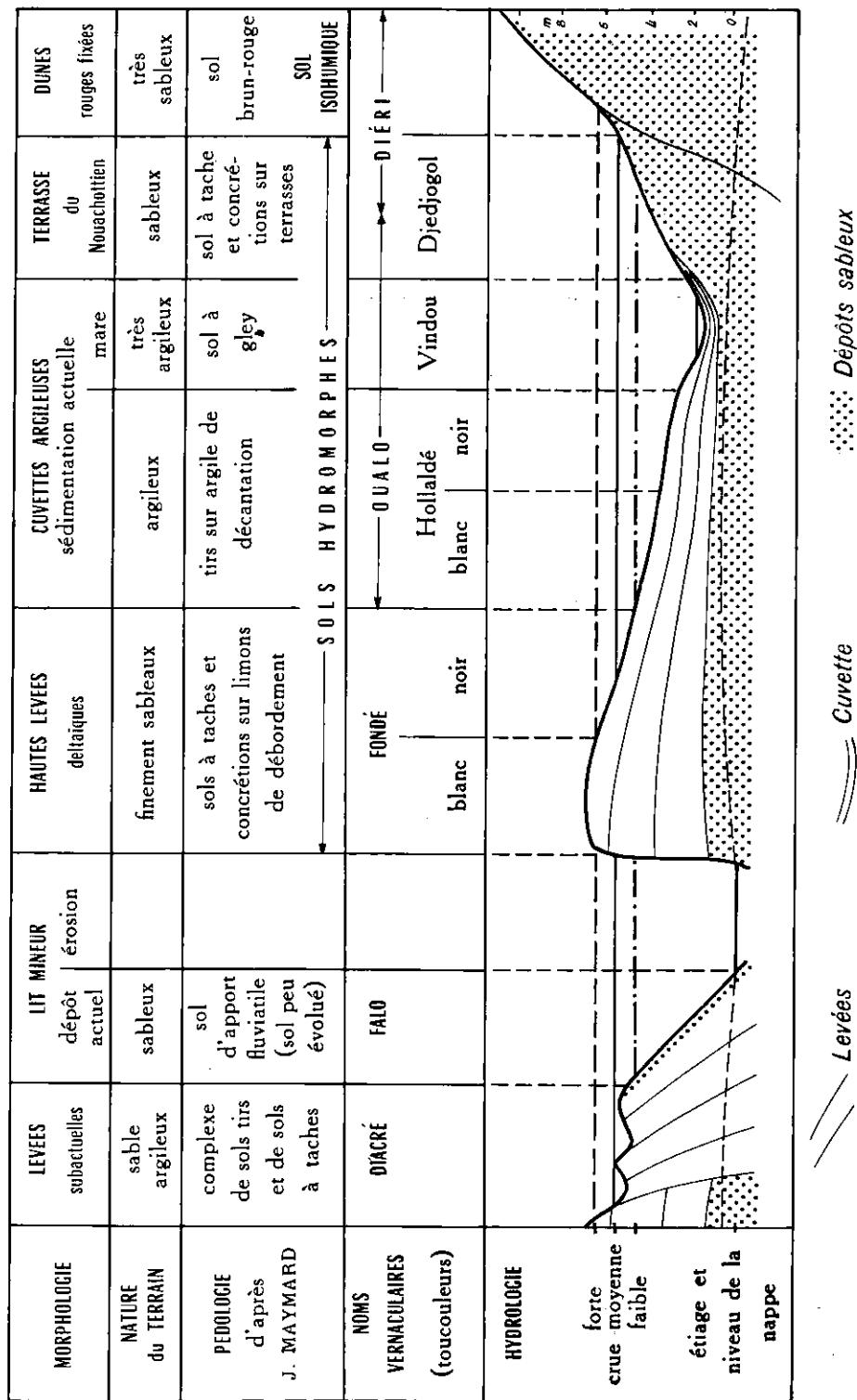


Figure 5

4 — Dépôts post-nouakchottiens

L'importante dérive littorale Nord-Sud, engendrée par la houle du N.NW, amenait de grandes quantités de sable provenant de l'abrasion des dunes ogoliennes du Trarza en bordure de l'Aftout es Saheli. Dans la zone maritime du delta, se sont formés des *cordons littoraux* successifs; d'après une série de datations de coquilles au C 14, leur âge s'échelonne de 4.000 à 1.880 ans BP, en allant de l'intérieur vers la côte actuelle dans la région de Saint-Louis (P. MICHEL, P. ELOUARD, H. FAURE, 1967). Le littoral s'est ainsi déplacé peu à peu vers l'Ouest. Le sable remanié par le vent formait de petites dunes, de couleur jaune, sur ces cordons littoraux et sur certaines plages nouakchottiennes; ces *dunes jaunes* se distinguent des dunes ogoliennes par leur couleur, leur faible altitude et leurs sols peu évolués.

L'ancien golfe de la basse vallée s'est transformé alors en une vaste lagune, ne communiquant plus que par quelques passes avec l'Océan (fig. 4 b). La sédimentation se modifia en conséquence. Dans plusieurs sondages de Bogué et dans la berge près de Lérabé, les sables nouakchottiens sont surmontés d'un niveau de vase compacte, gris-bleuté, épais de 0,50 à 1,50 m (fig. 3). Mais l'alluvionnement du Sénégal s'est substitué bientôt à la sédimentation lagunaire.

Le fleuve a construit à cette époque des *hautes levées* dont les parties les plus élevées sont maintenant insubmersibles (fig. 5). Ce système d'anciens bourrelets de berge s'allonge et se ramifie dans la vallée depuis Bakel jusqu'à Bogué. A partir de cette escale, il passe à des *levées fluvio-deltaiques* (fig. 4 b). Le Sénégal s'est alors divisé en plusieurs branches. Le bras principal longeait le bord septentrional de la basse vallée, rongé par endroits les extrémités des dunes ogoliennes; un autre bras passait au Sud de l'actuel cours du Sénégal. Ce delta très allongé se rétrécit vers Dagana. Puis le fleuve s'est à nouveau digité en une série de branches à partir de Richard-Toll. Ses dépôts ont fermé le sillon du lac de Guier. Le front deltaïque, progressant vers l'Ouest, a pris la forme d'une patte d'oie et s'est arrêté à l'arrière des cordons littoraux ⁽¹⁾.

Ces hautes levées fluviales et fluvio-deltaiques sont toujours formées de sable fin et limon, bien compactés, de couleur jaune ou brun-jaune (P. MICHEL, 1957). Leur profil est généralement uniforme; cependant la texture devient parfois un peu plus sableuse en profondeur. A Bogué, dans la berge concave du fleuve, ces terrains reposent sur les sables nouakchottiens ou sur le niveau supérieur de vase (fig. 3, niveau V). Vers l'aval, les dépôts présentent souvent une certaine salure puisqu'ils ont été mis en place dans un milieu lagunaire. La salinité des terres augmente nettement à partir de Richard-Toll (J. TRICART, 1961).

Ces puissants bourrelets de berge sont flanqués de nombreux deltas de rupture de levées. On en trouve de toutes les dimensions. Certains sont petits et digités. D'autres s'étirent sur une longueur de plusieurs dizaines de kilomètres. Souvent des deltas adventifs rapprochés forment un glacis alluvial dont la largeur varie selon l'importance des ruptures ⁽²⁾.

Le système de hautes levées fluviales ou fluvio-deltaiques post-nouakchottiennes, très ramifié, constitue aujourd'hui le trait majeur du paysage de la vallée. Les paysans Toucouleurs appellent ces terrains *fondé*. Si leur modelé est partout semblable, leur couvert végétal par contre varie. Dans la basse vallée, il est généralement peu dense à cause de la salure des terres. Les grands bourrelets portent souvent des buissons de *Salvadora persica*, très espacés. En amont de Kaédi, les levées sont souvent couvertes d'un boisement touffu. Les cultivateurs ont défriché par place ces terrains, rarement atteints par la crue, pour y cultiver du mil pendant la saison des pluies. Les points hauts de ces levées naturelles ont de bonne heure attiré l'habitat puisque les hommes s'y trouvaient à l'abri des inondations; c'est pourquoi ils sont fréquemment jonché de débris de poteries.

Cet alluvionnement intense du Sénégal se situe entre 5.000 et 2.000 ans BP. A la fin de cette période post-nouakchottienne, le fleuve dessinait déjà, dans certains secteurs de la vallée, des méan-

(1) C'est le delta dunkerquien de J. TRICART (1956, 1961).

(2) P. MICHEL, (à paraître)

dres dont le tracé est encore bien visible. Une diffuence d'une partie des eaux du Sénégal lors d'une très forte crue semble être à l'origine de la formation du Doué, bras du fleuve qui longe maintenant le bord méridional de la vallée entre Saldé et Podor (fig. 4 c).

5 — Dépôts subactuels et actuels

A proximité de la côte, les dunes jaunes ont été recouvertes de dunes littorales semi-fixées, de forme parabolique. Cette nouvelle génération de dunes, chevauchant les anciens cordons littoraux, témoigne d'une recrudescence de l'action éolienne, qui semble correspondre à un certain assèchement du climat. La déflation accrue a aussi engendré un remaniement des dunes rouges dans le Trarza occidental, principalement à la bordure nord ouest du Delta et le long de l'Aftout es Saheli, où leurs formes sont très chaotiques.

L'avancée des sables éoliens vers l'intérieur, s'ajoutant aux apports par la dérive littorale, est la cause de l'obturation progressive des embouchures du Sénégal dans la partie septentrionale du delta. Le fleuve s'est détourné vers le S.SW pour rejoindre la mer (J. TRICART, 1961). Il a quitté ainsi le front deltaïque pour s'avancer peu à peu jusque dans la région de Saint-Louis (fig. 4 c) où s'étendent des vasières (slikkes et schorres). A partir de cette ville, le Sénégal n'est plus séparé de l'Océan que par une flèche littorale très étroite, appelée langue de Barbarie (A. GUILCHER, 1954).

Le détournement du fleuve vers Saint-Louis, lié à un assèchement du climat, s'est produit à une époque relativement récente, sans doute au cours des premiers siècles de notre ère. C'est pourquoi nous qualifions cette période de subactuelle. Il faut souligner néanmoins que les modifications ont été progressives. Aussi n'existe-t-il pas de coupures nettes, mais une évolution depuis la mise en place des dépôts post-nouakchottiens jusqu'à l'Actuel.

Les hautes levées fluviales ou fluvio-deltaïques du fondé n'ont plus été recouvertes entièrement par les crues et leur édification a été interrompue. Par contre, le fleuve sapait ces bourrelets aux hautes eaux dès que l'une des rives était légèrement concave, entraînant des sables fins et des limons. Mais comme la pente du talweg est extrêmement faible, ils étaient déposés à très courte distance, devant la berge convexe où le courant ralentissait. Ce processus se poursuit de nos jours (P. MICHEL, 1968).

Ainsi se sont formés des faisceaux de levées subactuelles et actuelles s'alignant derrière les rives convexes des méandres du Sénégal ou du Doué. Leur matériel ressemble à celui des levées plus anciennes puisqu'il provient de leur remaniement. Mais ces bourrelets de berge sont généralement plus bas et présentent des formes plus fraîches que les grandes levées post-nouakchottiennes. Leur altitude va en décroissant jusqu'aux dépôts les plus récents. Entre les bourrelets successifs s'étirent d'étroites dépressions au sol plus argileux (fig. 5). Le fleuve a donc considérablement accru ses sinuosités pendant cette période. Certains de ses méandres ont été recoupés; ailleurs les boucles se développent encore de nos jours.

Les ruptures de levées se sont raréfiées pendant le Subactuel car le fleuve était désormais enserré entre de puissants bourrelets et ses débits de crue étaient diminués par l'assèchement du climat. Aussi les deltas adventifs formés au cours de cette période de transition sont-ils peu nombreux et de petite dimension.

Ces systèmes de bourrelets de berge ont donné à la vallée alluviale un microrelief souvent vigoureux, qui joue maintenant un rôle primordial dans la submersion des terres par la crue annuelle (fig. 5). De juillet à fin novembre, les eaux du fleuve inondent le lit majeur. Elles restent plus longtemps dans les dépressions s'étendant entre les faisceaux de levées, avec leurs deltas adjacents, et s'y décantent peu à peu. Une couche d'argile brune, épaisse de 1 à 1,50 m, tapisse le fond de ces cuvettes, recouvrant les sables blancs du golfe nouakchottien dans la basse vallée ou des dépôts fluviaux plus sableux en amont de Bogué (P. MICHEL, 1968). Les terrains se ressuent rapidement au

PRINCIPALES PHASES DE LA FORMATION DE LA VALLEE DU SENEGAL

Morphogenèse		Climat	Ages absolus (années avant 1950)	Nomenclature	
				Régionale	Générale
agrandissement des méandres légère entaille	dépôts argileux des cuvettes levées de rive convexe	sahélien plus sec	2.000 BP	Actuel Subactuel	Holocène
	hautes levées, delta cordons littoraux sable marin et vase	assez humide	5.500 BP	Post-Nouakchottien Nouakchottien	
	remaniement de dunes	humide			
recreusement du lit	dépôt d'argile fluviale	sec			Würm récent
	premier remblai barrage de dunes rouges nappe de graviers	très humide (guinéen) très aride	8.000 à 11.000 BP ?	Ogolien	
creusement sous le niveau de la mer	basse terrasse (graviers)	subaride (contrasté)		Inchirien supérieur	Interstade
creusement (bas glacis)	calcaires lacustres moyenne terrasse (poudingue)	subaride humide (sud soudanien)	30.000 à 40.000 BP ?	Inchirien inférieur	Würm ancien Inter-glaciaire
creusement	haute terrasse	subaride humide			Riss ?
creusement		subaride			Inter-glaciaire ?
					Pliocène supérieur ?

Surface cuirassée sur les grès du Continental terminal

cours de la décrue à cause de la forte évaporation de saison sèche ; un réseau de fentes de rétraction les découpent alors en polygones. Ces *cuvettes argileuses de décantation* présentent des formes et des dimensions très variables d'un endroit à l'autre de la vallée. Leur superficie varie d'une dizaine d'hectares jusqu'à une centaine de km². Ce sont les terres *hollaldé* (fig. 5) que les cultivateurs plantent en sorgho au fur et à mesure que le niveau des eaux baisse (L. PAPY, 1951). Les argiles se composent d'un mélange de kaolinite, illite et montmorillonite.

L'étendue et la durée de la submersion dépendent de l'ampleur de la crue qui varie d'une année à l'autre. Mais dans les *parties basses au sol très argileux*, les eaux stagnent toujours très longtemps. Elles y restent souvent plusieurs mois ; aussi l'épaisseur de la couche d'argile de décantation est-elle plus grande, dépassant parfois 3 m. Certaines mares subsistent jusqu'en fin de saison sèche malgré la forte évaporation ; on les appelle *vindou* en langue vernaculaire (fig. 5).

Aux basses eaux apparaissent de nombreux *bancs de sable* dans le lit mineur du fleuve. Ils bordent généralement les rives convexes de méandres, en pente douce (*falo*). La surface de ces bancs est parfois plane. Ailleurs le fleuve a modelé une série de dunes hydrauliques en forme de croissant, le flanc raide tourné vers l'aval (P. MICHEL, 1968).

Dans la région maritime du Delta, où existaient des lagunes entre le front deltaïque et les cordons littoraux, les terrains argileux sont très salés et la plupart des cuvettes évoluent maintenant en *sebkhas* (J. TRICART, 1956, 1961) ; vers le Nord, des *sebkhas* s'égrènent dans la dépression de l'Aftout ech Chergui, derrière les dunes littorales (fig. 4 c). Les alizés maritimes du N.NW, qui soufflent fréquemment en saison sèche, amoncellent le sable en *dunes vives* le long de la côte et accumulent les particules fines en *bourrelets de sebkhas*.

Ainsi l'évolution de la vallée du Sénégal et de ses bordures pendant le Quaternaire a été complexe. Elle a été influencée à la fois par les variations climatiques et les oscillations du niveau marin. Les principales étapes de cette morphogénèse sont résumées dans le tableau ci-dessus.

Feuille MATAM

L'EOCENE

Les formations d'âge éocène sont affleurantes ou sub-affleurantes de part et d'autre de la vallée dont elles forment le soubassement.

— En rive gauche, les niveaux marins et phosphatés se rencontrent le long d'une étroite bande limitée à l'Est par les alluvions du *oualo*, à l'Ouest par la corniche ravinée du C.t. Cette zone correspond au *diéti* ; elle supporte des buttes-témoin de C.t., couronnées par des lambeaux de cuirasse ferrugineuse.

Les niveaux affleurants sont peu variés : ce sont essentiellement des bancs calcaires (Kanel, Ndouloum, Kirir, Est de Tilogne) et des grès argileux jaunes localement fossilifères ou *formation jaune* (Polel, Kanel, Tiankone, Ndouloum, Kirir). Les argiles feuilletées sous-jacentes n'affleurent qu'à proximité de Tilogne.

Au-dessous, la série éocène n'est connue que par l'étude des puits et sondages effectués pour l'alimentation en eau des villages ou pour la recherche de phosphate de chaux (L. BAUD, 1936-1938, B.R.G.M., 1962 et 1965). Ces observations s'étendent sur une profondeur de 45 m environ. Plus bas, la géologie a pu être localement précisée par les forages de recherche d'eau (forages F.E.D., 1967).

— En rive droite, l'Eocène est presque exclusivement représenté par des assises gréseuses, grésos-argileuses et argileuses, partiellement continentales. Des affleurements limités de calcaires, argiles feuilletées, phosphates de chaux et formation jaune se rencontrent en bordure du fleuve au Sud de Koundel.

La base de la série éocène étant très peu connue, les divers niveaux seront décrits de haut en bas.

1 — La formation jaune (Em^b)

C'est un grès argileux tendre, ferrugineux, de couleur jaune ocre à rouge brique, tachant les doigts, localement glauconieux (Kanel, région de Tilogne), faiblement phosphaté (0,3% en P₂O₅ au Sud Ouest de Polel). Par place, il contient de petites passées argileuses.

Ce niveau se suit tout le long de la rive gauche, en puits et affleurements, sous le C.t. Par suite de sa faible épaisseur et pour faciliter la lecture de la carte, il n'a été figuré que dans les zones où il est bien représenté à l'affleurement.

En rive droite il n'existe que dans les buttes de Sivé-Koundel, Garli, Dolol.

Depuis le Nord de la feuille jusqu'à Kanel, la puissance de la formation jaune ne semble guère dépasser 2 m. Vers le Sud elle prend de l'importance et constitue de petites buttes de 6 à 8 m de hauteur (région de Polel — Ouali-Diala).

La faune, constituée de Lamellibranches et de Gastéropodes, sous forme de moules internes, est abondante à Kanel et Polel où l'on rencontre les espèces suivantes : *Ostrea multicostrata* DESH., *Meretrix arnaudi* TESS., *Cassidaria chautardi* TESS., *Cardium cf. halaense* D'ARCH., *Libitina cf. vicaryi* D'ARCH., *Eovasum senegalense* TESS., *Gisortia brevis* DOUV. et des Thersitiées⁽¹⁾.

(1) Déterminations P. ELOUARD (1959).

Au Sud de Ouali-Diala, la faune récoltée est souvent brisée et répartie en traînées lumachelliques lenticulaires, les plus importantes étant situées près de la base de la formation. Contrairement aux cas précédents, il s'agit là de fragments de tests (*Ostrea multicosata* DESH.) et de moules internes silicifiés provenant vraisemblablement de la destruction d'un niveau fossilifère sous-jacent. Ces caractères se retrouvent sur l'autre rive où la formation jaune contient en outre des rognons de silex fossilifères et des galets siliceux à perforations de lithophages (Sivé), des lits de cherts écrasés issus de calcaires et dolomies, et de rares éléments de grès-quartzite (Sud de Sivé, Garli).

La formation jaune est généralement surmontée (Kanel, Ouali-Diala, Ndouloum), sans discordance apparente, par plusieurs mètres d'argiles kaoliniques jaunes ou rosées, peu litées, contenant localement des niveaux indurés ferrugineux, riches en hématite rouge, de quelques centimètres d'épaisseur (Kanel, puits de Madina-Torobé, Tianskone). En l'absence de faune, ces argiles de transition entre l'Eocène et le C.t. n'ont pu être datées. Leur faciès et l'absence de discordance (?) à la base incitent à les placer dans l'Eocène. Dans la partie sud du bassin (Tambacounda), des argiles occupant la même position stratigraphique ont livré une microflore et une microfaune de type laguno-lacustre, d'âge éocène supérieur à oligocène (M. DIENG, 1965). A Garli et Dolol, un niveau argilo-gréseux s'intercale entre la formation jaune et les argiles kaoliniques.

En rive gauche, la formation jaune repose sur des calcaires en bancs ou disloqués dans un emballage argileux. En rive droite, son substratum est de nature variable et souligne son caractère localement transgressif : calcaires à Koundel, argiles feuilletées à Sivé, grès argileux au Sud Est de Sivé.

2 — Les calcaires (Em^a (c) supérieur)

A Kanel (*calcaires de Kanel* de L. BAUD), ils sont cristallins, de couleur jaunâtre, localement un peu crayeux, parfois glauconieux. Ils contiennent une faune abondante, voisine de celle de la formation jaune : *Ostrea multicosata* DESH., *Carolia placunoides* CANT., *Cardium cf. halaense* D'ARCH., *Libinia cf. vicargi* D'ARCH., *Meretrix arnauti* TESS., *Turritella cf. boghosi* TESS., *Schizaster douvillei* LAMB., dents de *Lamnidae* et *Myliobatidae* ⁽¹⁾.

L'étude palynologique d'échantillons calcaires prélevés à la base des collines de Kanel a mis en évidence la présence locale d'hystrichosphères (microorganismes planctoniques à affinités incertaines) et d'une association sporopollénique variée appartenant à quatre familles ayant des représentants actuels : Sapotacées, Césalpiniacées, Géraniacées et Guttiféracées ⁽²⁾ (M. DIENG, 1965).

Plus au Nord, les calcaires qui affleurent sous la formation jaune à Ndouloum, Kirir, et près de Koundel, présentent un faciès sensiblement différent.

Ces roches sont bréchiques et micro-bréchiques, parfois phosphatées, localement vacuolaires et concrétionnées. Le calcaire est cristallin, jaune ou blanc, crayeux, en blocs, galets ou dalles, réunis par un ciment argilo-calcaire blanc, riche en coprolithes de phosphate de chaux. Les filonnets calcitiques sont nombreux. Cette formation contient des galets siliceux à perforations de lithophages et des éléments de calcaire fossilifère silicifié. La faune, souvent brisée, est abondante avec *Carolia placunoides* CANT., *Ostrea multicosata* DESH., *Turritella cf. boghosi* COSS., des Nautiloïdes.

A Ndouloum et près de Koundel, une surface de discontinuité (hardground) semble séparer le conglomérat calcaire de la formation jaune. Au Sud de la colline de Koundel l'ensemble calcaire disparaît ; la formation jaune repose alors sur les argiles feuilletées sous-jacentes.

La puissance maximale des assises calcaires de Kanel, Ndouloum, et Koundel, est voisine de 4 m.

(1) Déterminations P. ELOUARD (1959).

(2) Déterminations M^{me} LESAGE (B.R.G.M., Paris).

En rive gauche les puits du *diéri* ne traversent pas de bancs importants de calcaires massifs ou conglomératiques mais rencontrent fréquemment, sous le recouvrement quaternaire, un niveau de blocs calcaires érodés, présentant le faciès et la faune des calcaires de Kanel, emballés dans une matrice argileuse blanche. Ce niveau, d'une puissance voisine du mètre, pourrait être l'équivalent latéral des calcaires décrits sous la formation jaune. Cependant, étant donné l'altitude des puits, il semble plutôt se situer au-dessous de calcaires de Kanel S.S. Enfin, les calcaires supérieurs peuvent faire localement défaut sous la formation jaune (Sivé).

3 — Le complexe argileux, phosphaté et calcaro-dolomitique Em^a (c) inférieur (fig. 6)

Sa puissance moyenne est de l'ordre de 15 m.

Il est constitué par une alternance irrégulière de niveaux calcaires à dolomitiques et d'argiles feuilletées dites *papyracées* constituées d'attapulgit et de montmorillonite. Dans cet ensemble, partiellement à totalement phosphaté, s'intercalent localement plusieurs lentilles (3 à 4) de phosphate de chaux gris, tendre à pulvérulent, finement coprolithique ou pseudo-oolithique, à gros coprolithes dispersés. L'importance de ces amas phosphatés est très variable dans le même puits et d'un puits à l'autre : de quelques centimètres à 1,80 m ; ils se localisent au Sud de Matam, à Sivé, à Ndouloum, au Nord Ouest de Tilogne.

Des brèches calcaro-phosphatées et argileuses, à concrétions calcitiques énigmatiques se rencontrent fréquemment au toit ou au mur des lentilles phosphatées.

La plupart des calcaires sont organo-détritiques, fossilifères à lumachelliques. Plus rarement ils sont constitués de grains calcitiques agglomérés. Les calcaires gréseux sont rares (près de Kanel, Tianskone Hiraye).

Tous les intermédiaires entre calcaire et dolomie sont représentés ; la proportion de dolomite augmente généralement avec la profondeur.

Des silicifications, allant des calcaires et dolomies faiblement siliceuses aux cherts à aspect de silex, apparaissent épisodiquement à des niveaux divers (Tianskone Boguel, Sédo Abas, Fataniabé, Ouali-Diala, Siri-Ouoro).

Au Nord Ouest d'Ouro-Sogui, les niveaux dolomitiques (sable dolomitique, dolomie calcaire) prennent une grande importance au détriment des argiles feuilletées et du phosphate de chaux (Siri-Ouoro, Katote, Kavel, ...). A Katote des grès tendres s'intercalent en outre dans la série.

Dans la moitié sud de la feuille, des niveaux lenticulaires de grès-quartzite se substituent localement au calcaire de Kanel (près de Polel) ou aux niveaux sous-jacents (Gana Balé).

Le puits du village de Ouali-Diala met en évidence une réduction locale de l'ensemble calcaro-dolomitique, argileux et phosphaté. En allant vers l'Ouest, un milieu de sédimentation plus calme se traduit par la disparition des niveaux de phosphate de chaux et la prépondérance des bancs réguliers, non bréchiques, de calcaire organo-détritique (puits de Tékinguel). Cette dernière série, essentiellement argileuse et calcaire, est fortement glauconieuse (M. PASCAL, 1966). La glauconie est également connue à l'Ouest d'Ouro-Sogui et à Mbaïla.

La faune est abondante et assez variée ; elle se localise surtout dans les passées calcaires supérieures. Les espèces les plus fréquentes sont : *Ostrea multicosata* DESH., *Carolia placunoides* CANT., *Turritella cf. boghosi* COSS., *Turritella aegyptiaca* M.E., *Corbis cf. lamellosa* LMK., *Chlamys aff. squamula* LMK., *Meretrix arnauti* TESS., *Gisortia brevis* DOUV. ; les genres *Cardium*, *Cardita*, sont également représentés par plusieurs espèces ⁽¹⁾.

(1) Déterminations P. ELOUARD (1959).

Les niveaux argileux papyracés contiennent quelques *Carolia placunoides* (Sénopalel).

Les phosphates sont quelquefois riches en débris de poissons (dents et vertèbres). Des galets siliceux à perforations de lithophages se rencontrent dans les calcaires et phosphates (Tekinnguel, Ouali-Diala) (M. PASCAL, 1966).

La microfaune est très rare; elle se réduit à des Amphistégines (région de Tiankone) et à de rares formes arénacées du genre *Haplophragmoides* (C. MONCIARDINI, 1966). Cette absence peut résulter de la dissolution des tests calcaires, phénomène qui s'observe fréquemment pour la macrofaune des même niveaux.

La série décrite se caractérise par la grande variabilité latérale des lithofaciès et par la présence de passées lenticulaires avec remaniements fréquents. Ces éléments, joints à la lithologie, traduisent un milieu de sédimentation littoral, instable, en eau peu profonde et agitée. Les apports terrigènes jouent un rôle assez modeste malgré la proximité du continent.

4 — L'ensemble argilo-sableux inférieur (Em^a (ga))

Cet ensemble, situé sous le complexe carbonaté, argileux et phosphaté, est sub-affleurant dans la région de Ouali-Diala (M. PASCAL, 1966). Il a été atteint par sondage entre Ndiendouri et Ogo à une profondeur voisine de 15 m et traversé jusqu'à - 75 et - 80 m à Kanel et Ouro-Sogui (forages F.E.D.). Au Nord de la feuille, le forage de Tilogne l'a traversé sur près de 240 m sans atteindre le socle.

Ces formations sont essentiellement sableuses et argilo-sableuses à rares passées d'argile plastique jaune, verdâtre, ou violacée. L'importance des niveaux purement sableux varie fortement d'un ouvrage à l'autre. Les sables sont généralement homométriques, les passées fines et grossières alternent irrégulièrement; l'origine fluviale de certains niveaux est particulièrement nette (Ouro-Sogui - 55 à - 80 m).

Les sables supérieurs contiennent fréquemment, sur quelques mètres, une relative abondance de tests de Lamellibranches, de débris de poissons, et de petits coprolithes phosphatés (région de Ouali-Diala, Sintiou Boyénadji, ...). Les niveaux sous-jacents sont azoïques. Une passée argileuse riche en carbone organique, tourbeuse, a été traversée à Ouro-Sogui de - 52 à - 54 m (J. DEBUISSON, 1967).

En rive droite, les sables argileux, parfois légèrement consolidés, affleurent à Sivé, sous les argiles papyracées, et près de Dolol; ils n'ont pas été séparés cartographiquement des importantes formations gréseuses de cette région.

5 — Les grès, grès argileux et argiles de la rive droite (Em^a (g))

Sur le plan stratigraphique, ces roches représentent l'équivalent latéral de toutes les formations précédemment décrites sous la formation jaune. Elles constituent la presque totalité des buttes-témoin de la rive droite.

On peut y distinguer les faciès suivants.

— Les grès et sables argileux tendres — Cette formation, déjà citée, affleure à Sivé, Garli et près de Dao; elle prolonge quelque peu en rive droite les assises argilo-sableuses décrites en rive sénégalaise. Connus sur quelques mètres, ces grès argileux sont azoïques, de couleur jaunâtre ou blanche.

— Les grès ferrugineux ou grès du Gorgol⁽¹⁾ — Ces roches forment de puissantes assises qui donnent aux buttes-témoin leur couleur rouge caractéristique. Ce sont des grès tendres, moyens à grossiers, de couleur rouge brique, dont les grains de quartz sont entourés par une fine pellicule d'oxyde de fer. Le ciment argileux est plus ou moins abondant. Ils contiennent souvent de petites passées de fragments anguleux ou arrondis d'argiles kaoliniques blanches, ou de grès fins argileux, blancs.

(1) Terme introduit par P. ELOUARD

COUPE DU SONDAGE M1 SITUÉ A 4 KM AU SUD D'OURO - SOGUI D'après M. PASCAL

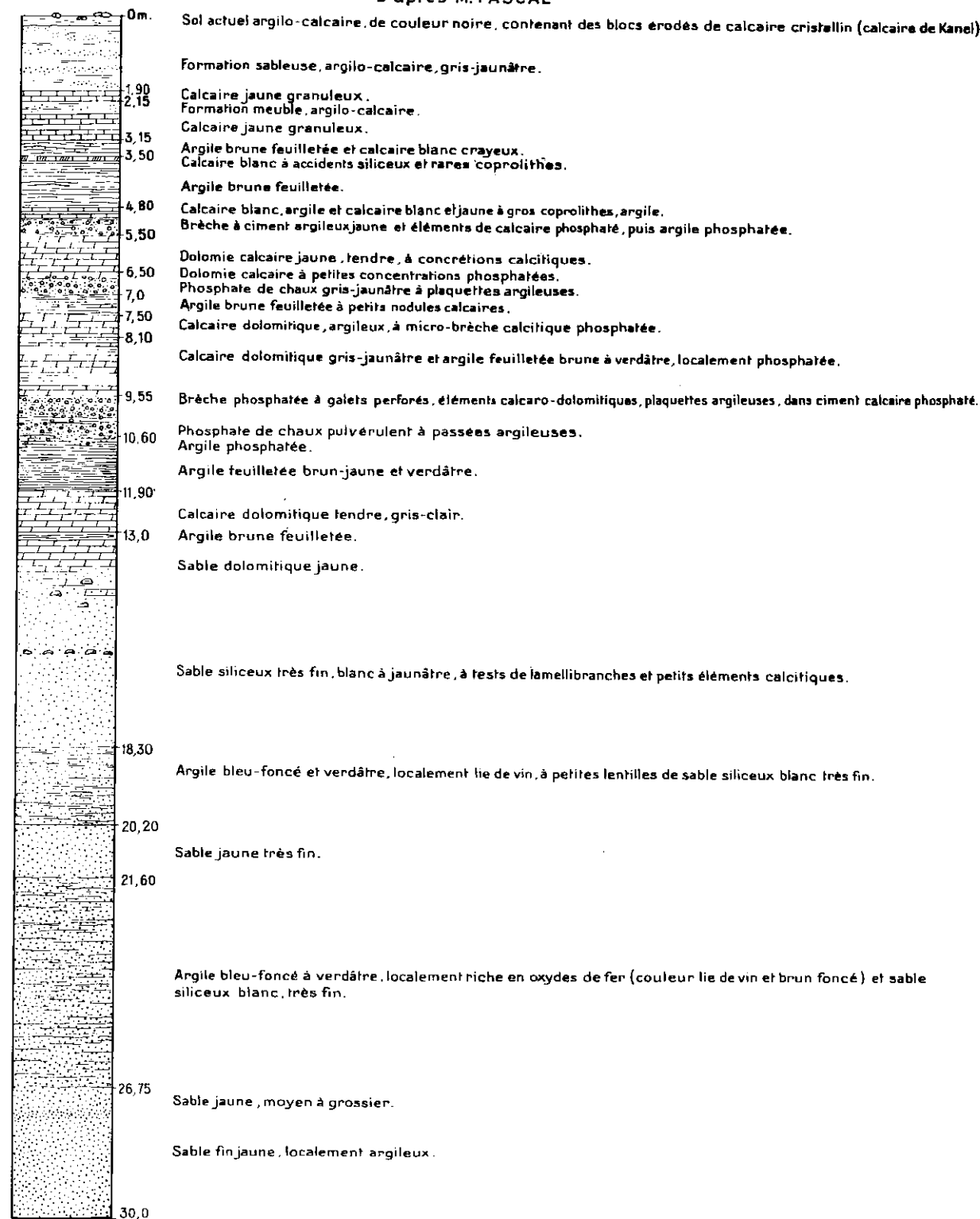


Figure 6

Les grès du Gorgol présentent de très belles stratifications entrecroisées tabulaires.

— Les grès-quartzites ou *grès du Savalel* ⁽¹⁾ — Ce sont des grès-quartzites blancs, massifs, à grain nourri, qui constituent des lentilles ou des bancs locaux au sein des grès du Gorgol.

Au pied de la butte de Garli, côté nord, ils apparaissent en lentilles dont les dimensions maximales en épaisseur et extension latérale sont inférieures à 5 m. Par contre, plus au Nord, ils forment une importante colline près de Dindi; ils affleurent largement dans la même région.

Les grès-quartzites se rencontrent également dans le lit mineur du fleuve, en rive gauche, à Dolo, Sivé, Koundel et Dindi.

— Les grès-quartzites ferrugineux — Ces roches ne sont connues qu'en deux points : à l'Est de Koundel et sur la piste menant à Hadad. Elles semblent provenir des grès du Gorgol dont le ciment argileux se serait localement silicifié et enrichi en oxydes de fer.

— Les argiles — Elles constituent de nombreuses passées ou des niveaux locaux, de quelques centimètres à plusieurs mètres d'épaisseur, irrégulièrement répartis dans la masse des grès du Gorgol. Ce sont des argiles kaoliniques litées, jaune-ocre à blanche, parfois à trainées violacées. Elles sont localement indurées et faiblement silicifiées.

— Les conglomérats — Ils sont peu importants dans la région cartographiée et se localisent à l'Est de Dindi où ils forment de minces passées irrégulières dans les grès du Gorgol. Les éléments, tous quartzeux, sont réunis par un abondant ciment argilo-gréseux rouge analogue au grès du Gorgol. La roche est homométrique à éléments anguleux de quelques millimètres ou, plus grossière, à dragées de quartz de l'ordre du centimètre.

LES FORMATIONS TERTIAIRES D'AGE POST-EOCENE OU CONTINENTAL TERMINAL

Pétrographie et caractère généraux (M. DIENG)

Dans la région cartographiée, le terme de *Continental terminal* (s.s.) s'applique à toutes les formations grés-argileuses situées entre la formation jaune, ou les argiles qui la surmontent localement (Eocène supérieur à Oligocène), et la cuirasse ferrugineuse attribuée au Quaternaire.

C'est un grès argileux blanc, à larges tâches d'oxyde de fer rouge, ou parcouru par des veinules ou auréoles rose-violacé. C'est une roche tendre à grains hétérométriques pouvant contenir des lits plus grossiers où les grains de quartz passent à des graviers et des passées plus fines d'argile kaolinique blanche et quelquefois de minces niveaux de gravillons ferrugineux.

On a pu y distinguer trois faciès :

- le grès de Goudiry ou grès de Kaédi qui est un grès argileux blanc-rouille contenant 4/9 de sable et 5/9 d'argile
- le grès du Trarza ou grès rubané de Goudiry qui contient 1/3 d'argile et 2/3 de sable comportant des graviers
- le grès de Goudiry bariolé qui est formé de 4/5 de sable et 1/5 d'argile contient également des graviers.

Ces trois faciès s'imbriquent les uns dans les autres et constituent les aspects d'un même grès.

(1) Terme introduit par P. ELOUARD

L'étude morphoscopique de la fraction sableuse montre un mélange de grains de quartz non usés et d'éroussés luisants indiquant des remaniements et un façonnement par l'eau, certains. Des oueds et des rivières au cours rapide sont capables d'engendrer ces phénomènes d'usure. L'étude des minéraux lourds de la fraction fine des grès du C.t. indique qu'ils proviennent des pegmatites et granites proches du socle birrimien.

L'épaisseur de l'assise des grès du C.t. varie de la bordure du bassin où sa puissance est inférieure à 10 m, vers l'intérieur du bassin sédimentaire où elle atteint plus de 200 m au sondage de Moutounsi (Sud Ouest d'Akjoujt). Quelques rares spores de fougères et pollens de Composées et de Graminées y ont été décelés mais ne permettent pas de la dater.

Si le doute qui subsiste sur l'âge quaternaire ancien de la cuirasse ferrugineuse était levé, on pourrait attribuer au grès du C.t. un âge mio-pliocène.

Continental terminal de la feuille Matam (M. PASCAL)

Le Continental terminal constitue le vaste plateau du Ferlo qui couvre la majeure partie de la feuille MATAM. Dans toute cette zone il est presque totalement masqué par les formations quaternaires : cuirasse ferrugineuse et sables sur le plateau, colluvions, sables et argiles de décantation, sables argileux, colmatant le réseau hydrographique fossile.

L'étude des déblais de puits et sondages met en évidence la présence fréquente de passées sableuses et argileuses au sein du C.t. dans lequel le faciès de grès argileux reste toujours prédominant (puits de Madina Torobé, Ngouloum, Bagone, ...).

Le puits de Tiangol Gassel (altitude 69 m) fournit la succession suivante :

Quaternaire — sable, gravillon latéritique remanié
(8 m)

Continental terminal (47 m)	{	— grès argileux blanc et brun à perforations cylindriques (trous de circulation d'eau)
		— grès argileux gris à grain moyen, localement ferrugineux à perforations et auréoles ferrugineuses concentriques de couleur rosée
		— grès argileux brun-rouge, tendre
		— alternance irrégulière de grès blanc tendre à ciment argileux, localement conglomératique, et de lentilles plissotées d'argile kaolinique blanc-rosée
		— grès blanc faiblement argileux à grain moyen

Eocène supérieur — argiles kaoliniques jaune-ocre de transition entre le C.t. et la formation
ou Oligocène ? jaune.

Au puits de Koré, le C.t., traversé sur 44 m, contient un important niveau de sable jaune (15 m d'épaisseur environ) surmontant des passées de cailloutis siliceux (quartzites et silexites).

Vers l'Est, le plateau du Ferlo est limité par l'entaille de la vallée du Sénégal. Sa bordure, érodée et disséquée par d'anciens affluents du fleuve, livre de nombreux affleurements de C.t. Dans cette zone, le C.t. constitue de nombreuses buttes-témoin couronnées par des vestiges de cuirasse et reposant sur le glaciaire éocène qui constitue le *diéti* (collines de Kanel, Sinntiane, Sinntiou Garba, Ouro Sogui, Ndouloum, ...).

Le long de la rive gauche, l'altitude de la base du C.t. est généralement voisine de 40 m ; elle atteint 60 m au Sud Est de la feuille.

La puissance du C.t. croît rapidement vers l'Ouest ; elle est voisine de 60 m à Liou, de 90 m à Loumbol Amar, de 100 m à Loumbol.

En rive mauritanienne, le C.t. ne subsiste qu'à l'état de témoins de faible épaisseur au sommet de quelques collines proches de la vallée et constituées d'Eocène gréseux ou argilo-phosphaté : Est de Dindi, collines de Sivé-Koundel, butte de Garli. L'altitude de la base du C.t. varie entre 45 m (Sivé) et 70 m environ (Est de Dindi).

Au Nord Est de la feuille, la présence d'Eocène gréseux à une altitude qui dépasse localement 100 m et l'absence totale du C.t. incitent à penser que cette dernière formation n'a pas recouvert, dans cette région, la bordure orientale du bassin éocène.

AGE DES FORMATIONS

La macrofaune des niveaux marins de la vallée du Sénégal est très voisine de celle de l'Ouest du Sénégal qui a été attribuée au Lutétien inférieur et à l'Yprésien par F. TESSIER. Pour A. GORODISKI, les Echinides récoltés dans la vallée se placeraient en majorité dans le Lutétien supérieur.

L'étude détaillée de la faune recueillie dans la formation jaune et dans les calcaires sous-jacents a permis à P. ELOUARD d'attribuer un âge lutétien inférieur à ces niveaux.

Les formations argileuses et sableuses inférieures, presque totalement azoïques dans la vallée, sont par contre au moins partiellement ante-lutétiennes.

Une série allant du Lutétien au Maestrichtien a été identifiée par la microfaune au sondage de Dendoudi (40 km à l'Ouest de Matam), entre 130 et 170 m de profondeur⁽¹⁾. Le Lutétien, puisant de 40 m, y est calcaire (sur 10 m) puis argileux et marneux. L'Eocène inférieur, d'une épaisseur de 10 m est essentiellement calcaire. Le Paléocène est représenté par 30 m d'argiles et de marnes avec un niveau calcaire en son milieu. Au-dessous, le Maestrichtien, traversé sur 30 m, est argileux et sableux, totalement azoïque.

Les assises supérieures déposées en milieu laguno-lacustre et continental (argiles de transition, argiles kaoliniques et grès argileux du Continental terminal), mal datées, et certainement d'âge variable suivant les régions considérées, se répartissent vraisemblablement entre le Lutétien supérieur et le Quaternaire moyen.

PALEOGEOGRAPHIE ET TECTONIQUE

En rive gauche et sous la formation jaune, la phosphatogenèse, l'alternance rapide de niveaux locaux ou de passées lenticulaires, les variations latérales de faciès et la présence de brèches, caractérisent un milieu de sédimentation instable et très agité, de type littoral à néritique. Les dépôts de roches carbonatées et d'argiles (attapulgites et montmorillonites) traduisent une période de sédimentation en régime biostatique. La proximité de la zone côtière se manifeste localement par des apports de matériaux détritiques terrigènes de type fluvio-deltaïque.

En rive mauritanienne la transgression lutétienne s'étend sur l'aire continentale dont l'influence sur la nature des sédiments devient prépondérante. Le complexe argileux, carbonaté et phosphaté, est remplacé par les grès du Gorgol à stratifications obliques et passées d'argiles kaoliniques.

(1) Travaux de C. MONCIARDINI

De part et d'autre de la vallée, à la partie supérieure des assises marines phosphatées, une période troublée se traduit par la destruction locale, vraisemblablement après émergence, de certains niveaux calcaires dont les vestiges se retrouvent au sein d'argiles marines remaniées.

Une ultime invasion marine de faible amplitude amène le dépôt de la formation jaune dans laquelle prédominent les apports continentaux. Ce niveau contient localement des éléments qui paraissent provenir de niveaux sous-jacents érodés et démantelés (cherts issus de calcaires, grès-quartzite, tests silicifiés de Lamellibranches, phosphate de chaux). Le caractère marin de la formation jaune est attesté par la présence d'une faune marine non roulée.

Après émergence définitive de cette partie du bassin, les grès argileux, sables et argiles du C.t. se déposent au cours d'une période caractérisée par un système d'érosion semi-aride avec des crues brusques et irrégulières séparées par de longues sécheresses (J. TRICART, 1961).

Les manifestations tectoniques décelées en surface sont toujours très localisées et de faible importance.

Au Sud Ouest de Kanel, les argiles de transition situées entre la formation jaune et le C.t. présentent des plis à l'échelle métrique (figures de glissement ?). Un peu plus au Nord, dans une butte isolée, la formation jaune et les argiles kaoliniques présentent un pendage sub-vertical et sont séparées du C.t. par un accident oblique de quelques mètres de rejet.

En rive droite, les calcaires de Koundel sont plissés avec des pendages atteignant 30° (signalés par F. JACQUET et L. BAUD). Dans la même colline, et jusqu'à Sivé, la formation jaune présente une surface plissée en tôle ondulée sur laquelle le C.t. semble reposer en discordance, l'amplitude des ondulations étant de l'ordre de 8 m. Près de Sivé et plus au Nord (Haire Modiane) existent plusieurs failles sub-verticales affectant le C.t. et l'Eocène; leur rejet ne dépasse pas 10 m.

A l'échelle régionale, les sondages effectués près de la vallée et dans le Ferlo mettent en évidence vers l'Ouest, le plongement et l'augmentation d'épaisseur rapide des assises marines reconnues, d'âge crétacé supérieur à lutétien. Dans cette partie du bassin la sédimentation marine, qui connaît son extension géographique maximale au Lutétien, est donc accompagnée d'une importante subsidence.

Après le retrait définitif de la mer, le dépôt du C.t. s'effectue encore en régime de subsidence ainsi qu'en témoigne la position actuelle de sa base qui se situe localement à 70 m au-dessous du niveau de la mer (forage de Loumbol). Des mouvements locaux de réajustement, contemporains de la sédimentation des argiles kaoliniques de transition, expliquent la discordance parfois observée à la base du C.t.

Par rapport à la vallée et au Ferlo, la bordure orientale du bassin sédimentaire, dans laquelle le Lutétien grés-argileux atteint 100 m d'altitude, apparaît comme une région surélevée.

Dans la région cartographiée, la structure du bassin, subsidente à l'Ouest, exhaussée à l'Est, paraît résulter d'accidents verticaux anciens, d'orientation sub-méridienne, ayant joué dès le Secondaire et pendant tout le Tertiaire. A l'appui de cette hypothèse signalons qu'une importante ligne d'anomalie gravimétrique positive, de direction Nord 15° Ouest, a été décelée à proximité de Matam (C. BLOT et coll., 1962).

FORMES ET DEPOTS DU QUATERNAIRE

Quaternaire ancien et moyen

Moyenne terrasse (poudingue)

Quelques témoins de cette terrasse apparaissent près de la bordure ouest de la vallée du Sénégal à Dabia et aux environs de Tilogne.

Basse terrasse (galets)

Elle se situe en contrebas de la terrasse précédente, à très faible distance; on y trouve des graviers.

Cuirasse ferrugineuse

Les formations indurées par les oxydes de fer couvrent de vastes superficies. Tantôt c'est une cuirasse très compacte, se fragmentant en gros blocs, tantôt un niveau de gravillons ferrugineux légèrement recimentés. Ces revêtements s'étendent sur la majeure partie du Ferlo, au-dessus du C.t.; ils disparaissent uniquement dans les entailles évasées de l'ancien réseau hydrographique où ils ont été érodés. De part et d'autre de la vallée du Sénégal, des chapeaux de cuirasse ferrugineuse coiffent les principales buttes. Plus à l'Est, la cuirasse protège des plateaux de grès éocène très déchiquetés par l'érosion (P. MICHEL, 1968).

Ogolien

Dunes rouges

Il n'existe que des cordons dunaires isolés, principalement dans la partie nord de la feuille; leur orientation est E.NE - W.SW. Ces petites dunes aplaties se sont formées surtout par remaniement éolien des dépôts du premier remblai.

Premier remblai sablo-argileux

Cette terrasse s'élève de part et d'autre du lit majeur du Sénégal. Sur la rive droite elle est discontinue tandis qu'elle suit la rive gauche depuis Amadi Ounaré jusqu'à Tilogne. Sa largeur dépasse par endroits 5 km. Ces sables argileux contiennent encore des gravillons ferrugineux et parfois des fragments émoussés de cuirasse; leur épaisseur peut être de 9-10 m d'après certaines coupes de puits. Des lambeaux de cette terrasse subsistent en pleine vallée alluviale (P. MICHEL, à paraître), dans les régions de Boki Diavé et Tilogne; ils dominent nettement les dépôts fluviaux plus récents. Ce remblai colmate aussi des dépressions drainées par de petits oueds qui rejoignent la vallée du Sénégal.

Premier remblai arasé

A la bordure occidentale du lit majeur du fleuve, la terrasse a été arasée sur une profondeur variant de quelques centaines de mètres à 3-4 km dans la région de Matam. Ces terrains situés à une cote plus basse sont entièrement inondés par forte crue.

Dépôts post-nouakchottiens

Hautes levées (sable fin, limon)

Ces anciens bourrelets de berge, avec de nombreux deltas de rupture de levées, gagnent le lit du Sénégal et ceux de ses principaux défluent, comme le Diamel. En amont de Matam leur largeur est variable; à partir de cette escale, le système de levées très enchevêtrées s'étend jusqu'aux bords du lit majeur. Il se rétrécit et se ramifie à partir de Boki Diavé.

Dépôts subactuels et actuels

Levées subactuelles et actuelles

Elles accompagnent les sinuosités du fleuve, montrant l'évolution des méandres depuis 2.000 ans environ. La largeur des faisceaux varie de quelques dizaines de mètres à 3 km au coude de Dolof. Des petites levées apparaissent aussi dans certaines boucles du Diamel.

Bancs de sable

Ils encombrant le lit mineur du Sénégal à l'étiage et colmatent d'anciens chenaux comme dans le méandre de Sadel.

Cuvettes argileuses de décantation

Elles occupent de vastes superficies du lit majeur dans les régions de Kanel et Matam entre le système de hautes levées et la terrasse du premier remblai. A l'aval n'existent que de petites dépressions entourées de dépôts post-nouakchottiens (*fondé*). Mais leurs dimensions s'agrandissent considérablement à partir de Boki Diavé.

Parties basses au sol très argileux

Elles sont assez étendues dans les régions de Kanel et Matam où les parties centrales des cuvettes sont mal drainées.

Substances utiles

Le phosphate de chaux

Le phosphate de chaux, signalé dès 1911 dans la vallée du Sénégal par F. CHUDEAU, a fait l'objet de plusieurs campagnes de prospection tant en rive mauritanienne (L. BAUD, 1936-1938), qu'en rive sénégalaise (L. BAUD, 1938, B.R.G.M., 1962 et 1965).

Rive gauche du fleuve

Plus de 40 indices de minéralisation phosphatée sont connus entre Ouali-Diala et Tilogne.

La minéralisation se présente sous les formes suivantes.

— *Minéralisation diffuse*

Les coprolithes phosphatés sont dispersés dans les roches calcaires, argileuses ou sableuses. Les calcaires et argiles contiennent le plus souvent un mélange de gros (1 cm et plus) et petits coprolithes (1 à plusieurs mm). Les sables supérieurs, quand ils sont phosphatés, ne contiennent que de petites particules ovoïdes de phosphate de chaux (micro-coprolithes ou pseudo-oolithes).

La teneur P_2O_5 des roches intéressées est toujours inférieure à 5 %.

Cette forme de minéralisation présente une grande dispersion géographique le long de la rive gauche; elle affecte un nombre variable de niveaux répartis entre la formation jaune et l'ensemble argilo-sableux inférieur, sur une hauteur qui dépasse localement 15 m.

— *Roches fortement phosphatées*

Les coprolithes sont abondants et envahissent l'ensemble de la roche qui, à la limite, devient un phosphate coprolithique à ciment argileux ou calcaire. Les brèches calcaires dont le ciment est fortement phosphaté se rangent également dans cette catégorie. Les coprolithes forment parfois de petits amas, nodules, filonnets, dans les calcaires, de petites passées irrégulières dans les interlits des argiles papyracées. Dans les calcaires et dolomies, les coprolithes emplissent parfois des terriers cylindriques d'animaux fouisseurs et des cavités dues à des organismes lithophages.

Ces roches sont relativement peu abondantes et très irrégulièrement réparties dans la série argilo-calcaire et dolomitique. Leur teneur en P_2O_5 varie de 13 à 25 %.

— Concentrations de phosphate de chaux

Ce sont des amas lenticulaires ou des niveaux locaux d'épaisseur très variable.

Le phosphate et pulvérulent ou faiblement consolidé par un ciment argilo-calcaire peu abondant. Il est formé de petites particules phosphatées (coprolithes, oolithes ou pseudo-oolithes) dans lesquelles sont dispersés de gros coprolithes, des débris de poissons et, quelquefois, de petites plaquettes argileuses.

Les particules phosphatées, habituellement de couleur blanc crème et d'aspect mat, sont quelquefois recouvertes par une fine pellicule calcitique.

L'épaisseur d'une concentration varie de quelques centimètres à 1,80 m. Le toit et le mur sont constitués d'argiles papyracées avec ou sans coprolithes, ou plus rarement, de brèches calcaires phosphatées (puits de Kanel).

Les teneurs en P_2O_5 se répartissent entre 20 et 30 % pour l'échantillon brut. Le pourcentage de Fe_2O_3 varie de 1,2 à 3,2 % et atteint 5,6 % pour les phosphates associés à une brèche calcaire. L'alumine constitue 4 à 7 % de la roche. Le lavage sur tamis 100 ou 270, après broyage, permet généralement d'obtenir un produit titrant moins de 3 % en féal.

Ce type de minéralisation, le seul intéressant sur le plan économique, est connu près de Tilogne, à Ndouloum et au Sud de Matam. Il se concentre plus particulièrement entre Ndiendouri et Ouali Diala où il apparaît en trois niveaux qui ont apparemment une certaine continuité latérale. Dans le meilleur cas, l'épaisseur cumulée de ces niveaux atteint 3,8 m et se répartit sur une hauteur de 6,50 m ; la teneur moyenne est voisine de 26 % en P_2O_5 . La couverture stérile n'est que rarement inférieure à 10 m.

Rive droite du fleuve

Les phosphates de chaux ne sont connus que dans les collines situées près du fleuve, entre Sivé et Koundel, où ils ont été étudiés en détails par L. BAUD en 1936 et 1937.

Au Nord du village de Sivé, des phosphates de chaux gris, tendres, affleurent à flanc de colline sous forme de trois lentilles ayant respectivement 20 cm, 20 cm et 60 cm d'épaisseur (de bas en haut), séparées par des niveaux d'argile feuilletée papyracée. En aval de Sivé les phosphates affleurent dans de petits ravinements où l'on peut observer en un point une lentille phosphatée atteignant 1,80 m d'épaisseur. L'ensemble argilo-phosphaté disparaît au Nord sous les calcaires faiblement phosphatés de Koundel ; il repose toujours sur des grès fins blancs à jaunâtres. Vers l'Est, les phosphates disparaissent sous le C.t. qui couronne les collines.

Les phosphates de Sivé ont une teneur moyenne en P_2O_5 voisine de 27 %.

A Sivé, la faible importance du gisement actuellement connu, le caractère lenticulaire des niveaux phosphatés, l'isolement géographique, constituent autant de facteurs défavorables à une éventuelle exploitation. En rive sénégalaise la présence d'un recouvrement stérile généralement supérieur à 10 m constitue un élément défavorable supplémentaire. Cependant, dans le cadre de l'aménagement hydro-agricole de la vallée, une exploitation limitée en vue d'un usage local peut être envisagée.

Signalons enfin qu'en rive gauche, un accroissement vers le Sud Ouest du faisceau phosphaté de Diendouri — Ouali Diala est concevable. Les indices de Tilogne et Ndouloum méritent également de retenir l'attention.

INDICES DE MINÉRALISATION PHOSPHATÉE

Tableau récapitulatif

Lieu dit	Localisation		Nature de l'indice	P_2O_5 % Ech. brut
	Long. W	Lat. N		
Amarabé	13°20'	15°30'	Phosph. chaux pulv.	19,6
Andiaré	13°10'	15°17'	Argile à coprolithes	5,3
Boki Saboudo	13°25'	15°46'	Calcaire phosphaté	
Diam Véli	13°10'	15°26'	Calcaire phosphaté	24,9
Diolol	13°30'	15°50'	Calcaire phosphaté	13,5
Goudoudé Diobé	13°33'	15°52'	Argile à coprolithes	14,1
Goudoudé Douetbel	13°35'	15°52'	Coprolithes	
Kadré Pavi	13°36'	15°58'	Calcaire phosphaté	18,0
Kanel	13°10'	15°28'	Phosph. chaux pulv.	25,6
Katoté	13°29'	15°48'	Calcaire phosphaté	
Kavel Kangal	13°29'	15°49'	Argile, dolom. phosph.	
Kavel Sintiane	13°29'	15°49'	Calcaire phosphaté	5,2
Kelloul	13°07'	15°16'	Argile à coprolithes	9,1
Kirir	13°31'	15°52'	Argile, calc. phosph.	19,3
Lévé Ganar	13°13'	15°28'	Phosph. chaux pulv.	24,8
Mbanane	13°23'	15°39'	Argile phosphatée	17,6
Mogo	13°22'	15°40'	Calcaire phosphaté	10,7
Nabadji	13°23'	15°44'	Phosph. chaux pulv.	22,4
Ndiendouri	13°01'	15°20'	Calcaire phosphaté	28,1
Ndouloum	13°24'	15°48'	Phosph. chaux pulv.	32,9
Nodi	13°06'	15°19'	Argile à coprolithes	18,8
Ogo	13°17'	15°34'	Calcaire phosphaté	20,4
Ombo	13°20'	15°33'	Calcaire phosphaté	
Onntorbé	13°25'	15°42'	Calcaire phosphaté	26,2
Ouali-Diala (région de)	13°01'	15°17'	Phosph. chaux pulv.	19,2 à 29,6
Ouro Sidi	13°10'	15°25'	Argile à coprolithes	12,5
Ouro Sogui	13°19'	15°36'	Phosph. chaux consolidé	26,4
Ouro Soré	13°40'	16°00'	Calcaire phosphaté	12,6
Padé' Boyengal	13°29'	15°49'	Calcaire phosphaté	
Sédo-Abas	13°27'	15°51'	Calcaire phosphaté	9,1
Sénopalel	13°09'	15°23'	Phosph. chaux pulv.	27,9
Sinntiou Bamambé	13°08'	15°21'	Calcaire phosphaté	30,1
Sinntiou Boyenadji	13°20'	15°39'	Phosph. chaux pulv.	20,0
Siri--Ouoro	13°23'	15°42'	Argile à coprolithes	14,4
Téiba	13°24'	15°41'	Argile phosphatée	21,2
Tékinnguel	13°07'	15°18'	Argile à coprolithes	14,2
Tiambé	13°20'	15°37'	Phosph. chaux pulv.	28,9
Tiarène	13°28'	15°46'	Argile phosphatée	
Toulet Tialé	13°38'	15°59'	Phosph. chaux pulv.	22,2
Yalalbé	13°30'	15°50'	Argile phosphatée	11,2

INDEX ALPHABETIQUE DES LIEUX CITES

Nom	Longitude W ⁽¹⁾	Latitude N
Amadi-Ounaré	13°01'	15°21'
Bagone	13°43'	15°55'
Boki Diavé	13°29'	15°53'
Dabia	13°31'	15°55'
Dao	13°01'	15°32'
Dendoudi	13°32'	15°34'
Dindi	13°19'	15°56'
Dolol	13°05'	15°35'
Fataniabé	13°24'	15°39'
Gana-Balél	13°33'	15°31'
Garli	13°09'	15°37'
Hairé Modiane	13°11'	15°54'
Katote	13°29'	15°48'
Kanel	13°10'	15°28'
Kavel	13°29'	15°49'
Kirir	13°31'	15°52'
Koré	13°30'	15°45'
Koundel	13°15'	15°47'
Madina-Torobé	13°33'	15°24'
Matam	13°15'	15°39'
Mbatila	13°17'	15°30'
Ndiendouri	13°01'	15°20'
Ndouloum	13°24'	15°48'
Ngouloum	13°44'	15°56'
Ogo	13°17'	15°34'
Ouali-Diala	13°01'	15°17'
Ouro-Sogui	13°19'	15°36'
Polel	13°02'	15°16'
Ranerou	13°57'	15°18'
Sadel	13°20'	15°54'
Sédo-Abas	13°27'	15°51'
Sénopalel	13°09'	15°23'
Sinntiane	13°13'	15°30'
Sinntiou Garba	13°16'	15°31'
Siri Ouoro	13°23'	15°42'
Sivé (ou Civé)	13°12'	15°42'
Tekinnguel	13°07'	15°18'
Tiangol Gassel	13°21'	15°18'
Tilogne	13°35'	15°58'
Tiankone Boguel	13°22'	15°34'
Tiankone Hiraye	13°23'	15°35'

(1) Du méridien international.

- HUBERT H. (1920) - Notice de la carte géologique au 1/1 000 000 de l'A.O.F., Feuille 5 - Dakar. *Arch. Serv. Mines A.O.F., Dakar.*
- JACQUET F. (1936) - L'Eocène et les phosphates dans la vallée du Sénégal. *C.R. Acad. Sc. Fr., t. 203, p. 1272.*
- JACQUET F. (1943) - Notice explicative de la feuille Dakar-Est. Carte géologique de reconnaissance au 1/1 000 000 de l'A.O.F. *Arch. Dir. Mines. A.O.F., Dakar.*
- NICKLES M.
- LEGOUX P. (1939) - Esquisse géologique de l'A.O.F. *Bull. Serv. Mines A.O.F., n° 4, Dakar.*
- MONCIARDINI C. - Sédimentation éocène au Sénégal. *Rapp. inéd. B.R.G.M., DAK (1965-1966) 65-A 4, Dakar - Mémoires B.R.G.M. n° 43, Paris.*
- MONCIARDINI C. (1967) - Examen de 23 échantillons provenant de sondages carottés de la région de Matam (Sénégal). *Etude inéd. B.R.G.M., Orléans.*
- SPENGLER A. de (1966) - Le bassin secondaire-tertiaire du Sénégal. *Assoc. Serv. Géol. Africains, Paris. Symposium sur les bassins sédimentaires du littoral africain, pp. 80-94.*
- CASTELAIN J.
- CAUVIN J.
- LEROY M.
- TRICART J. (1961) - Notice explicative de la carte géomorphologique du delta du Sénégal. *Mémoires B.R.G.M. n° 8, Paris.*

Quaternaire

- ASSEMIEN P. (à paraître) - Etudes sédimentologiques et palynologiques des sondages de Bogué (basse vallée du Sénégal) et leur interprétation morphoclimatique. *Actes VI^{ème} Congrès Panafricain Préhistoire et Etudes du Quaternaire, Dakar.*
- MICHEL P.
- DIENG M. (1962) - Rapport de fin de campagne 1962 sur l'étude géologique du Continental terminal du Ferlo (Sénégal). *Rapp. inéd., B.R.G.M., DAK 62-A 23, Dakar.*
- DUBOIS J. (1954) - Le pseudo-delta du Sénégal. *Ann. Centre Rech. Agron. Bambey, (Sénégal), n° 11, pp. 113-138, S.T.A.T. Nogent s/ Marne.*
- ELOUARD P. (1957) - Réunion de la Commission du Lexique stratigraphique. Définition du Nouakchottien. *Bull. I.F.A.N. (1), Série A n° 2, p. 836, Dakar.*
- ELOUARD P. (1958) - Le Quaternaire du lac Rkiz et de l'Aftout de Boutilimit (Mauritanie). *C.R. Somm. Soc. géol. Fr., n° 12, pp. 245-247.*
- MICHEL P.
- ELOUARD P. (1959-1962) - Etude géologique et hydrogéologique des formations sédimentaires du Guebla mauritanien et de la vallée du Sénégal. *Thèse Paris - Mémoires B.R.G.M. n° 7, Paris.*
- ELOUARD P. (1967) - Quaternaire de l'Inchiri, du Taffoli et des environs de Nouakchott. *Rapp. n° 19, Lab. géol. Fac. Sc., Univ. Dakar.*
- FAURE H.
- GIGOUT M. (1949) - Définition d'un étage ouljien. *C.R. Acad. Sc. Fr., t. 230, pp. 551-552.*
- GUILCHER A. (1954) - Rapport sur une mission d'étude de la Langue de Barbarie et l'embouchure du Sénégal. *Inéd. M.A.S. (2), Saint-Louis.*
- MAYMARD J. (1960) - Etudes pédologiques dans la vallée alluviale du Sénégal. *Bull. M.A.S. n° 112, Saint-Louis.*
- MICHEL P. (1956) - Rapport sur la géomorphologie de la vallée alluviale du Gorgol et de sa bordure. *Bull. M.A.S., n° 107, (2 fasc.), Saint-Louis.*
- MICHEL P. (1957) - Rapport préliminaire sur la géomorphologie de la vallée alluviale du Sénégal et de sa bordure. *Bull. M.A.S. n° 111 (2 fasc.), Saint-Louis.*
- MICHEL P. (1959) - L'évolution géomorphologique des bassins du Sénégal et de la haute-Gambie. Ses rapports avec la prospection minière. *Rev. Géom. Dyn. (3) n° 5-12, mai-déc., pp. 117-143.*
- MICHEL P. (1967) - Les dépôts du Quaternaire récent dans la basse vallée du Sénégal. *Bull. I.F.A.N., Série A n° 2, pp. 853-860, Dakar.*
- MICHEL P. (1967-1968) - Nouvelles recherches sur le Quaternaire récent de la région de Saint-Louis (Sénégal). *Rapp. n° 7, Labo. géol. Fac. Sc. Univ. Dakar - ELOUARD P. Bull. I.F.A.N., Série A n° 1, pp. 1-38, Dakar.*
- FAURE H.

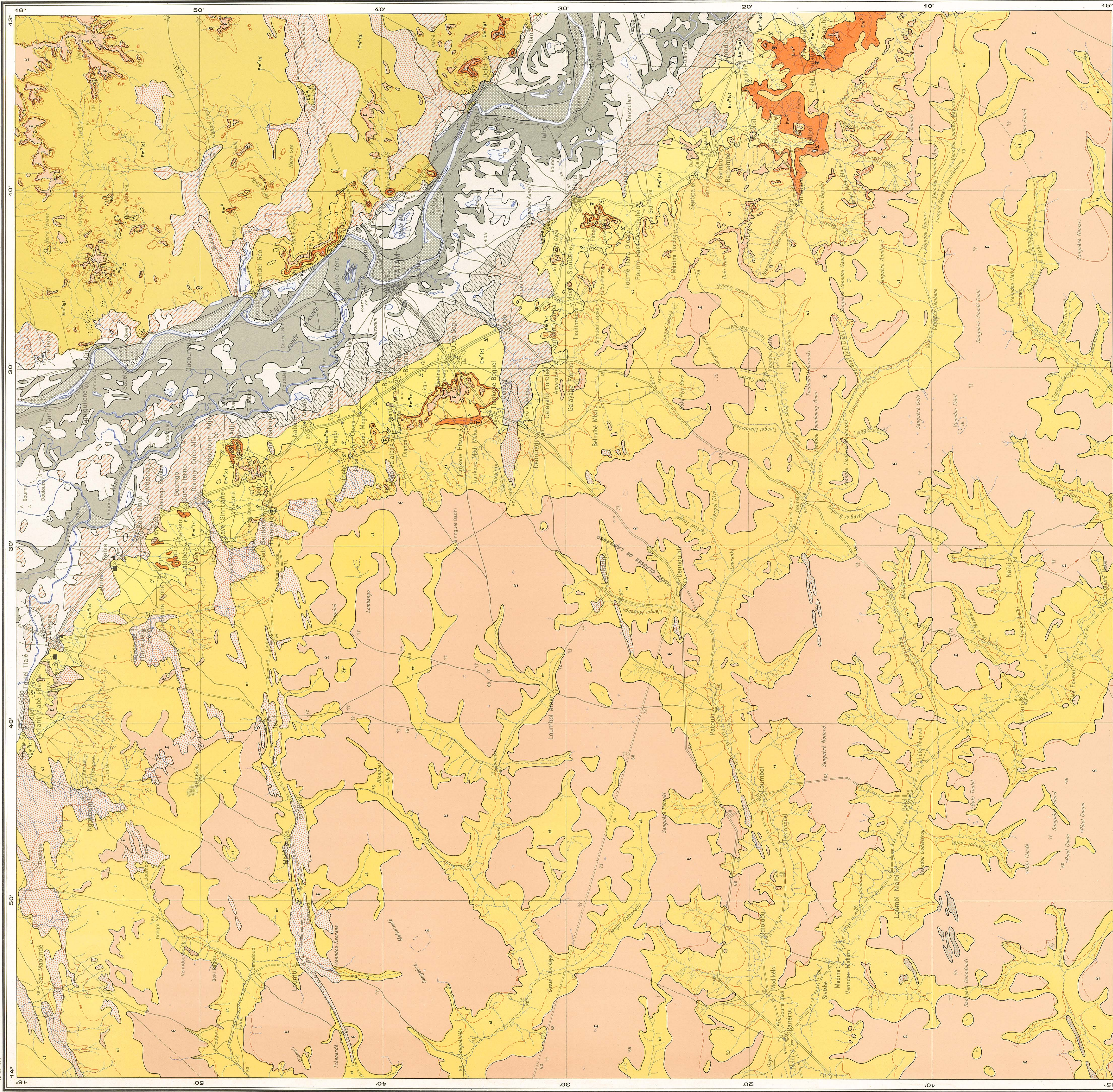
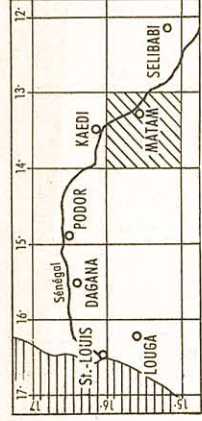
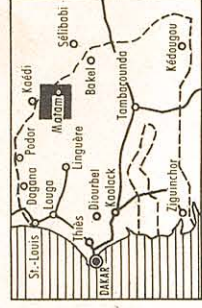
(1) Institut Fondamental d'Afrique Noire
(2) Mission d'Aménagement du Sénégal
(3) Revue de Géomorphologie Dynamique

- MICHEL P. (1968) - Le façonnement actuel de la vallée du Sénégal et de ses bordures, de Bakel à Richard-Toll. *Bull. Sect. Géogr. Com. Trav. Hist. et Sc., Paris (sous presse)*.
- MICHEL P. (à paraître) - Genèse et évolution de la vallée du Sénégal de Bakel à l'embouchure (Afrique Occidentale). *Zeitschrift für Geomorphologie. Borntraeger ed. Berlin*.
- MICHEL P. (à paraître) - Les grandes étapes de la morphogénèse dans les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. *Actes du VI^{ème} Congrès Panafricain Préhistoire et Etudes du Quaternaire, Dakar*.
- PAPY L. (1951) - La vallée du Sénégal. Agriculture traditionnelle et riziculture mécanisée. *Cahiers d'Outre-Mer n° 16, oct.-déc. pp. 277-324, Bordeaux*.
- TRICART J. BROCHU M. (1955) - Le grand erg ancien du Trarza et du Cayor (Sud Ouest de la Mauritanie et Nord du Sénégal). *Rev. Géom. Dyn. n° 4, pp. 145-176*.
- TRICART J. (1956) - Aspects géomorphologiques du delta du Sénégal. *Rev. Géom. Dyn. n° 5-6, pp. 65-86*.
- TRICART J. (1961) - Notice explicative de la carte géomorphologique du delta du Sénégal. *Mémoires B.R.G.M., n° 8, Paris*.

Substances utiles

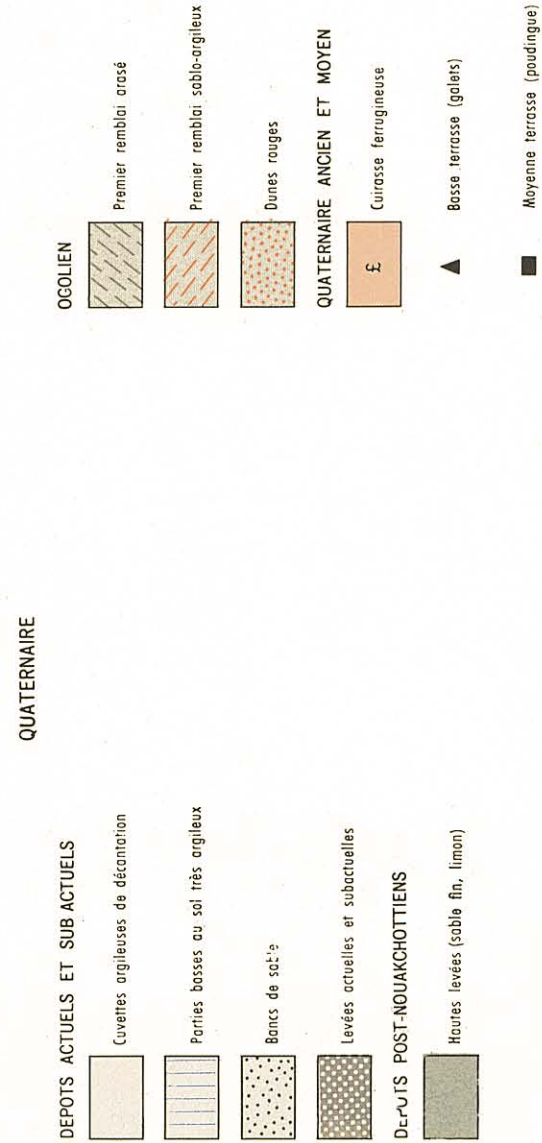
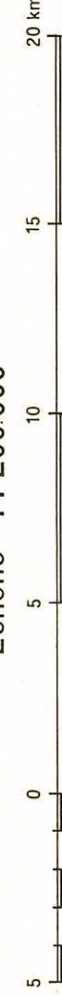
Phosphate de chaux

- ARNAUD G. (1945) - Les ressources minières de l'Afrique Occidentale. *Bull. Dir. Mines A.O.F., n° 8, pp. 47-49, Dakar*.
- BAUD L. (1936) - Rapport du 30 juillet 1936 sur les gisements de phosphate de la région de Kaédi.
- BAUD L. (1937) - Rapport général sur les phosphates mauritaniens.
- BAUD L. (1938) - Rapport du 4 janvier 1938 sur les prospections de décembre 1937.
- BAUD L. (1938) - Plans du gisement de Sivé.
- BAUD L. (1938) - Rapport du 15 mai 1938 sur le gisement de calcaires phosphatés de Koundel (Mauritanie).
- BAUD L. (1938) - Rapport du 19 mai 1938 sur les calcaires phosphatés de Kanel et des environs de Matam.
Rapp. inéd. Mission d'études du fleuve Sénégal - Arch. Dir. Mines A.O.F., Dakar.
- BESAIRIE H. (1943) - Monographie géologique du Sénégal. *Rapp. inéd. Arch. Dir. Mines A.O.F., Dakar*.
- B. R. G. M. (1966) - Carte des gîtes minéraux de la République du Sénégal 1/500 000, Feuille Nord Est - Dakar.
- CHINO A. (1962) - Sédimentation phosphatée au Sénégal. Les phosphates de chaux de la rive gauche du fleuve Sénégal et de la partie nord orientale de l'anticlinal de Dahra. *Rapp. inéd. B.R.G.M., DAK 62-A 19, Dakar*.
- JACQUET F. (1936) - L'Eocène et les phosphates dans la vallée du Sénégal. *C.R. Acad. Sc. Fr., t. 203, p. 1272*.
- LEGOUX P. (d'après) (1938) - Rapport sur le gisement de phosphate de Sivé. *Rapp. inéd., Arch. Serv. Mines A.O.F., Dakar*.
- LEGOUX P. (1939) - Esquisse géologique de l'A.O.F. *Bull. Serv. Mines A.O.F. n° 4, pp. 97-101, Dakar*.
- MONCIARDINI C. (1966) - Recherche de phosphates. Rapport complémentaire. Le phosphate de chaux au Sénégal. Synthèse des résultats acquis. Etude paléogéographique et essai prévisionnel (avec la collaboration de M. PASCAL). *Rapp. inéd., B.R.G.M., DAK 66-A 8, Dakar*.
- PASCAL M. (1966) - Recherche de phosphates. Etude des indices de minéralisation phosphatée en rive gauche du fleuve Sénégal et travaux de recherche (1965). *Rapp. inéd. B.R.G.M., DAK 66-A 1, Dakar. Arch. Dir. Mines et Géol. Sénégal, Dakar*.
- PASCAL M. (1966) - Fichier des indices de minéralisation phosphatée au Sénégal. Feuille MATAM, 45 fiches, 1 carte. *Inéd. B.R.G.M. Dakar. Arch. Dir. Mines et Géol. Sénégal, Dakar*.
- ROOU E. (1937) - Rapport sur l'aménagement de la vallée du fleuve Sénégal. *Bull. M.A.S., n° 71, Saint-Louis*.
- SLANSKY M. (1962) - Les problèmes du phosphate au Sénégal. *Rapp. inéd. B.R.G.M., DAK 62-A 9, Dakar*.

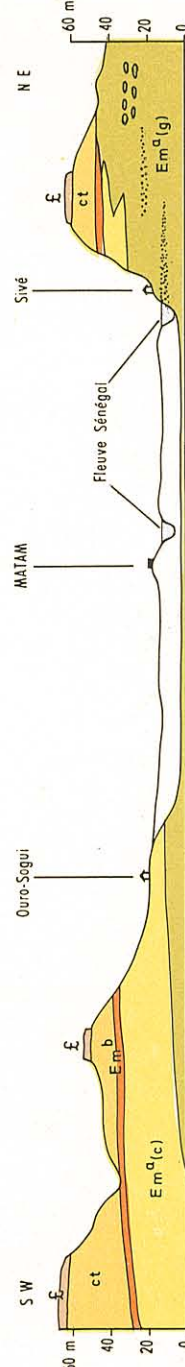
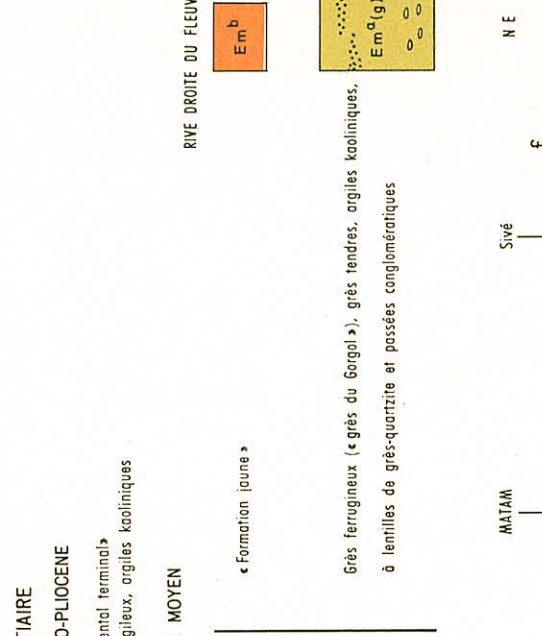
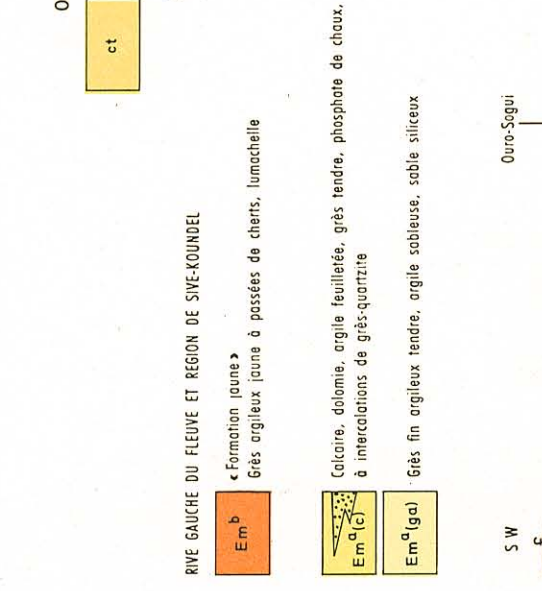
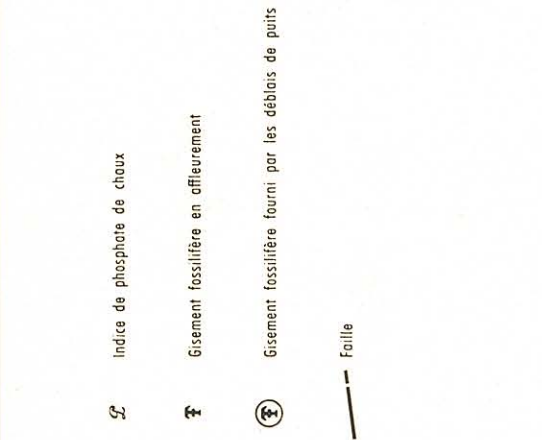
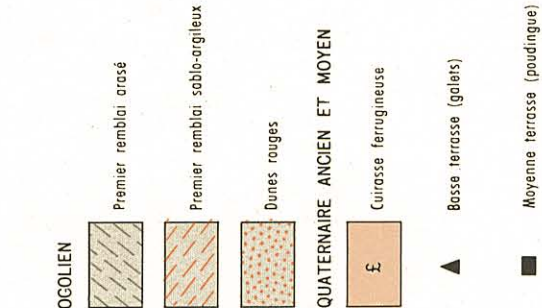


Fond topographique de la carte de l'Afrique de l'Ouest au 1:200 000 - Feuille N° 28 XIII - Institut Géographique National PARIS. Annexes de DAAR - Projection de Mercator Transverse Universelle (M.T.U.)

Echelle 1:200000



QUATENAIRE



COUPE TRANSVERSALE DE LA VALLEE DU SENEGAL AU 1:200000