

# Aspects sedimentologiques du delta du Sénégal

par

**J. Tricart**

Strasbourg

Avec 5 figures

Sonderdruck

aus der

**Geologischen Rundschau**

Bd. 45, Heft 2, Seite 384—397. 1955

FERDINAND ENKE VERLAG STUTTGART

# ASPECTS SEDIMENTOLOGIQUES DU DELTA DU SENEGAL

par J. TRICART,

Directeur de l'Institut de Géographie de l'Université Strasbourg (\*)

Avec 5 figures

Le delta du Sénégal est caractérisé par un régime sédimentaire rendu particulièrement complexe par les conditions climatiques. Pendant la crue annuelle de 5 mois, une submersion très étendue permet l'édification de levées alluviales et le colmatage de cuvettes par décantation. Le reste de l'année, marqué par une saison sèche très accentuée, voit le développement de phénomènes estuariens

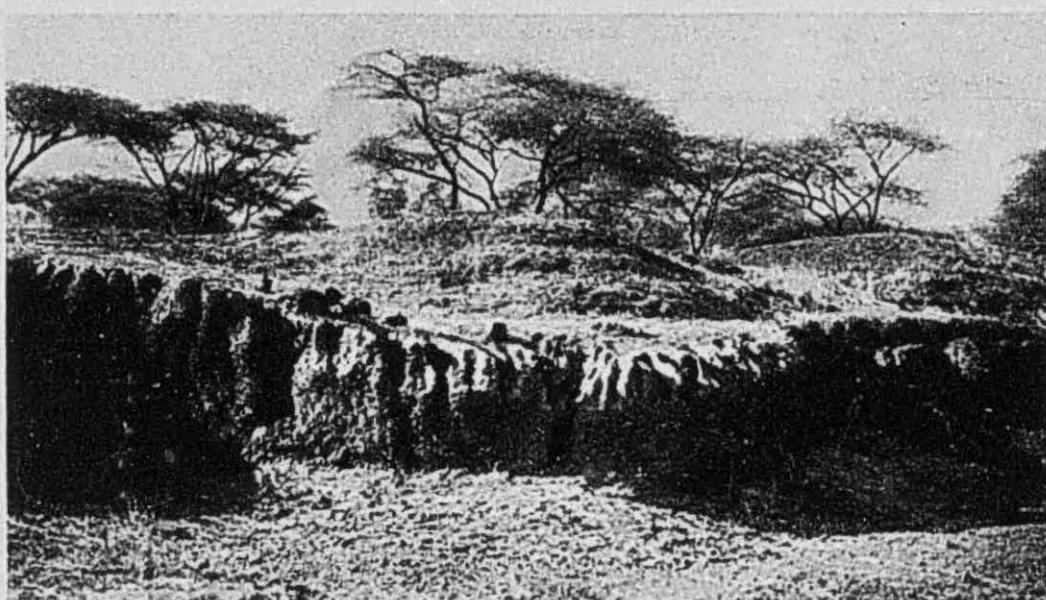


Fig. 1. Coupe dans le Quaternaire ancien, carrière 6 km W de Dagana. La carrière entaille le versant S de la vallée du Sénégal, à la tête du delta. En surface, dunes pré-ouliennes fossilisant l'entaille antérieure. Sous les dunes, la cuirasse de gravillon ferrugineux est disséquée par des vallons évasés tapissés d'une couche de 0,3—0,5 m de limon brun-rosé.

dans la partie basse du delta, envahie par les eaux marines, et d'intenses actions éoliennes dans certaines cuvettes et sur certaines levées, celles dont le sol est particulièrement salé (processus des sebkhas). Ce régime s'explique par l'arrivée dans la zone sahélienne semi-aride d'un fleuve allochtone de régime soudano-guinéen. Il peut être pris comme type des deltas des grands fleuves de la zone aride: Indus, Euphrate, Colorado, Nil.

## 1. Le cadre géographique

Formé par la réunion du Bafing, du Bakoy, du Baoulé et de la Falémé, le Sénégal est alimenté par les eaux du versant septentrional de la dorsale guinéenne, dont la pluvirosité varie entre 1000 et 2000 mm. Aux

environs de Kayes, peu en amont du confluent de la Falémé, il entre dans la zone sahélienne, qui ne reçoit que de 400 à 700 mm le long du fleuve. De la sorte, le cours moyen et inférieur est à peu près dénué



Fig. 2. Le lit du Garak, défluent du Sénégal, en juillet 1954. Ce défluent relie le fleuve à la cuvette de Guivo, proche du R'Kiz. Le lit est formé par les limons argileux de décantation, qui se déposent lors de la décrue, la pente étant insignifiante par suite de l'écoulement dirigé tantôt dans un sens tantôt dans l'autre. Ces dépôts sont découpés par des fentes de dessication. A gauche, la rive concave entaillée dans les dunes pré-ouljiennes est envahie par les sables remis en marche au cours de la saison sèche.



Fig. 3. Une cuvette de décantation argileuse: le Djoudj. Fin de saison sèche (début Juillet 1954). Région à l'E du village de Débi, vue vers l'WSW. Ancienne lagune dunkerquienne entre deux antennes du delta, régulièrement inondée par les crues qui y refoulent des eaux salées estuariennes. Décantation d'argiles salées. Formation d'efflorescences de sel en fin de saison sèche (taches blanches). Au loin, à droite, petite caravane d'ânes. Rares touffes de Vétyver (premier plan).

d'affluents. A la pluviosité faible s'ajoutent la forte chaleur (moyennes du mois le plus chaud entre 26 et 30°) et la nature sableuse ou calcaire d'une grande partie du sol. A partir de Bakel, le Sénégal est typiquement un fleuve allochtone, dont le débit provient presque uniquement de l'amont,

seules quelques averses apportant un peu d'eau aux oueds affluents de ce secteur du cours.

Mais une autre caractéristique essentielle est la répartition saisonnière très tranchée des pluies dans tout le bassin. La saison sèche est plus ou moins longue, mais elle est partout très nette. Dans le Fouta-Djalon, aux sources du Bafing, elle dure de novembre à avril (à Mamou, 10 mm seulement en décembre, 8 en janvier, 10 en février contre plus de 400 en août, 342 en septembre, 335 en juillet). Vers le N, aux approches du Sahara, elle s'allonge tandis que les totaux annuels diminuent. Dans le delta, elle dure de fin octobre à fin juin.

De la sorte, le régime du Sénégal est caractérisé par de très forts contrastes: une crue alterne chaque année avec une saison d'étiage. Les irrégularités du régime consistent en variations dans la hauteur de la crue, dans la date de son maximum et dans des pulsations mineures au cours de son déroulement. Le rythme de sédimentation à deux temps du delta n'est jamais altéré.

Par suite de la très faible pente du fleuve (seul le Hoang-Ho possède une pente encore inférieure), la crue se propage lentement et arrive, de la sorte, dans le delta, avec un retard considérable sur les pluies du haut bassin. Les eaux commencent de monter seulement en juillet pour atteindre leur cote maxima dans la seconde quinzaine d'août. Novembre voit la fin de la crue. Les irrégularités considérables des climats soudano-sahéliens infligent aux dates de la crue bon décalages de 15 jours à un mois et à sa hauteur des différences de 30 à 50%. Mais ces variations ne modifient pas sensiblement la dynamique des dépôts dans le delta, elle en fait seulement varier l'intensité d'une année à l'autre.

Malgré la très grande largeur de la vallée (une vingtaine de km à l'amont du delta), les crues montent fort haut: 6 et même 8 m au dessus de l'étiage à Dagana, 4 à 6 m encore dans la partie amont du delta. Elles s'étalent ensuite sur ce dernier et ne dépassent guère, 1,5 à 2 m à Saint-Louis. Mais la platitude du relief est suffisante pour que d'immenses étendues soient submergées par une eau qui s'écoule avec une extrême lenteur en dehors des lits mineurs. Elle est d'ailleurs puissamment freinée par la très grande rugosité du lit majeur avec ses fourrés de buissons, ses hautes herbes denses.

La saison sèche est caractérisée par la décrue, assez lente par suite de la faible pente et de la restitution au fleuve de masses d'eau considérables par les cuvettes qui communiquent avec lui, notamment les lacs de Guiers et R'kiz qui s'emplissent à la crue et jouent le rôle de régulateurs naturels de débit. Quoiqu'il en soit, en novembre, les eaux se sont retirées dans le lit mineur et les bas-fonds ne sont plus occupés que par des mares isolées qui s'assèchent petit à petit sous l'effet d'une très forte évaporation. La température atteint des maxima journaliers voisins de 30° et l'humidité relative est de l'ordre de 30 à 40% seulement. Le vent, enfin, souffle presque constamment dans le delta. A partir de janvier, le débit du fleuve n'est plus guère soutenu que par les eaux de vidange du R'kiz et du Guiers et les sources du haut bassin. Ces apports, très faibles par rapport

à ceux de la crue, baissent progressivement au cours de la saison sèche et n'arrivent plus à contrebalancer l'évaporation. Les chenaux du delta se transforment alors progressivement en estuaires, remontés de plus en plus loin par l'eau marine. En fin de saison sèche celle-ci atteint la tête



Fig. 4. Une sebkha: la partie occidentale de la sebkha de Bell. Fin de saison sèche (fin Juin 1954). Vue vers le NW. Tout au fond, blanches, les dunes littorales vives cernées d'un liseré de végétation (noir), occupant une petite terrasse dunkerquienne. En avant, la sebkha, dénudée, zone de décantation de limons et argiles très salés, soumis à la déflation. Au premier plan, le bourrelet de la sebkha, formé par les plus gros agrégats de limon et d'argile cimentés de sel, qui envahit et tue les buissons de Tamarix.



Fig. 5. Une slikke, sur un marigot affluent du Sénégal, à Keur Macène (environ 100 km de la mer). Vase argileuse recouverte à marée haute, dans le lit d'un bras du fleuve. Situation au début de la saison sèche (janvier 1954). En crue, ces vasières sont complètement recouvertes par les eaux douces pendant 4 à 5 mois. Au fond, levées alluviales dunkerquiennes.

du delta, entre Richard-Toll et Dagana. Par suite du niveau très bas des eaux du fleuve, la marée, cependant faible (1,5 m environ à St. Louis) remonte fort loin: son onde se fait sentir jusqu'aux abords de Richard-Toll à la tête du delta.

Il y a donc lieu de distinguer 3 types de milieux sédimentaires dans le delta du Sénégal:

— Un milieu fluvio-deltaïque de type classique où l'action de la crue est prédominante

— Un milieu estuarien, formé par les basses rives des chenaux dans leur partie aval

— Un milieu lagunaire, constitué par les cuvettes emplies par la crue et s'asséchant par évaporation en saison sèche.

Mais il faut tenir compte aussi de l'héritage du passé géologique récent qui a forgé le cadre dans lequel se mettent en place les sédiments actuels. Nous en définirons rapidement les grandes lignes.

## 2. Le cadre géologique

La position géographique de la région a également commandé les caractères de son évolution récente.

La mise en place des sédiments et du relief au Quaternaire a été commandée, dans le delta du Sénégal, par deux grands facteurs:

— Les oscillations générales glacio-eustatiques du niveau marin avec abaissement de la ligne de rivage à — 80 ou — 120 m lors des deux dernières glaciations au moins, ce qui s'est traduit ici, par suite de la faible pente du plateau continental, par un recul horizontal considérable du littoral. La courbe — 100 se place à 45 km. au large de Saint Louis.

— Les variations paléoclimatiques, particulièrement accentuées dans une zone de climats de transition, instables. Des phases arides, avec formation d'ergs, ont alterné avec des phases plus humides que l'actuelle, caractérisées par la formation de sols rouges avec légère remise en marche de la silice (amorce de latéritisation).

Les grandes lignes de l'évolution quaternaire peuvent se résumer ainsi:

### a) Au Quaternaire ancien:

Il s'est formé, sur les puissants dépôts continentaux du Continental Terminal (Mio-Pliocène), une nappe d'épandage semi-aride, axée sur l'actuelle basse vallée du Sénégal mais s'étendant beaucoup plus loin vers le N que le delta. Elle est constituée par des graviers ferrugineux et siliceux fortement consolidés par un ciment ferrugineux et prend l'aspect d'une cuirasse. Les graviers ferrugineux sont très prédominants (99%) dans les affleurements en bordure de l'actuelle vallée. Les éléments siliceux, par contre, prennent une place plus grande dans les puits du Trarza mais l'insuffisance des données ne permet pas de dire s'il s'agit de deux couches différentes ou d'un passage latéral de faciès.

Les gravillons ferrugineux sont des concrétions formées de couches concentriques, mais usées postérieurement par un transport. Les graviers siliceux consistent en quartz, quartzites, et jaspes provenant du Pré-cambrien et du Cambrien des régions de Bakel, d'Aleg et de Kayes. L'émoussé indique un transport fluviatile.

Ces dépôts, encore très mal connus par suite de la rareté des affleurements, posent d'importants problèmes morphoclimatiques:

— Par leur faciès. Ils semblent impliquer une succession morpho-

climatique complexe. Les gravillons ferrugineux sont très probablement des concrétions pédologiques, formées en profondeur dans un sol argilo-limoneux, puis mises à nu, durcies et emportées par les eaux (1). Cela impliquerait dès lors une phase de climat relativement humide lors de la formation des concrétions. Ce phénomène se produit actuellement dans les levées alluviales du delta du Sénégal et du Macina (delta intérieur du Niger). Une période plus sèche, semiaride, aurait succédé, pendant laquelle la réduction de la couverture végétale aurait provoqué l'érosion de la tranche superficielle du sol (horizons A et B 1) et la mise à nu des concrétions, puis leur prise en charge par les eaux. Il est possible qu'un abaissement généralisé de la nappe phréatique lié à l'assèchement ou à une baisse glacioeustatique du niveau marin ait contribué à cette évolution.

— Par leur granulométrie. On ne peut admettre, pour le Quaternaire ancien, une pente du Sénégal fortement supérieure à l'actuelle. Or, la dimension des galets de quartz et de jaspe, venant nécessairement de plusieurs centaines de km à l'amont, est considérable. Le centile atteint 40 mm et 30 gr. De nos jours, la pente du fleuve, en étiage, est de 1,69 cm par km de Bakel à St. Louis et aucun transport de graviers n'a lieu. Le matériel le plus grossier du lit mineur est formé de sables dont la dimension moyenne est au maximum de 0,2 mm. Pour expliquer le transport des graviers, il faut admettre un régime totalement différent, celui de brusques chasses d'eau sur un sol nu, un régime d'épandage d'oued. Nous rejoignons ainsi les implications paléoclimatiques auxquelles l'étude des gravillons ferrugineux nous avait amené.

Dès lors, on comprend pourquoi la nappe de graviers du Quaternaire ancien est si largement étalée. On comprend aussi la localisation du faciès ferrugineux: il se place sur le bord du Ferlo où le Continental Terminal est formé en grande partie d'argiles, propices au développement de sols à concrétions.

Les graviers et conglomérats du Quaternaire ancien forment une table qui plonge doucement vers la mer, entaillée par la vallée du Sénégal et festonnée par l'érosion sur le bord oriental du delta. Près de Dagana, une carrière montre dans le conglomérat ferrugineux, de petits vallons évasés colmatés partiellement par des limons brun-rosé. L'ensemble, conglomérat, vallons et limons, est fossilisé par des sables dunaires du Quaternaire moyen.

#### b) Au Quaternaire moyen:

Après une période d'entaille de la cuirasse de gravillon ferrugineux sous un climat suffisamment humide pour permettre sa dissociation et la formation de limon, une nouvelle phase aride se place. Elle coïncide avec une partie au moins de la régression glacio-eustatique de l'avant-dernier glaciaire.

Un puissant erg fut mis en place, qui atteignait au S les abords du Siné-Saloum. Il est caractérisé par des dunes alignées dont l'orientation passe de N 15—20° E aux abords du littoral à N 50° E dans la région plus intérieure de Podor et du Ferlo. Les dépressions interdunaires des-

cendent souvent en dessous du niveau de la mer actuelle et sont fossilisées alors par des dépôts plus récents. Lors de la mise en place de cet erg, le niveau marin était donc déprimé par une régression glacioeustatique.

Les dunes s'allongent régulièrement de part et d'autre de la vallée du Sénégal, fossilisant l'entaille faite antérieurement dans la cuirasse du gravillon ferrugineux. On doit donc admettre que le fleuve, par suite de l'aridité du climat, n'atteignait plus sa basse vallée et se perdait quelque part en amont dans une plaine d'épandage aréique.

La puissance de la couverture dunaire du Quaternaire Moyen est très variable. Dans le Ferlo, elle arrive à peine à masquer la cuirasse. Les dunes, basses, forment des trainées discontinues séparées les unes des autres. Par contre, dans le delta et dans le Trarza, la nappe sableuse atteint 10 à 30 m de puissance et tout le relief est modelé dans sa masse. Dans ces régions, les puits ne rencontrent pas la cuirasse sous la dune. On doit donc admettre que le remaniement des sables par le vent n'a pas entraîné de transports à longue distance, ce qui rejoint les conceptions de la plupart des spécialistes des actions éoliennes. Les dunes ne sont très développées que là où existait une masse de sable suffisante, c'est à dire là où les épandages du Quaternaire ancien n'avaient pas été consolidés en cuirasse. Ailleurs, le manteau éolien, allogène, est mince et discontinu.

La morphologie de ces sables est d'ailleurs curieuse. Bien que le modèle éolien soit des plus nets, leur éolisation n'est pas franche et beaucoup moins typique que celle des sables éolisés périglaciaires du Quaternaire européen. Les ronds-mats typiques sont rares (10 à 20% au maximum entre 0,1 et 0,2 mm, tandis que les grains anguleux plus ou moins mats sont abondants (20 à 30%). Le reste présente une très grande variété de formes: non usés, subémoussés brillants, mats et très mats, ovoïdes brillants, mats et très mats. La formation est incontestablement polygénique et le vent a remanié un matériel lui-même complexe. Nous pensons poursuivre l'étude systématique de ces sables afin d'essayer de préciser leur origine. Il n'est pas exclu qu'ils aient subi, à un certain moment, un façonnement marin atténué, du genre de celui qui se produit dans un golfe médiocrement ouvert. Dans ce cas, une transgression marine localisée se serait intercalée entre la période d'épandages du Quaternaire ancien et la mise en place des dunes de la régression préouljienne. Ce golfe aurait été axé sur le bord septentrional de la vallée inférieure du Sénégal.

### c) Au Quaternaire récent:

Postérieurement à leur mise en place, les dunes pré-ouljiennes ont subi une période d'altération qui a émoussé leur relief et modifié superficiellement leur matériel. Sur une épaisseur qui atteint 2 m au sommet des dunes, le sable a été lessivé et a subi un commencement de dissolution. La surface des grains est souvent corrodée et on observe par ailleurs de petites concrétions de silice. En même temps, les oxydes de fer ont été remis en marche et déposés sous la forme d'un film d'hématite qui teinte le sable en rose.

Cette évolution suppose un climat à pluies plus abondantes qu'actuelle-

ment (lessivage relativement intense), mais cependant caractérisé par une saison sèche accentuée (deshydratation des oxydes de fer).

Elle est contemporaine d'un niveau marin plus élevé que l'actuel, que nous avons parallélisé avec l'Ouljen (1) Atteignant la cote de + 4 à + 6 m (l'absence de cartes topographiques correctes interdit de préciser davantage), la mer ouljiennne s'est avancée en un grand golfe sur le Bas Sénégal, remontant la vallée jusqu'entre Podor et Kaédi et envahissant la cuvette du R'Kiz. Des digitations compliquées noyaient les creux interdunaires dans la région sublittorale mauritanienne et vers Saint Louis. Les houles du NW ont démantelé une partie des dunes, celles qui sont le plus proches du littoral actuel, et déblayé ainsi la plus grande partie de l'emplacement du centre-Nord du delta. D'importants restes de plages, caractérisés par une faune subactuelle où *Arca sénilis* et *Ostrea gasar* sont les espèces dominantes, ourlent les bords du golfe et certaines dunes isolées en îles. Dans le golfe lui-même, la sédimentation était à dominante sableuse par suite du remaniement du matériel éolien des bords et du fond. Les apports du Sénégal se marquaient cependant par une composante limoneuse qui fait que les sables marins ouljiens sont généralement un peu plus fins que ceux des dunes antérieures.

Le remaniement marin ne se traduit pas clairement dans la morphoscopie des sables, d'autant moins que le façonnement éolien antérieur était déjà peu caractéristique. Des études détaillées, seulement amorcées, permettront peut-être de trouver des différences statistiques entre les deux matériaux.

Une nouvelle phase éolienne, beaucoup moins intense que la précédente, se place après l'Ouljen, lors de la régression grimaldienne. Les dunes qui se sont édifiées alors ne présentent pas l'altération rose que nous avons décrite: elles sont restées jaunes. Le vent s'est contenté de raviver légèrement les dunes pré-ouljiennes, remaniant surtout le sable des interdunes. Il a édifié de petites dunes nouvelles à partir des matériaux frais de l'Ouljen, notamment de certaines plages. Les principales dunes grimaldiennes se trouvent dans la région littorale, légèrement en arrière des dunes vives. Ce sont les seules qui soient massives et élevées. Elles ont été nourries par un puissant cordon littoral fermant partiellement la lagune ouljiennne et édifié, comme l'actuel, par une dérive Nord—Sud.

La transgression flandrienne s'est accompagnée, d'une reprise du régime deltaïque. Tandis que le niveau marin montait, une importante lagune s'est à nouveau formée à l'emplacement du golfe ouljienn, dont les contours n'avaient été que faiblement oblitérés par les actions éoliennes grimaldiennes. Le niveau maximum de la transgression flandrienne, réalisé au dunkerquien, est resté cependant plus bas que celui de la transgression ouljiennne. Il semble n'avoir pas dépassé + 1,2 à + 1,5 m. Néanmoins, en bien des endroits, les deux rivages ouljienn et dunkerquien se confondent en une plage polygénique qui descend de la cote + 4 à + 6 jusque sous les sédiments plus récents des cuvettes. La distinction n'en est donc pas facile. Sur les rivages exposés du cordon littoral (Saint Louis, les Manguins), la plage dunkerquienne est formée par des sables grossiers riches

en débris d'Arca, tritürés par les vagues après avoir subi une longue immersion qui les a fait trouer par les Cléones et ferruginiser. Ce matériel a été ramené des fonds par la transgression. Ailleurs, les sables dunkerquiens sont plus limoneux que les sables ouliens. Cela s'explique par le fait que le niveau marin étant moins élevé, la mer pénétrait moins loin dans les terres et que les bouches du Sénégal, sources de troubles, étaient plus proches.

Le Sénégal a édifié dans la lagune oulienne un important delta qui l'a cloisonnée en cuvettes séparées par des levées. A l'amont, vers Richard-Toll et Dagana, le matériel étant plus abondant, les levées sont plus massives et ne subissaient que des ruptures rares, mais importantes. Sur ces ruptures se greffent de petits deltas qui empiétaient sur le fond des lagunes. Parfois, la brèche à partir de laquelle ils ont été construits n'entamait que la partie supérieure des levées et ils ne fonctionnaient qu'au maximum de la crue. Dans ce cas, leur sommet peut être plus élevé que celui des levées elles-mêmes. Vers l'aval, les matériaux étant progressivement moins abondants, les levées sont moins larges. En même temps, le matériel devient plus fin: le sable grossier disparaît et il ne reste plus que du sable fin et du limon. Du même coup, les levées sont moins élevées, avec des flancs plus adoucis, surtout vers l'extérieur. Elles étaient plus souvent submergées et les deltas qui se sont construits dans les lagunes reflètent un régime beaucoup plus instable. Au lieu de gros deltas nettement localisés comme plus en amont, on note une foule de petits deltas sans épaisseur, contigüs, voire même se chevauchant sur leurs bords. Bref, une sorte de colmatage diffus se terminant dans les grandes lagunes par une sorte de front, formant un ressaut net dont la hauteur peut atteindre 0,5 m à 1 m. En avant des deltas, sur le fond des lagunes, se déposait en amont un sable pur alternant avec les lits limoneux riches en matière organique qui semblent être dûs à la décantation des crues. En aval, les ruptures incessantes de levées ont provoqué la mise en place de sables vaseux gris, sans traces de décantation.

La baisse du niveau marin postérieure au Dunkerquien a permis une très bonne conservation du delta mis en place à cette période. Il forme une sorte de bouchon dans le centre du delta, qui, combiné à la fermeture progressive des bouches du fleuve par le courant littoral Nord—Sud, ont amené le cours du Sénégal à s'incurver vers le Sud et à envahir la zone de dunes roses des environs de Saint-Louis.

Seules les parties les plus élevées du delta dunkerquien ne sont plus submersibles à l'heure actuelle: en effet, l'amplitude de la régression post-dunkerquienne est bien inférieure à celle des crues de sorte que la plus grande partie du delta est submergée aux hautes eaux. Mais le modèle dunkerquien commande le régime de la sédimentation actuelle.

### 3. Le régime de la sédimentation actuelle

La répartition et l'extension des trois types de domaines sédimentologiques que nous avons signalés plus haut résulte des grandes lignes de la paléogéographie dunkerquienne.

## a) Le domaine éolien et lagunaire.

L'action du vent s'exerce à la fois sur certaines étendues qui ne sont jamais submergées et dans certaines cuvettes, les sebkhas.

— En dehors des cuvettes, les processus éoliens n'attaquent que les zones à couverture végétale réduite, insuffisante pour protéger le sol. Tel est le cas dans les dunes littorales, édifiées à partir des sables nus de la plage et qui forment un liseré vif le long de la côte. Comme la dérive littorale, commandée par les houles du NW, la migration des sables éoliens se fait du NNW au SSE, suivant une direction très différente de celle des vents qui ont édifié les dunes roses et légèrement oblique par rapport au littoral. Le sable progresse sous la forme de dunes paraboliques de teinte plus ou moins claire, venant recouvrir des dunes plus anciennes, flandriennes et dunkerquiennes, fixées par la végétation, et édifiées à un moment où le littoral était plus à l'W qu'aujourd'hui (2). Dérive littorale et migration éolienne des sables menacent les bouches du Sénégal et ont provoqué leur déplacement progressif vers le S. L'allongement de la Langue de Barbarie, cordon littoral qui isole le bas fleuve de la mer, est connu avec précision par les documents historiques. Des traces d'anciennes bouches, constituées par des bras qui sont bouchés par les dunes et forment un angle droit vers le S, envahis peu à peu par les sables, s'observent en plusieurs endroits: aux Maringouins, à peu près dans l'axe de la basse vallée, aux marigots de Boytet et de Gavart. Le marigot des Maringouins semble avoir fonctionné, au moins en crue, jusqu'au XVII<sup>°</sup> siècle. Cette obturation par les sables résulte de l'interruption à peu près complète de l'écoulement pendant une grande partie de l'année. Il suffit qu'un bouchon alluvial se forme dans la partie amont d'un bras pour que, cessant de couler en dehors du maximum de la crue, son embouchure qui n'est plus suffisamment nettoyée par un courant de décharge, s'obture rapidement.

Le vent exerce aussi son action sur les parties hautes du delta, notamment sur les reliefs dunkerquiens. Son action y est facilitée par le faciès saumâtre des dépôts, formés en milieu lagunaire. Une quantité suffisante de sel leur est incorporée pour gêner la végétation. La couverture insuffisante de Salicornes ne les protège que mal contre le vent et ce dernier entraîne les éléments fins en tourbillons: les trombes. Ces dernières se produisent surtout en fin de saison sèche, au moment de la plus forte chaleur, notamment vers midi: les différences d'échauffement sont alors maxima et, jointes à la forte température de l'air, créent une intense turbulence. Des colonnes de poussière s'élèvent à 100 ou 200 m d'altitude, mettant le limon en suspension jusqu'à ce qu'une pluie le précipite. Les particules un peu plus grosses retombent sur la région elle-même. Une sédimentation éolienne généralisée, sous la forme d'un saupoudrage, affecte la région à la veille de la crue. Le matin, les Tamarix sont tout boueux de la poussière tombée la veille et humectée par la rosée.

— Dans les cuvettes, l'action du vent est encore plus intense. En effet, un grand nombre d'entre elles fonctionnent en sebkhas (3). Une fois la

décrue suffisamment amorcée, l'eau y reste prisonnière et disparaît sur place par évaporation. Les sels s'y concentrent de plus en plus et le fond de la cuvette constitue, pour peu qu'ils soient suffisamment abondants, un véritable solontchak, sol nu très salin. La formation des cristaux de sels laboure la surface du limon qui s'est déposé à la suite de la crue, exactement comme les cristaux de glace le font d'un sol qui gèle. Il soude les particules de limon et d'argile en agrégrats de 0,1 à 2 mm, leur donnant une granulométrie apparente optima pour leur prise en charge par le vent tandis que, par ailleurs, il élimine l'obstacle de la végétation. Dès que le fond de la cuvette est suffisamment sec, le vent y exerce une puissante déflation. Les agrégats de limon et d'argile, suivant leur taille, sont emportés au loin par les trombes ou partent en saltation et s'arrêtent dès la rive de la sebkha s'y accumulant en un bourrelet dans les premières herbes. En plus du saupoudrage généralisé, les sebkhas alimentent des bourrelets sur leur face sous le vent (S et SE dans la zone littorale; SSW dans l'intérieur). Des champs de rebdou, petites dunes retenues par une touffe de Salicornes, forment un croissant large parfois de 1 ou 2 km sur leur bord. Aux Toumbos, nous avons noté, fin juin 1954, une accumulation moyenne de 15 cm en 24 h après une journée où le vent a continuellement soufflé avec une force de 8 Beaufort. Et il ne s'agit pas d'un cas exceptionnel, mais au contraire d'un phénomène normal en fin de saison sèche. Il en résulte de véritables petits champs de dunes d'argile et de limon salé, et, dans l'ensemble des sédiments fins du delta, une importante composante éolienne.

Cette action éolienne constitue un facteur de désorganisation pour les processus deltaïques. Les bras qui se trouvent sous le vent d'une cuvette à déflation risquent d'être coupés. Le vent se trouve en effet freiné par les peuplements de Tamarix qui jalonnent les berges et y dépose une partie de son matériel, édifiant un cordon de nebkhlas qui empiètent progressivement sur le lit et contribuent à l'obstruer. Si le courant n'est pas assez fort pendant la crue pour les déblayer, comme c'est généralement le cas, le bras est menacé. Un bouchon éolien le sectionne et les eaux empruntent un nouveau bras. Ce mécanisme contribue, avec la fermeture des bouches par la dérive littorale, à provoquer une migration vers le Sud des bras du fleuve.

### b) Le domaine fluvio-deltaïque.

Le matériel actuel du Sénégal est surtout limoneux. Les eaux de crue sont jaunes et se suivent à une certaine distance en mer de l'embouchure. La proportion de sable est généralement plus faible que dans les levées dunkerquiennes. Dans quelle mesure cette différence de faciès résulte-t-elle d'un changement dans le système d'érosion liée à une oscillation climatique ou au développement des cultures, ou bien est-elle simplement une conséquence de la liquidation, au Dunkerquin, du stock de sables éoliens datant de la régression grimaldienne? On ne peut répondre à la question en attendant le résultat d'études sédimentologiques plus détaillées.

Quoiqu'il en soit, les conséquences de ce fait sont importantes pour l'édification des formes fluviodeltaïques. Les limons se prêtent mal à la formation de levées par suite de leur transport en suspension. Tandis qu'au Dunkerquien la forme d'accumulation prédominante était le système de levées, c'est, à l'heure actuelle, le colmatage par décantation.

Toutes les étendues submergées pendant la crue, en dehors du lit mineur, sont le siège de ce colmatage qui donne des limons argileux brun-jaune ressemblant, à première vue, passablement au lehm. Il recouvre les parties basses des levées dunkerquiennes et surtout les fonds de cuvettes, à l'emplacement des anciennes lagunes dunkerquiennes. Dans les dépressions les plus marquées et les plus mal vidangées, la concentration du sel par évaporation amorce l'évolution en sebkha, avec, dans certains cas, une exportation éolienne supérieure aux apports limoneux fluviatiles et, comme résultante, un approfondissement progressif. Tel est le cas des sebkhas situées sur les flancs du delta, le plus à l'écart des apports du fleuve; région des Maringouins et N'Diaël. Ailleurs, comme dans le Djoudj, bien fourni en troubles et soumis peu de temps à l'action du vent, le colmatage semble l'emporter. Il règne sans conteste dans toutes les cuvettes suffisamment peu creuses pour se vidanger facilement et ne point être des lieux de concentration de sel. Là pousse une prairie dense de graminées qui filtre les eaux et accélère le colmatage. Une importante sédimentation limoneuse masque progressivement le modèle dunkerquien sous-jacent. Ce dernier n'apparaît plus que par l'intermédiaire de la végétation, dont les racines atteignent le substratum du limon, ce qui lui permet d'influer sur la répartition des individus et des espèces. Ce manteau limoneux n'est pas d'épaisseur constante: il s'épaissit vers le fond des cuvettes, où la tranche d'eau étant plus épaisse les apports de limon sont plus abondants, et s'amincit vers leurs bords. L'action des courants semble trop faible pour agir sur sa répartition. Même dans des cuvettes au fond relativement élevé et, comme tel incisé par un réseau de marigots de vidange (cuvette de Bab el Lor), le colmatage s'exerce dans le lit des marigots lui-même et donne à leurs berges des formes émuossées concavo-convexes. Depuis le Dunkerquien, la couche de limon déposée varie de 0,2 à 1 m, soit, en moyenne 0,1 mm par an environ.

Les levées alluviales sont liées à un remaniement des dépôts de levées dunkerquiennes par migration de méandres. Les seules levées actuelles sont en effet des levées de rive convexe. Exceptionnellement, quelques marigots importants débouchant dans des cuvettes se sont construits une petite gaîne de levées sur leur cours inférieur, nourries elles aussi d'ailleurs par le matériel des levées dunkerquiennes. Tout le long du Sénégal, des levées actuelles ou subactuelles (post-dunkerquiennes) n'apparaissent qu'immédiatement en aval des points où le fleuve sape un système de levées dunkerquiennes. L'importance des accumulations de rive convexe et celle des ablutions de rive concave est exactement proportionnée. Lorsque la migration latérale de la rive concave est devenue telle qu'elle ne mord plus sur des levées dunkerquiennes mais sur le matériel de la cuvette située en arrière, la construction des levées de rive convexe s'arrête.

Ces faits s'expliquent fort bien. Le régime morphoclimatique actuel du fleuve ne lui permet pas le transport lointain du sable dans son delta et sa basse vallée. Seul le limon vient de l'amont et seul le limon peut sortir du lit mineur par dessus les berges. Le sable reste trop près du fond pour pouvoir s'échapper. Transporté sur deux ou trois km au maximum, il se dépose tout près de l'endroit d'où il provient. Il représente à peu près la limite de la compétence du fleuve actuel et à chaque zone de sapement alimentant le courant en sable correspond immédiatement en aval une zone d'accumulation sous la forme de levées sablo-limoneuses. Ce sont généralement les levées dunkerquiennes qui fournissent le matériel, tant par suite de leur faciès que par suite de la régression post-dunkerquiennne qui facilite leur entaille. Mais, par endroits, le sable peut avoir une autre origine. Ainsi, à Maka-Diama, le Sénégal sape une dune: la partie du sable qui est entraînée sert à édifier une petite levée de chaque côté du fleuve en aval.

c) Le milieu estuaire.

Il n'apparaît guère que tout en aval, dans la partie du delta qui s'est édifiée à la suite des changements de cours postérieurement au Dunkerquienn. En effet, là seulement, en l'absence de levées dunkerquiennes, les rives du Sénégal sont suffisamment basses pour que leur submersion varie en fonction de marées peu puissantes.

Les phénomènes estuariens sont compliqués ici par la crue annuelle. Ils ne jouent pleinement et exclusivement que pendant la saison d'étiage. Pendant la crue, en effet, tout est submergé pendant plusieurs mois par les eaux douces boueuses. Le rythme climatique impose, ici comme dans les sebkhas, un mécanisme à deux temps.

Dans les environs de Saint Louis, les berges du Sénégal et certains creux particulièrement prononcés entre les dunes roses sont occupés en basses eaux par des vasières en pente très douce vers le fleuve, recouvertes à chaque marée. A. GUILCHER et J. P. NICOLAS (2) y ont distingué deux types, qui résultent du caractère de zone de transition climatique du Sénégal. Les unes sont simplement occupées par une végétation herbacée, parfois quelques Tamarix, et constituent des schorres. Les autres portent une mangrove rabougrie, dont les arbres ne dépassent pas 2 à 3 m de haut. Les palétuviers n'occupent pas les rivages battus par les petites vagues que le vent du N soulève dans l'estuaire. Ils ne colonisent que les atterrissements vaseux et manquent sur les petites rives concaves sapées par la houle d'estuaire.

L'action du vent, et, parfois, le sapement par le courant de crue, introduit dans la zone estuarienne une certaine masse de sable. Les vents dominants du N, par suite de la largeur des bras, provoquent la formation de petites vagues suffisantes pour le faire migrer vers le S sous la forme de crochons, donnant, par endroits, de petites plages sableuses. A. GUILCHER et J. P. NICOLAS (2) ont pu démontrer un déplacement progressif des îles sableuses de l'estuaire sous l'effet de ce processus. Celle de Babagueye est particulièrement typique. Son extrémité septentrionale, rongée, recule, tandis que son extrémité méridionale, engraissée, s'allonge.

Mais la crue annuelle vient introduire dans cette dynamique estuarienne un élément étranger: pendant 4 ou 5 mois, les vasières sont submergées par les eaux douces limoneuses qui y déposent du matériel limoneux par décantation. Il serait certainement intéressant d'étudier la nature de tels sédiments.

La très grande diversité des conditions de sédimentation dans le delta du Sénégal provient essentiellement de sa position géographique; c'est elle qui commande aussi bien l'importance des oscillations paléoclimatiques au cours du Quaternaire que le rythme à deux temps des phénomènes actuels.

Le Sénégal n'atteint la mer — et encore tout juste en fin de saison sèche — que parce qu'il est, dans la frange méridionale du Sahara, un fleuve allochtone nourri par les pluies des montagnes guinéennes plus humides. Son cas, de ce fait, n'a pas qu'un intérêt individuel. Il revêt une valeur d'exemple. On peut en effet parler d'un véritable type zonal de delta, celui des fleuves allochtones débouchant dans une zone aréique. Le Colorado, l'Indus, l'Euphrate et, surtout, le Nil, présentent du point de vue de leur dynamique géomorphologique et sédimentologique des cas analogues. Se terminant dans des déserts ou des steppes pauvres où rôde la faim, ils constituent des secteurs susceptibles d'importants aménagements agricoles. Point n'est besoin de rappeler le delta du Nil pour montrer ce que peuvent devenir les deltas de ces fleuves grâce au travail de l'homme. Et c'est justement dans la mesure où le Nil constitue encore une exception que l'étude de ce type de deltas s'impose: elle peut et doit contribuer à vaincre les difficultés de leur aménagement et, par là, à accroître les ressources dont dispose l'humanité.

#### Notes et références

- (1) DUBOIS, J., et TRICART, J.: Esquisse de la stratigraphie du Quaternaire du Sénégal et de la Mauritanie du Sud. *C. R. Ac. Sc.*, CCXXXVIII, 1954, p. 2183—5.
- (2) GUILCHER, A., et NICOLAS, J. P.: Observations sur la Langue de Barbarie et les bras du Sénégal aux environs de Saint-Louis. *Bull. C. O. E. C.*, VI, 1954, p. 227—43.
- (3) TRICART, J.: Influence des sols salés sur la déflation éolienne en Basse Mauritanie et dans le delta du Sénégal. *Rev. Géomorphologie Dynamique*, V, 1954, p. 124—132.
- (\*) La présente étude est fondée sur les résultats de missions effectuées pour le compte de la Mission d'Aménagement du Sénégal et notamment sur une carte géomorphologique au 1/50.000 du delta levée pour cet organisme par le Laboratoire de Géographie de l'Université de Strasbourg (L. I. G. U. S.). Cette carte doit être publiée dans le Bulletin du Service Géologique de l'A. O. F. (Dakar). Que tous ceux qui ont facilité nos recherches, et principalement Mr. G. NESTERENKO, Directeur de la M. A. S., trouvent ici l'expression de nos plus sincères remerciements.