

LA DYNAMIQUE ACTUELLE DE LA GEOMORPHOLOGIE
DANS LE DOMAINE SOUDANAIEN DE L'OUEST AFRICAIN :
EXEMPLES DU MALI OCCIDENTAL ET SENEGAL ORIENTAL

par

P. Michel *

ABSTRACT

The bioclimatic belt, extensive in western Africa, is characterized by a regular decrease in annual rainfall, from 1200 to 600 mm (48 to 24 inches), and an extension of the dry season from 6 to 9 months, from South to North. The shrubby or tree savannah suffers heavily from the fires lit by the agriculturists ; the withered grasses have generally disappeared by the end of the long dry season, before the first, often very violent, rains start.

On the *interfluves* mechanical sheet erosion occurs, and in places vertical incision. Particulary at the beginning of the rainy season, there is a *sheet-flood* on the lower "glacis", the slope of which does not sometimes exceed 1° . Thin clayey-sandy material is thus removed from the high parts and is deposited in the lower ones, where water often stagnates and forms temporary pools. Deep *gullies* develop here and there near the rivers. They especially cut the sandy-clayey deposits of the first valley fill terrace, the thickness of which sometimes exceeds ten meters. These gullies develop during the first rains when the water-level of the rivers is still very low. The importance of the gradient contribute to the quick concentration of the rainwash and the incision of gullies, which are narrow at first. The very steep slopes then retreat in a parallel directions to themselves. The consequences of gullyng are very spectacular in the *vicinity of Kayes*. There erosion has sculpted miniature cañons with subvertical sides, 5 to 6 meters high. Along the lower course of the Falémé the gullies broaden considerably in places and, with the sheet-flood, they take shape of small flat bottomed cirques. Good and thick soils suited for millet and groundnut cultivation are incised into *badlands* by the extension of gullyng. Near Kayes the extension of cultivation contributes to this process. But this occurs also under natural condition, as observed in the inhabited regions bordering the middle course of the Baoulé. All the most affected places are located between the 700 and 900 mm (28 and 36 inches) isohyets, i.e. regions where rains are fairly abundant and where the open vegetative cover does not protect the soft terrains.

* Institut de Géographie, 43, rue Goethe, 67000 STRASBOURG, France.

Gullyng provides material to the rivers. The forest-gallery disappears in the Sudan domain. The rivers can therefore erode their banks by lateral undercutting. *Their solid load is important* during the yearly flood. At which distance are these materials transported ? On a very short one, according to observations made on pebbles along the middle course of the Gambia, along the Falémé and along some of their tributaries. As a matter of fact the pebble bars are located downstream and next to the gravels occurring at the base of the river banks, or next to remnants of puddingstones from older terraces. The large rivers themselves carry only gravels or coarse sand. The latter can be transported on a long distance, as in the case of some deposits in the upper Sénégal valley. These rivers have the capacity to go through the hard rock layers with waterfalls or rapids. They broaden the potholes and in places form discharge channels. The importance of erosion depends on lithology. On the Mandingue Plateau, the rivers sometimes follow large joints across hard sandstones. The Baoulé in its middle course has enlarged the great fissures and rounded their angles. In the quiet reaches, the major rivers have achieved a good equilibrium of their minor river-bed, where are found sand and pebble banks which can be seen at time of low water. Their river-bed material is mobile. The Senegal river has a rather straight course from Bafoulabé to Bakel. On the contrary, the lower course of the Falémé and the Baoulé form sinuosities of various sizes. It seems that meanders are formed in the northern regions of the Sudan zone where the ratio flow/load is smaller.

Therefore mechanical erosion is more important in the drier regions. It plays on the interfluves by sheet-flood on gentle slopes, and moreover by gullyng near the rivers, undermining the river banks and deepening the channels of the rapids. The sandy material can be transported on far away distances by the major rivers and tributaries, but the pebbles are hardly moved. There erosion and transport processes are of great importance for river basin development projects.

Les géographes étudient à la fois le milieu naturel et les activités humaines à la surface de la Terre. L'action de l'Homme s'insère toujours dans un "environnement", pour reprendre un terme à la mode. Or ce milieu naturel ne reste pas stable. Certaines parties se transforment, changent. Ainsi des processus d'érosion s'exercent par endroits, enlèvent des matériaux. Ceux-ci sont souvent transportés par l'eau, soit par le ruissellement diffus, soit par des cours d'eau, quelquefois par le vent dans les régions subarides. Puis ces matériaux se sédimentent dans des parties basses des continents ou dans les mers et les océans. La nature de ces mécanismes et leur importance dépendent d'abord du climat, avant tout de la hauteur des précipitations, de leur répartition au cours de l'année et de leur intensité horaire. Le régime des pluies conditionne aussi la densité et la composition du couvert végétal, surtout en milieu tropical. La végétation forme écran et freine ainsi l'action érosive des pluies. Mais dans les régions tropicales sèches, ce tapis devient discontinu. En outre, la végétation a pu être dégradée ou détruite par l'Homme.

Je montre brièvement les divers mécanismes de cette dynamique actuelle dans le domaine soudanien d'Afrique occidentale. Ce domaine climatique est très étendu et constitue une zone charnière entre les régions tropicales humides et les régions déjà très sèches, aux pluies irrégulières, qui forment le Sahel. Il se caractérise par la diminution progressive de la hauteur des pluies annuelles, de 1200 à 600 mm, et l'allongement de la saison sèche, dont la durée augmente progressivement de 6 à 9 mois, en allant du Sud vers le Nord. Ainsi à la *station de Kayes*, au Mali occidental, la saison des pluies va de juin à septembre (inclus). La moyenne annuelle des pluies se chiffre à 789 mm sur une période de trente ans (1931-1960), dont 257 mm tombent au mois d'août. Chaque année plusieurs pluies dépassent 60 mm. Le nombre de jours biologiquement secs au cours de la longue saison sèche (indice xérothermique) atteint 225 ! Le régime pluviométrique est donc très contrasté dans ce domaine. Il se répercute sur la végétation. Les terrains sont couverts d'une savane arborée ou arbustive adaptée à la période de sécheresse annuelle. Mais ce tapis végétal herbacé souffre beaucoup des feux de brousse. Les herbes brûlées ou complètement desséchées ont généralement disparu vers la fin de la saison sèche. Elles ne protègent donc plus le sol lorsque tombent les premières pluies, souvent très violentes, liées à des orages (lignes de grain).

1. SUR LES INTERFLUVES

L'érosion mécanique s'y exerce de façon aréolaire, par ruissellement en filets enchevêtrés, et localement par entaille linéaire. Le *ruissellement diffus* se produit surtout en début de saison des pluies sur les surfaces planes du bas glacis dont la pente est très faible, parfois inférieure à 1°. La topographie recoupe souvent des roches imperméables, schistes, pélites ou granites ; elles sont généralement couvertes d'un dépôt d'argile sableuse, contenant parfois des graviers. Les eaux entraînent des éléments fins sur la partie haute du glacis, laissant sur place les débris de quartz ou de grès et les gravillons ferrugineux. Ce matériel fin se sédimente dans les parties basses où les eaux stagnent souvent pour former des mares temporaires, qui se vidangent peu à peu ou disparaissent par évaporation. Car les petits cours d'eau (marigots), généralement peu profonds, n'arrivent pas à évacuer toutes les eaux ruisselées au cours des fortes pluies. Ainsi se produit une ablation sur les parties hautes et un colmatage dans les bas-fonds. Le modelé s'aplatit de plus en plus, mais les formes restent les mêmes.

DOMAINES MORPHOCLIMATIQUES

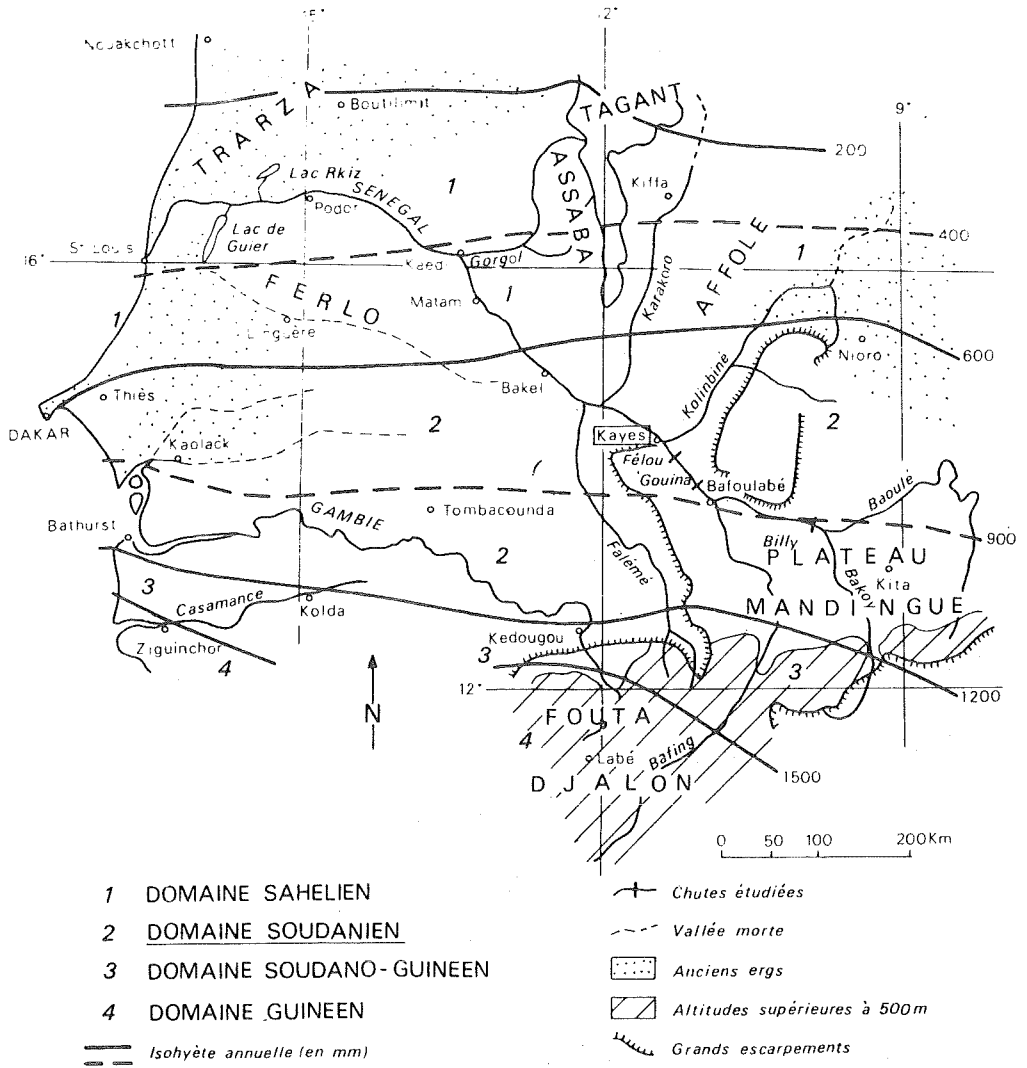


Figure 1

Par contre, les morsures de l'érosion par entaille linéaire transforment le terrain. De profonds *ravinements* apparaissent par endroits à proximité des cours d'eau. Ils entaillent surtout les dépôts sablo-argileux de la terrasse du premier remblai dont l'épaisseur dépasse parfois 10 m. Cette terrasse s'est constituée pendant la dernière grande période sèche lorsque le Sénégal était barré à l'aval par les alignements des grandes dunes ogoliennes. La pédogenèse y a ensuite engendré des sols ferrugineux lessivés lors d'une période humide.

Ces ravins sont très nombreux et profonds aux environs de Kayes et sur la basse Falémé, principal affluent du Sénégal. Ils se forment pendant les premières pluies lorsque le niveau des cours d'eau est encore très bas. Par suite de la forte dénivellation, les eaux ruisselées se concentrent rapidement et creusent des ravins d'abord étroits. Puis les versants abrupts reculent parallèlement à eux-mêmes.

Les effets du ravinement dans ces terrains rubéfiés sont très spectaculaires aux *alentours de Kayes*, surtout le long de la profonde entaille du Papara. L'érosion y a sculpté toute une série de cañons miniatures, très digités, aux parois subverticales, hautes de 5 à 6 m. Lorsque les ravins se rejoignent, cette terrasse du premier remblai se réduit à quelques buttes-témoins ou même à de petites crêtes escarpées. L'implantation de séries de repères permettrait de mesurer exactement le recul des parois et l'allongement des ravins par érosion régressive.

Le long de la *basse Falémé*, les ravins s'élargissent parfois considérablement et forment alors de petits cirques à fond plat faiblement incliné vers la rivière ; ils sont limités par des talus abrupts. Ces cirques s'agrandissent par recul des talus qui restent raides. Le fond plat et dénudé du cirque est façonné par le ruissellement diffus ; des traces d'écoulement sont encore visibles plusieurs jours après une forte averse. Certains de ces alvéoles sont colonisés progressivement par la végétation. Un tapis herbacé couvre parfois la surface plane en fin de saison des pluies. L'érosion s'arrête alors et le modelé se stabilise.

J. TRICART (1956) avait déjà observé de nombreux ravinements le long du cours moyen du Baoulé, lors d'un survol du haut bassin du Sénégal. Ils consistent en une série de petits alvéoles, juxtaposés, qui mordent dans la terrasse au matériel sablo-argileux. Le recul de leurs parois raides dégage des surfaces planes façonnées par le ruissellement diffus, comme sur la basse Falémé.

La multiplication des ravins dissèque en *badlands* de bonnes terres aux sols profonds, recherchées pour la culture du mil et de l'arachide. Leur mise en culture aux alentours de Kayes favorise le ravinement. Mais il se produit

CROQUIS GÉOMORPHOLOGIQUE DE LA VALLÉE DU SÉNÉGAL
près de KAYES

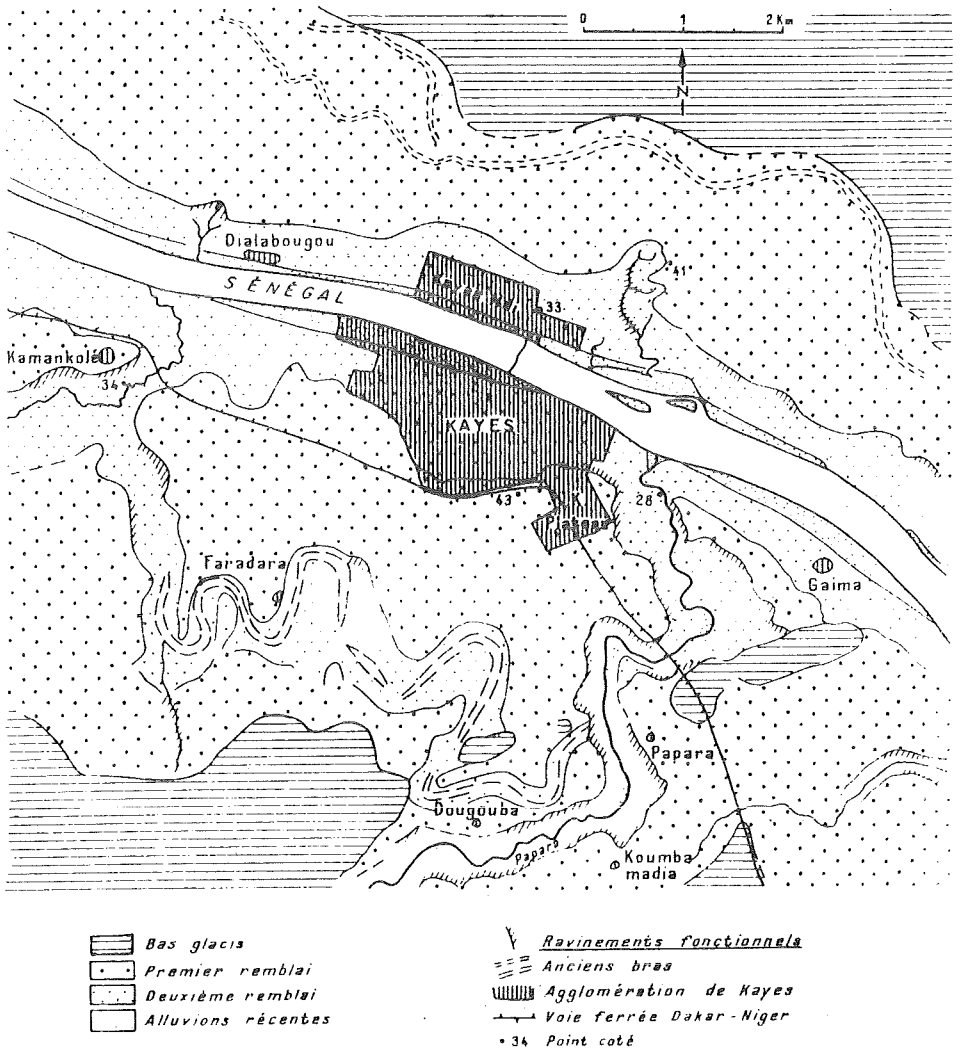


Figure 2

aussi dans les conditions naturelles, puisqu'on l'observe le long de la basse Falémé, très peu peuplée, et dans les régions inhabitées que traverse le Baoulé moyen. Il importe donc de mesurer la progression du ravinement pour connaître la vitesse de l'érosion et l'enrayer, si possible, dans les endroits les plus menacés.

Ce ravinement dépend de facteurs locaux, mais il semble aussi lié à des *conditions bioclimatiques* plus générales. Les diverses observations montrent que tous les secteurs très ravinés se situent entre les isohyètes annuelles de 700 et 900 mm. Dans ces régions, les pluies sont encore assez abondantes alors que le tapis végétal, moins dense, n'offre plus la même protection aux terrains meubles. La limite sud de cette zone sujette aux ravinements passe au Mali occidental par Bafoulabé et Toukoto ; là, les ravins et les alvéoles taillés dans la terrasse du premier remblai sont peu étendus et rapidement colonisés par la végétation. Vers le Nord, dans les régions de Sélibabi et Yélimané, la plupart des ravins ne sont plus fonctionnels. Ils auraient été actifs lors d'une période récente un peu plus humide.

Cette érosion par ravinement a été observée dans d'autres régions du domaine soudanien d'Afrique occidentale et centrale. J. VOGT (1961, 1967 b) a décrit la dissection des remblais de matériaux fins en *badlands* à proximité des cours d'eau dans le Nord-Dahomey, puis dans le Sud de la Haute-Volta. J'ai remarqué des ravinements avec formation d'alvéoles dans la région de Maroua, au Cameroun septentrional.

Le creusement de ravins fournit une certaine charge solide aux rivières. Les matériaux arrachés sont acheminés par le suissellement jusqu'au cours d'eau. Celui-ci les reprend au fur et à mesure que son niveau monte et que son débit augmente pendant la crue annuelle.

2. LES LITS DES RIVIERES ET LES TRANSPORTS

Les rivières coulent généralement dans les alluvions sablo-argileuses et sableuses des terrasses du premier ou du deuxième remblai, précédées par endroits de minces levées sablo-limoneuses. Elles sapent souvent leurs berges. La forêt-galerie disparaît dans le domaine soudanien. D'ailleurs la végétation est aussi défrichée pour faire place à des cultures sous pluies ou de décrue. Des palmiers-rôniers occupent les berges par endroits, mais ils ne constituent pas la même protection que les fourrés denses de la forêt-galerie. Ainsi les cours d'eau peuvent éroder leurs rives par *sapement latéral* lors des crues quand les eaux ont une grande turbulence. Ils attaquent à la fois le matériel fin des terrasses récentes et les graviers sous berges sous-jacents ; ce niveau reste souvent en saillie puisque les galets sont plus ou moins cimentés par les oxydes de fer.

Les rivières en crue possèdent donc une *charge solide importante* dans le domaine soudanien. Sur quelle distance sont transportés ces matériaux ? D'après les observations faites sur la moyenne Gambie, la Falémé et certains de leurs affluents, *les galets ne sont déplacés que sur une très courte distance*. Les bancs de galets se trouvent, en effet, juste à l'aval des affleurements de graviers sous berge ou des lambeaux de poudingue de terrasses plus anciennes. Les galets ne sont entraînés que sur quelques centaines de mètres. L'identité des spectres pétrographiques et des cortèges de minéraux lourds entre le banc de galets et la terrasse érodée confirme l'absence de transport ; l'émoussé des galets ne se modifie pas au cours de ce remaniement à très petite distance.

Le déplacement de matériaux grossiers est aussi très réduit ou nul sur le Sénégal d'après les dépôts dans les grandes marmites, aux chutes du Félou, en amont de Kayes : on n'y trouve que du sable grossier, des granules et de rares galets dont la longueur ne dépasse pas 6 cm. Par contre, *du sable grossier est transporté sur une assez longue distance* par forte crue sur le Sénégal supérieur et ses tributaires ; ce matériel chemine par-dessus les seuils successifs. Par exemple lors de la crue forte de 1958, le fleuve a sédimenté en plusieurs endroits une quantité importante de sable grossier bien trié qui renferme souvent de nombreux lits de minéraux lourds, essentiellement d'ilménite.

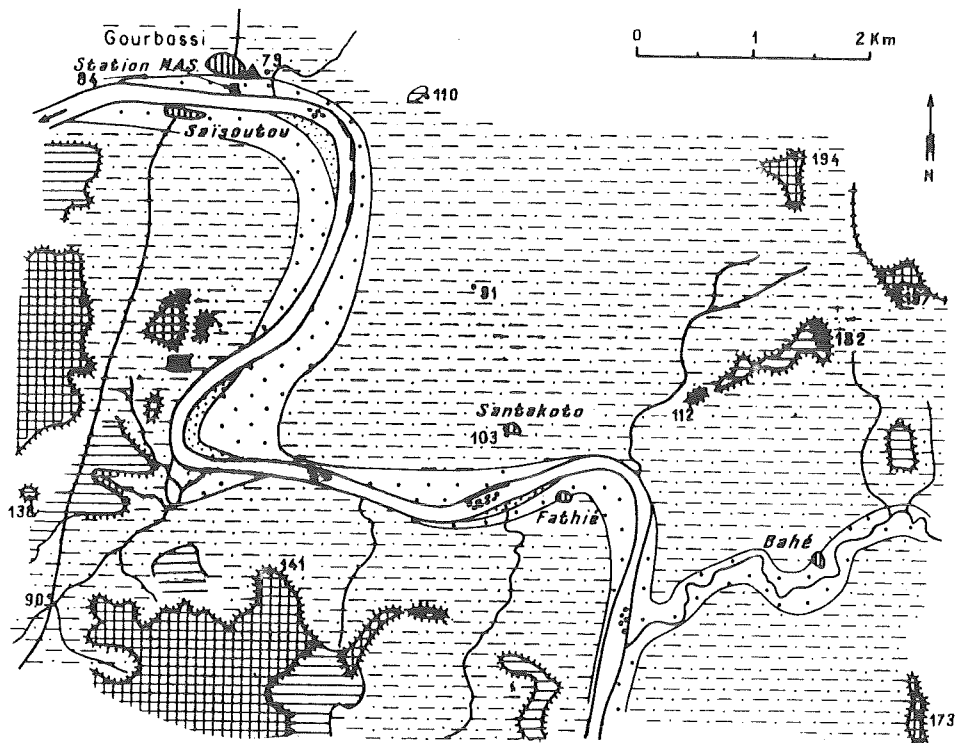
Ainsi dans le domaine soudanien, à la différence des régions plus humides, les cours d'eau disposent d'un certain abrasif pour attaquer les *seuils rocheux* qu'ils franchissent par des chutes ou des rapides. Le Sénégal et le Bakoy continuent à approfondir et à élargir les grandes marmites des seuils du Félou et de Billy. Les chenaux s'élargissent par recoupement des parois de marmites ; ils canalisent tout l'écoulement en période de basses eaux. Les parois des marmites et la surface des rochers sont couvertes d'une patine brun foncé ou noire, manganésifère. Mais le creusement semble être très lent. Son ampleur dépend de la nature de la roche. Dans les bancs de grès-quartzites très durs des chutes de Gouina, entre Bafoulabé et Kayes, ne se sont formées que quelques petites marmites peu profondes. Ces chutes sont anciennes. Or le banc rocheux ne présente qu'une légère incurvation aux deux endroits où se déverse la majeure partie des eaux. L'érosion y est donc extrêmement faible et ces chutes ne reculent guère.

Les cours d'eau du Plateau Mandingue, au Mali occidental, suivent dans certaines régions des réseaux de *diaclasses* traversant les grès durs. Ils présentent un tracé très coudé, en "baïonnette", et la largeur de leur lit est très irrégulière. Mais le Baoulé moyen qui coule dans des régions plus sèches a réussi à élargir ces grandes fissures et à arrondir les angles de recoupement ; ainsi ses crues ne divaguent plus à la surface des dalles rocheuses.


CROQUIS GÉOMORPHOLOGIQUE


de la vallée de la FALÉMÉ

dans les environs de GOURBASSI




 Haut glacis cuirassé


 Moyen glacis cuirassé

 Bas glacis


 Premier remblai

 Deuxième remblai


 Escarpement, talus


 Crête rocheuse


• 79 Point coté

 Haute terrasse

 Moyenne terrasse

 Basse terrasse

 Gravier sous berge

 Banc de galets


 Piste

Figure 3

Les cours d'eau importants ont bien calibré leur lit mineur dans les *biefs* ; il est jalonné de bancs de sable et de gravier qui apparaissent à l'étiage. Ce sont des *rivières à fond mobile*, comme celles de la zone tempérée. Le Sénégal présente un tracé assez rectiligne, de Bafoulabé à Bakel. Mais la basse Falémé et le Baoulé dessinent des boucles plus ou moins grandes. Il semble que les *méandres* apparaissent dans les régions septentrionales du domaine soudanien lorsque le rapport débit/charge faiblit : la pente des cours d'eau diminue tandis que leur charge solide augmente par sapement des berges et ravinement des remblais sableux ; ils déposent alors une partie de leur matériel au bord de la moindre convexité où le courant ralentit. Ainsi se sont formés des trains de méandres qui s'agrandissent, semblables à ceux du Sénégal dans sa vallée alluviale en aval de Bakel.

La dynamique des rivières et fleuves est donc liée à la morphogenèse sur les interfluves. S'il y a apport de matériau par ruissellement diffus ou concentré, les cours d'eau peuvent creuser et entailler les seuils rocheux les moins résistants. Mais l'érosion et les transports sont variables d'une année à l'autre ; ils dépendent des fluctuations climatiques.

3. LES EFFETS DES VARIATIONS DU CLIMAT

La hauteur des pluies est irrégulière, variant beaucoup d'une année à l'autre. Si les fluctuations sont moins catastrophiques que sur la marge du désert, dans le Sahel, elles sont encore très sensibles dans le domaine soudanien. Ainsi à Kayes ne sont tombés que 460 mm en 1941, mais 1110 mm en 1945.

Naturellement, si les pluies sont plus abondantes, le ruissellement prend plus d'importance sur les interfluves, *le ravinement s'accélère* et s'amplifie. La crue annuelle des cours d'eau est alors plus forte et leur turbulence augmente. Le sapement latéral de la rive concave des méandres devient très violent et la berge peut être érodée sur plusieurs décimètres, comme le montrent les observations faites dans la vallée du Sénégal en aval de Bakel. A cause de la faiblesse de la pente, la majeure partie du matériel est abandonnée sur la rive convexe suivante où le courant ralentit. Ainsi les méandres s'agrandissent plus vite. Dans le domaine sahélien, plus sec, les successions d'années pluvieuses favorisent l'érosion hydrique, alors que les périodes de sécheresse, comme celles de 1970 à 1973, se traduisent par une amplification considérable de la déflation éolienne.

Mais ce ne sont là que des fluctuations mineures, à l'échelle du siècle, par rapport aux changements de climat très importants qui se sont produits *au cours du Quaternaire*. La comparaison de la dynamique actuelle avec des formes héritées permet de mieux connaître l'ampleur de ces changements.

BASSIN DU FLEUVE SÉNÉGAL

L'évolution au Quaternaire récent

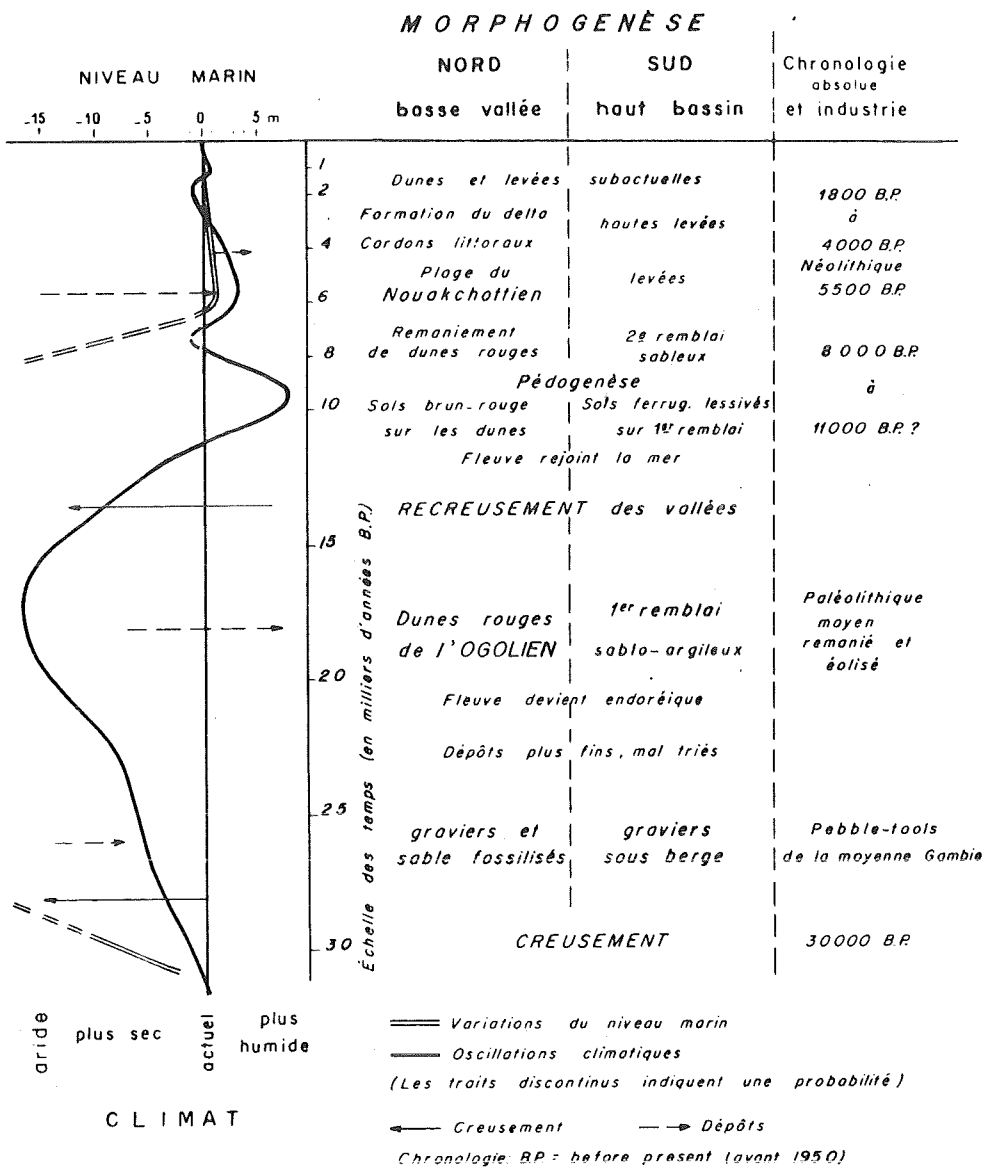


Figure 4

Dans les parties septentrionales du domaine soudanien existent des ergs de dunes longitudinales, formés pendant la dernière grande période aride (Ogoulien), il y a 15.000 à 20.000 ans, notamment au Sénégal occidental, dans le Nord de la Haute-Volta, au Niger, au Nigeria et au Cameroun septentrional. Les dunes ont été fixées par la savane et très aplaties par érosion des sommets et colmatage des interdunes au cours de la période humide suivante.

Les restes de terrasses à galets le long des axes de drainage témoignent d'une dynamique fluviale différente de l'actuelle à certaines époques plus anciennes. Prenons comme exemple la Falémé, dont le cours se situe presque entièrement dans le domaine soudanien. Actuellement elle ne transporte plus que du sable grossier et du gravier. En descendant son cours à l'époque des basses eaux on remarque que les bancs de galets, remaniés des terrasses anciennes, sont souvent coiffés d'un chapeau de sédiments plus fins, surtout sableux ; près de Kidira la dimension des éléments ne dépasse pas 4 cm. Par contre, pendant certaines périodes du Quaternaire, la rivière charriait sur une distance de 350 km des galets de grès pouvant atteindre une longueur de 10 cm ! Sa compétence était alors nettement plus élevée. Son régime était semblable à celui d'un oued pouvant transporter du matériel grossier. Le climat était donc beaucoup plus sec, de tendance subaride. Les interfluves ne portaient alors qu'une maigre végétation très sporadique. L'érosion mécanique, par ruissellement diffus et ravinement, fournissait beaucoup de matériau. Les marmites de géant sur les seuils des cours d'eau du domaine soudanien ont été creusés surtout lors de ces phases plus sèches.

Mais pendant d'autres périodes le climat a été nettement plus humide que de nos jours. Alors prédominaient l'altération biochimique des roches et la migration des éléments en solution, dont certains se sont précipités et concentrés. Ainsi le fer a cimenté les galets en poudingue. Des cuirasses ferrugineuses se sont alors formées sur les interfluves. Elles jouent un grand rôle dans le modelé du domaine soudanien. Des fragments subsistent encore dans les parties septentrionales, comme la région de Yélimané. Là, les cuirasses se fragmentent peu à peu par thermoclastie.

Ainsi *les héritages du passé sont très nombreux* et jouent un grand rôle. Il faut donc essayer de reconstituer l'évolution géomorphologique, souvent très longue sur les vieux socles africains, pour mieux comprendre le modelé et la dynamique actuelle. Surtout qu'en zone tropicale existent des relations très étroites entre le milieu naturel et les activités humaines. Ainsi les dunes fixées et les terrasses récentes au matériel sablo-argileux portent généralement des sols jeunes ou peu évolués, relativement riche en matière organique et en bases. Ces dépôts meubles fournissent les principales terres arables, alors que les terrains couverts de cuirasses ferrugineuses, plus anciennes, ne sont pas cultivables.

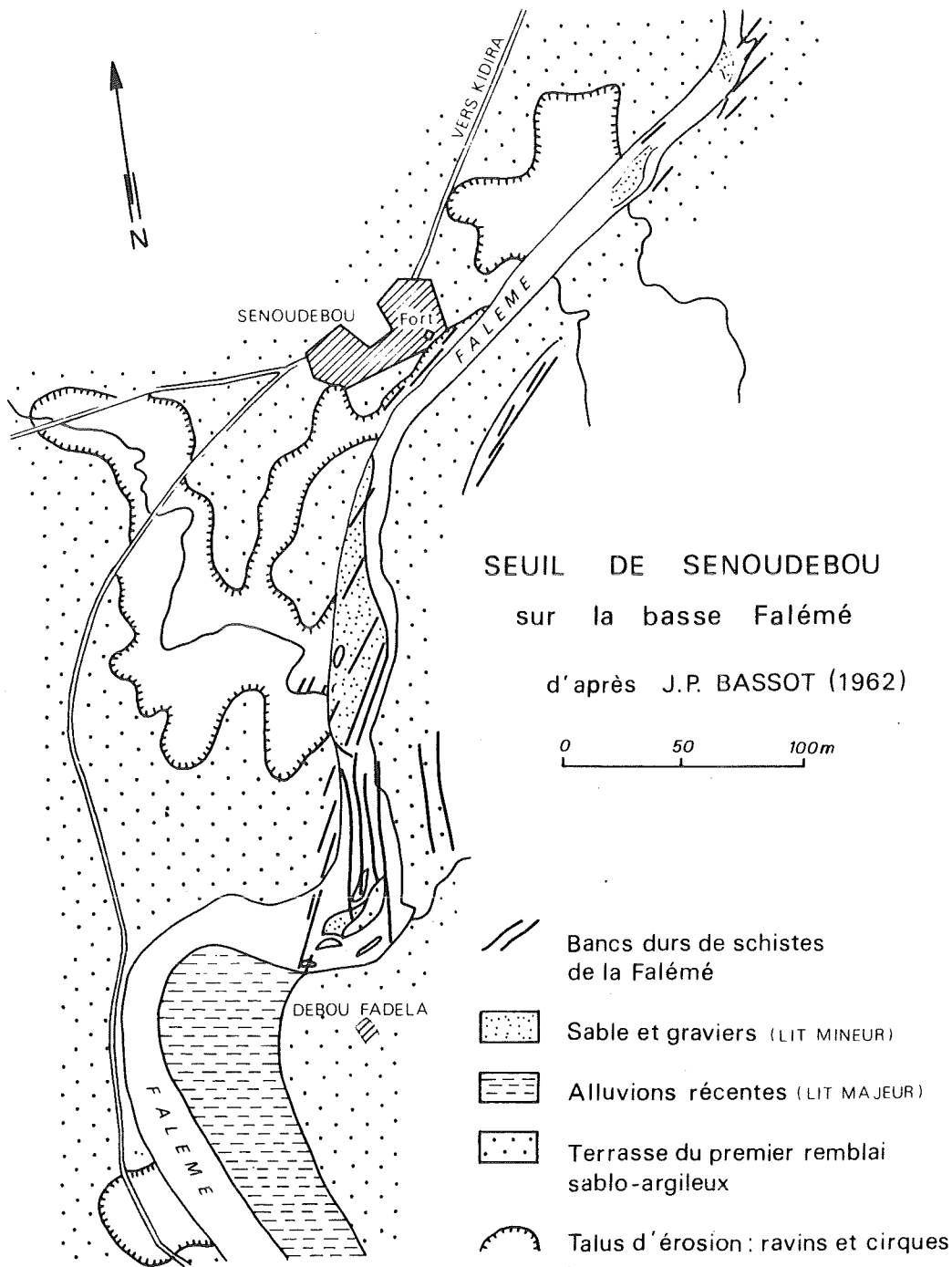


Figure 5

Ces quelques indications montrent que les variations climatiques ont eu des conséquences très importantes dans cette zone-charnière du domaine soudanien. Actuellement l'érosion mécanique prend de l'ampleur en allant du Sud au Nord, vers les régions plus sèches. Elle s'exerce sur les interfluves par des ruissellements diffus sur les pentes faibles et surtout par des ravine-ments à proximité des cours d'eau, ainsi que par des sapements de berge et une incision des seuils rocheux dans le lit des rivières. Le matériel sableux peut être transporté sur une assez longue distance par les fleuves et leurs principaux affluents, alors que les galets sont à peine déplacés.

L'étude des mécanismes d'érosion et de transport revêt aussi une *grande importance pratique*. Il faut savoir dans quelle mesure les terres cultivées subissent une ablation par ruissellement diffus, qui enlève les horizons superficiels plus ou moins humifères et détruisent ainsi les sols. C'est pourquoi des géomorphologues et des pédologues effectuent des mesures précises dans des stations. L'analyse détaillée de ces processus est primordiale pour les aménagements des bassins fluviaux. Il faut connaître les caractères de l'érosion des cours d'eau, les modalités du transport et de la sédimentation. Ainsi M. SALL mesure par des systèmes de bornes et de repères l'érosion du fleuve Sénégal dans les méandres de sa plaine alluviale, en fonction des crues, et la sédimentation dans des cuvettes du lit majeur par décantation des eaux après l'inondation annuelle. De cette manière le géographe contribue aussi à la mise en valeur du territoire et au développement du pays.



Photo 1 : Feu de brousse dans la région de Kayes (Mali occidental).

Les herbes complètement desséchées brûlent facilement en fin de saison sèche ; le feu noircit la terre. La végétation naturelle est très dégradée : il ne subsiste plus que quelques arbres isolés et de petits arbustes. Ainsi le sol dénudé subit l'action du ruissellement diffus lors des averses qui tombent au début de la saison des pluies.



Photo 2 : La basse Falémé lors de son étiage à Kidira (frontière Sénégal - Mali).

Plusieurs petits seuils pointent et des bancs de sable et de graviers s'étendent dans le lit partiellement à sec ; l'écoulement est presque arrêté. Un lambeau de basse terrasse domine le lit à cet endroit : les galets, surtout des quartz, sont légèrement cimentés en poudingue. Le pont du chemin de fer Dakar-Niger se situe au niveau de la terrasse ; sa hauteur montre l'importance du creusement.



Photo 3 : Ravinement de la terrasse du premier remblai du Sénégal aux environs de Kayes.

C'est la première phase d'érosion de ces anciens dépôts alluviaux. Le ravin se creuse en début de saison des pluies lorsque le niveau du fleuve est encore bas. Le matériel sablo-argileux, très compact, forme des versants subverticaux ; ainsi l'entaille présente l'aspect d'un cañon miniature. Le relief tabulaire dominant la terrasse correspond au rebord du Plateau Mandingue septentrional.



Photo 4 : Cirque d'érosion dans le premier remblai de la basse Falémé près de Sansandé. Le ravin s'est élargi et ses versants ont reculé tout en restant raides. Ainsi s'est formée peu à peu une dépression circulaire. Son fond plat et dénudé est façonné par le ruissellement diffus. On voit encore des traces sur la photographie prise deux jours après une grosse averse.

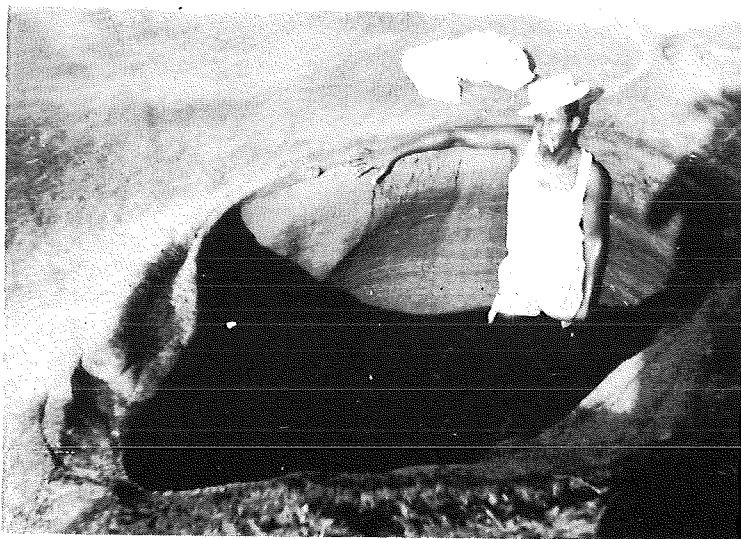


Photo 5 : Marmite de géant aux chutes du Félou, en amont de Kayes.

Ce seuil est constitué de grès assez friable (séries de l'Infracambrien), mais protégé par une épaisse patine ferro-manganésifère. Lorsque la patine a été percée, les eaux turbulentes du Sénégal chargées de sable grossier et de graviers ont creusé de grandes marmites de forme ovale ; elles s'approfondissent peu à peu. L'érosion actuelle semble être assez faible ; elle s'effectue surtout en début de crue.

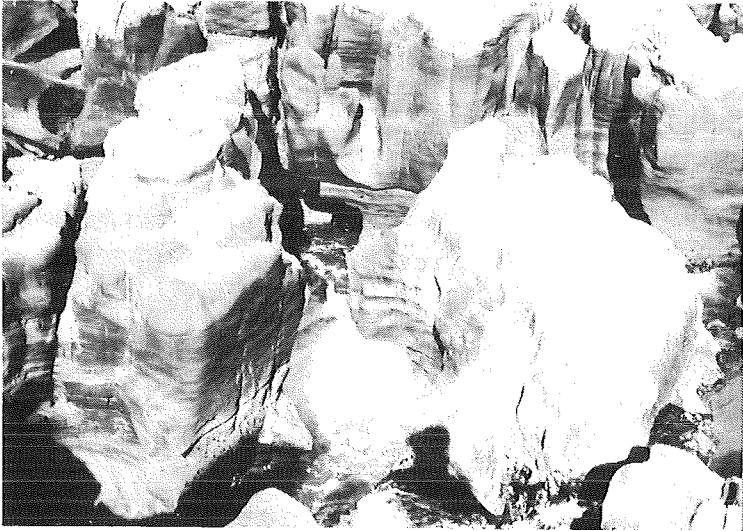


Photo 6 : Chenal d'écoulement à l'étiage au seuil de Billy sur le Bakoy.

Il a été ouvert dans l'épais banc de grès dur par défonçage de marmites coalescentes. Ainsi l'eau tourbillonne sous les blocs rocheux, entièrement recouvertes d'une patine noire manganésifère. La crue annuelle les submerge complètement ; des mousses poussent alors sur leur surface supérieure, mais elles se dessèchent après la décrue (les traînées blanches sont des excréments d'oiseaux).

BIBLIOGRAPHIE

- BASSOT, J.P. (1962) – Reconnaissance géologique du site du barrage de Sénoudébou (Sénégal). *Bur. Rech. géol. min.*, Dakar, 12 p. (multigr.)
- BELLOUARD, P. (1948) – Erosion des sols du Sénégal oriental, du Soudan occidental, du Fouta Djalon. *Bull. agric. Congo Belge*, v. 40, pp. 1299-1308.
- MICHEL, P. (1959) – Rapport de mission au Soudan occidental et dans le Sud-Est du Sénégal, fasc. 2 : dépôts alluviaux et dynamique fluviale. *Arch. Bur. Rech. géol. min.*, Dakar, 74 p. (multigr.)
- MICHEL, P. (1960) – Note sur l'évolution morphologique des vallées de la Kolinbiné, du Karakoro et du Sénégal dans la région de Kayes. *Rapp. Bur. Rech. géol. min.*, Dakar, 18 p. (multigr.)
- MICHEL, P. (1962) – Observations sur la géomorphologie et les dépôts alluviaux des cours moyens du Bafing et du Bakoy (Rép. du Mali). *Rapp. Bur. Rech. géol. min.*, 39 p. (multigr.)
- MICHEL, P. (1966) – Les applications des recherches géomorphologiques en Afrique occidentale. *Rev. Géogr. Afr. occid.*, Dakar, v. 3, pp. 37-60.
- MICHEL, P. (1968) – Morphogenèse et pédogenèse. Exemples d'Afrique occidentale. *Sols afric.*, v. 13, pp. 171-194.
- MICHEL, P. (1969) – Les grandes étapes de la morphogenèse dans les bassins des fleuves Sénégal et Gambie pendant le Quaternaire. *Bull. Inst. fond. Afr. noire*, série A, v. 31, pp. 293-324.
- MICHEL, P. (1973) – Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. *Mém. Off. Rech. sci. tech. O-mer*, n° 63, 3 tomes, 752 p.
- SALL, M. (1971) – Dynamique et morphogenèse actuelles (Contribution à l'étude géomorphologique du Sénégal occidental). Thèse 3me cycle, Univ. Dakar, 290 p. (multigr.)
- TRICART, J. (1954) – Observations morphodynamiques aux chutes de Félou (vallée du Sénégal). *Bull. Miss. Aménag. Sénégal*, Saint-Louis, n° 2, 11 p. (multigr.)
- TRICART, J. (1956) – Types de fleuves et systèmes morphologiques en Afrique occidentale. *Com. Trav. hist. sc. Bull. Sect. Géogr.*, v. 68, pp. 303-344.
- VOGT, J. (1959) – Aspects de l'évolution morphologique récente de l'Ouest africain. *Ann. Géogr.*, 367, pp. 193-206.
- VOGT, J. (1961) – Badlands du Nord-Dahomey. *Actes du 85me Congr. nat. Soc. sav., Chambéry-Annecy 1960, Sect. géogr.*, pp. 227-239.
- VOGT, J. (1967) – Notes sur les deux dernières étapes de l'évolution géomorphologique du Nord de la Côte-d'Ivoire et du Sud de la Haute-Volta. *Rapp. Bur. Rech. géol. min.*, Orléans, 33 p. (multigr.)

DISCUSSION

J. DRESCH :

- 1) rappelle qu'en Afrique occidentale l'évolution géomorphologique au Quaternaire se limite aux 35.000 dernières années. Ne sont utilisables comme données plus anciennes que terrasses et paléosols.
- 2) demande quelle importance accorder aux actions éoliennes pendant la saison sèche ?
- 3) demande quelles sont les données concernant la charge en solution ?

P. MICHEL :

- 1) le Quaternaire a été beaucoup plus long, mais effectivement nous ne disposons d'âges absolus au ^{14}C que pour les 35.000 dernières années. Auparavant se sont formés des cuirasses et les poudingues des terrasses anciennes.
- 2) la déflation éolienne peut se manifester en saison sèche dans les régions septentrionales du domaine soudanien, lorsque soufflent les alizés et l'harmattan. Elle est accentuée au cours des années de sécheresse.
- 3) il n'existe malheureusement que très peu de mesures de la charge en solution des cours d'eau. Elles ont été effectuées par la Mission d'Aménagement du Sénégal dans les années 1955-57 et en 1968-69. Il importe de multiplier ces mesures pendant les prochaines années.

J. SAVAT : Pensez-vous que l'apparition des méandres du Sénégal ne pourrait pas dépendre d'un changement du rapport entre sa charge et la stabilité de ses berges ?

P. MICHEL : Ce facteur peut aussi intervenir. La charge augmente alors que les berges perdent leur stabilité puisqu'elles ne sont plus protégées par la forêt-galerie.

J. AGHASSY : In relation to M. Alexandre question concerning the means by which the so described "cirques" become enlarged : it seems from the slides that "piping" is evident along the walls of such "cirques" and they may be blamed for that growth, without necessarily relating them to base-level.

P. MICHEL : Le "piping" (suffosion) peut avoir, effectivement, une telle action dans la formation des cirques. La partie supérieure est légèrement durcie par la pédogenèse. La suffosion agit dans la partie inférieure des dépôts, plus meuble.