

09266

09366
NUM

DYNAMIQUE DU MILIEU NATUREL ET TRANSFORMATIONS PAR L'HOMME DANS LE DELTA DU SÉNÉGAL

La cuvette du Ndiael hier, aujourd'hui et demain

Michel MIETTON et Joël HUMBERT
Université L. Pasteur et CEREG, URA 95 CNRS
3 rue de l'Argonne
67083 Strasbourg Cedex

RÉSUMÉ : Ancienne cuvette de décantation aujourd'hui asséchée, située sur la bordure méridionale du delta du Fleuve Sénégal, le Ndiael et ses marges offrent un bon exemple d'une unité de milieu deltaïque ayant enregistré au Quaternaire récent des interactions fluviales, marines et éoliennes complexes, où alternent les épisodes de remblaiement et de creusement. Le gisement de tourbe mis à jour au nord-est de Ross Béthio est un jalon supplémentaire dans l'histoire holocène de cet environnement, daté par C¹⁴ conventionnel de 6 400 ans BP. Ces processus, rythmés à l'échelle des temps longs par la succession des phases climatiques mais aussi à l'échelle saisonnière par la crue naturelle du fleuve, sont restés fonctionnels jusqu'à une date très récente ; l'homme tirant parti de cet écosystème non transformé comme le montre un site d'occupation du XIII^{ème} siècle découvert sur une terrasse jouxtant la cuvette.

Une ère nouvelle commence à la fin des années cinquante avec la construction des digues et la maîtrise au moins partielle du fleuve, dont les effets sont amplifiés peu après par une sécheresse climatique. Les ressources liées à l'enneigement épisodique de cette cuvette, bénéfiques pour l'avifaune mais aussi pour des activités humaines traditionnelles de pêche et d'élevage, disparaissent. Demain, avec la construction des deux barrages de Diama et de Manantali qui permettent d'artificialiser totalement la crue et de gérer un stock d'eau douce, l'homme sera peut-être capable non seulement de transformer l'écosystème naturel mais aussi de maîtriser les perturbations nouvelles nées de sa volonté même d'aménagement. Les risques sanitaires, liés d'une part à l'occurrence d'épidémies nouvelles (bilharzioses) elle-même en relation avec les transformations du milieu et la nouvelle distribution de la population et d'autre part à l'emploi de produits toxiques rejetés dans les eaux de drainage, ne peuvent pour l'heure être cependant sous-estimés.

Mots-clés : milieu naturel, climat, anthropisation, hydrologie, érosion, paléoenvironnement, cuvette, Quaternaire, Holocène, Sénégal.

ABSTRACT : Located on the Southern border of the Senegal River delta, the Ndiael is an old decantation basin which is now dried up. This basin and its margins are a good example of a deltaic environment unit which was submitted to fluvial, eolian and marine interactions during the Quaternary Period with alternations of filling and digging phases. The peat deposits (6 400 years BP, C¹⁴ datation) discovered in the North-East of Ross Bethio is another indicator in the Holocene history

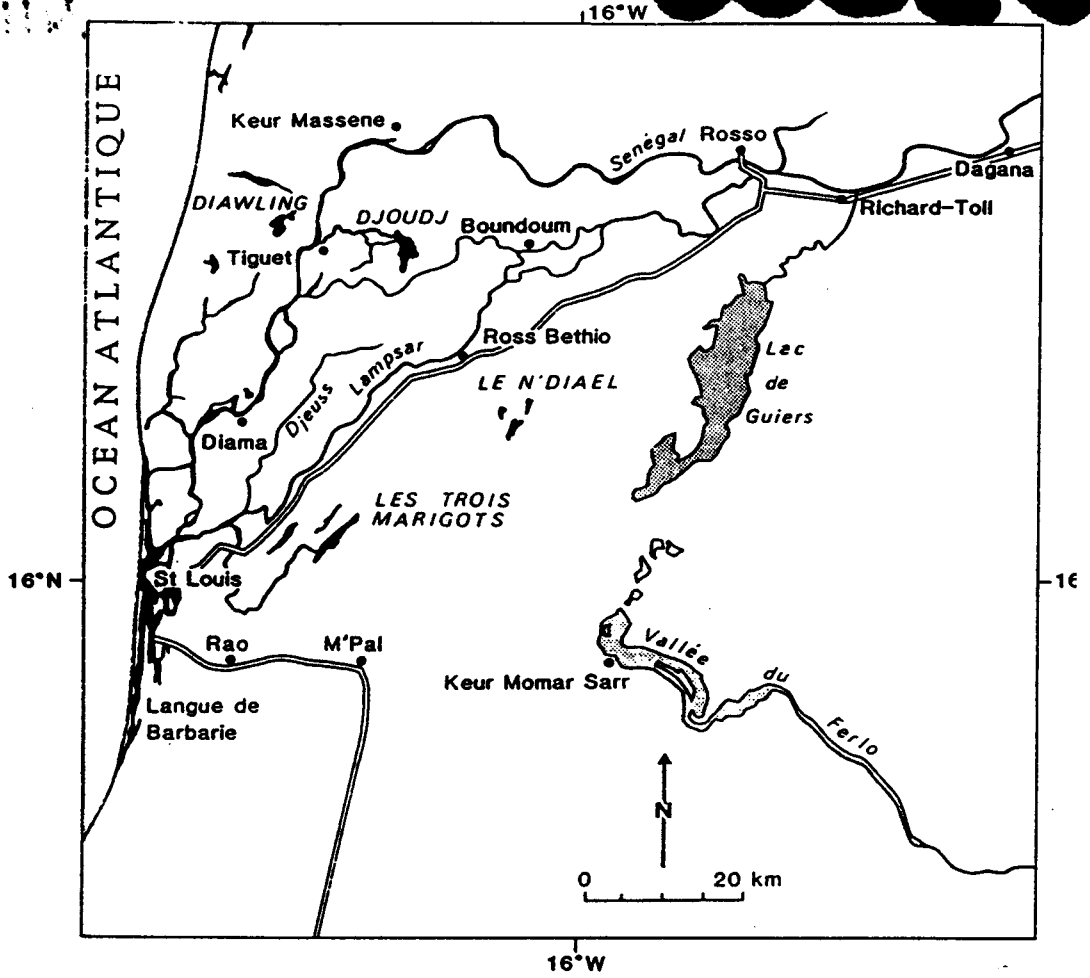


Figure 1 : Le delta du Sénégal. Situation géographique

of this environment. These processes were still active until a recent time ; they were punctuated by the succession of the climatic phases on the long time scale and by the natural flood of the river on the seasonal time scale. Man took advantage of that untransformed ecosystem, as it shown by a 13th century settlement, discovered on a terrace located at the rim of the basin. A new period started by the end of the fifties with the construction of banks and a partial domestication of the Senegal River, the effects of which were soon after amplified by a climatic drought. Depending on occasional flooding and used both by birds and man (traditional fishing and husbandry activities), the resources have disappeared. As the newly built Diama and Mantali dams allow a total artificialisation of the flood and the management of fresh water stock, man will perhaps be able not only to transform the

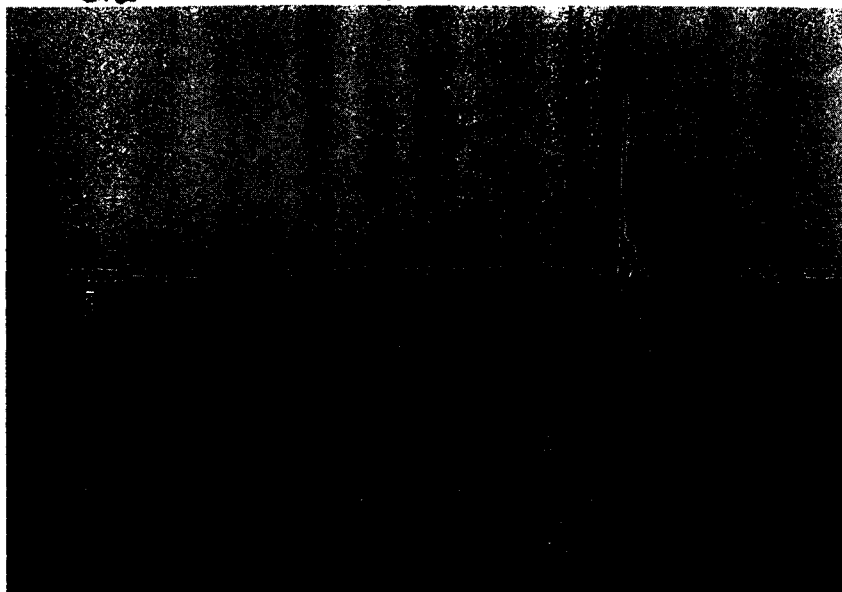


Photo 1 : La cuvette du Ndiael. Bordure nord, au contact du *diéri* (à l'arrière-plan). Site d'occupation historique au premier plan.

natural ecosystem, but also to control the new disturbances created by his own transformations. However the sanitary risks should not be underestimated for the time being. They are arising : 1) from new epidemics (bilharziosis), which are the consequences of the environmental transformations and of a new population distribution ; 2) from the rejections of toxic products used in agriculture in drainage water.

Key-words: *natural environment, climate, anthropisation, hydrology, erosion, paleoenvironment, basin, Quaternary Period, Holocene, Senegal.*

INTRODUCTION

Les exemples régionaux ne manquent pas en Afrique tropicale, où l'on peut discuter des effets combinés des facteurs naturels (en particulier climatiques) et anthropiques, pour rendre compte d'une déstabilisation de l'environnement. Pourtant, à l'échelle des temps longs, les héritages font souvent défaut et, plus près de nous, il apparaît souvent vain de vouloir hiérarchiser ces deux types de facteurs tant ils peuvent se conjuguer de manière variable dans le temps et dans l'espace.

L'exemple retenu du delta du Sénégal ou du moins d'une de ses marges se justifie aisément dans la mesure où le domaine littoral — en particulier un delta — est tout à la fois un bon enregistreur des dynamiques paléoenvironnementales et aussi un espace relativement riche.

souvent tôt occupé durant la période historique, soumis aujourd'hui à des aménagements aux impacts parfois ambivalents, complexes et donc intéressants à analyser.

Le Ndiael est une cuvette d'une centaine de km² (15 km de longueur suivant son grand axe NE/SW), située sur la marge méridionale du delta du fleuve Sénégal, entre le lac de Guiers et la localité de Ross Béthio (fig. 1). Cette cuvette est bien perceptible comme telle, particulièrement au nord-ouest, où le contraste est net au contact des dunes du *diéri*¹. D'un point de vue morphopédologique, il s'agit d'une dépression complexe dont le creusement jusqu'à une cote très basse (-1,15 m d'altitude absolue) est lié à une dynamique d'écoulement mais aussi de déflation éolienne et qui peut être définie comme une cuvette de décantation ou, localement, une sebkha.

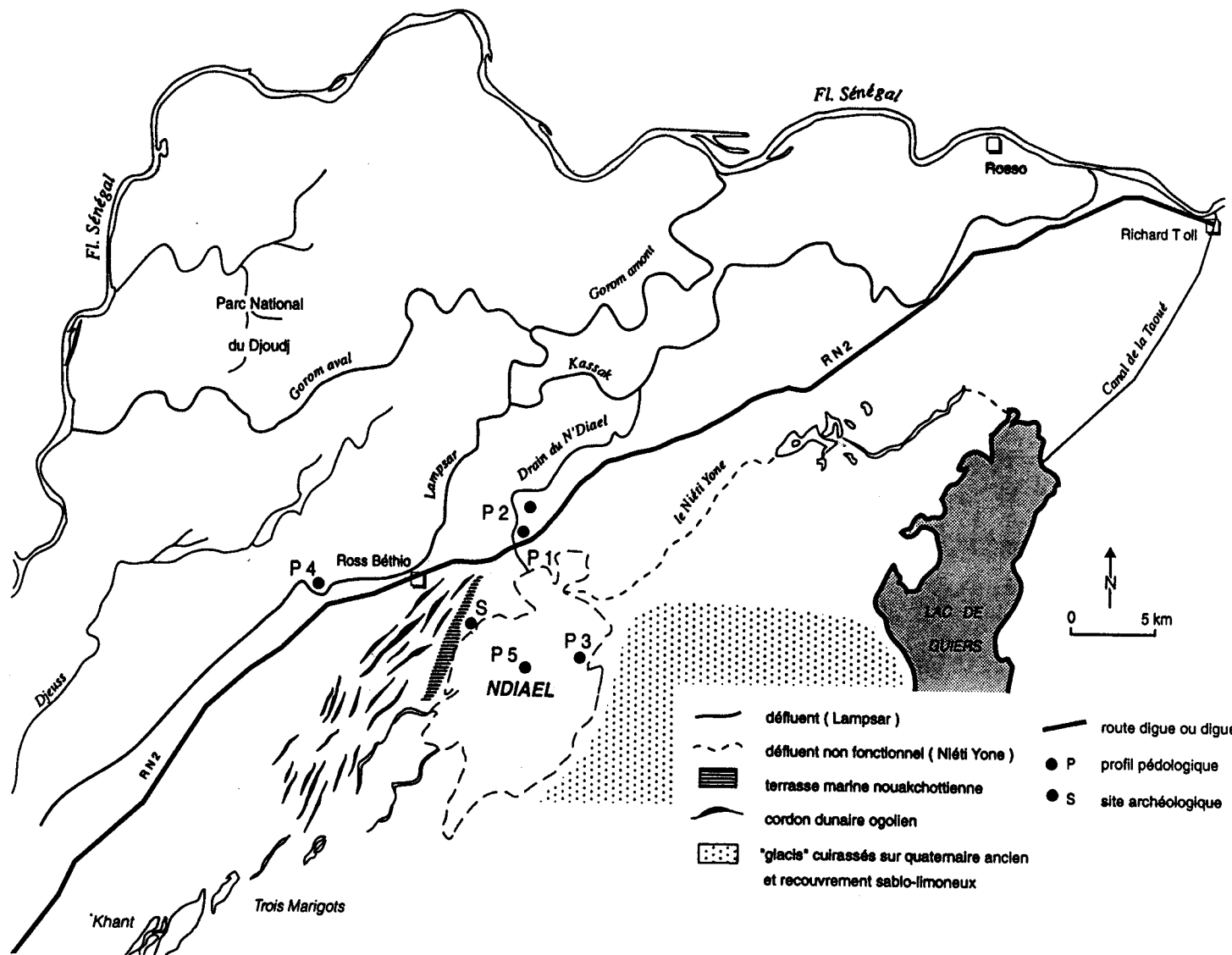


Figure 2 : Le Ndiael et son environnement hydromorphologique. Localisation des coupes et du site archéologique.

Impressionnante d'uniformité, écrasée de chaleur, domaine des mirages ou noyée dans les tourbillons de poussières en saison sèche, cette unité constitue aujourd'hui une véritable enclave désertique en milieu sahélien (photo 1). Pourtant, il n'en a pas toujours été ainsi, à l'échelle des temps longs (Holocène) bien sûr, mais aussi durant les dernières décennies puisque nous verrons qu'un fonctionnement hydrologique spécifique, lié au régime de crue naturelle du fleuve Sénégal, s'est perpétué jusqu'à la fin des années cinquante. A cette date, pour maîtriser ce milieu deltaïque et se protéger des débordements, l'homme a condamné par des endiguements ce type de cuvette à l'assèchement. Aujourd'hui, à l'heure d'une crue artificialisée, après la construction des barrages de Diama et de Manantali, on peut envisager de réhabiliter l'écosystème ancien. Il paraît donc opportun de distinguer chronologiquement trois phases dans l'étude de la cuvette et de ses marges :

- l'une, ancienne, relative à un fonctionnement strictement naturel ;

- la suivante, sub-actuelle puis actuelle, où cet écosystème traditionnellement exploité est brutalement perturbé par un assèchement d'origine tout à la fois climatique, mais surtout anthropique ;

- enfin, une troisième phase, celle du futur proche, durant laquelle l'homme pourra probablement davantage maîtriser le milieu tout en prenant le risque d'induire de nouvelles déstabilisations, en particulier sur les plans sanitaire et socio-économique.

I. LE NDIAEL ANCIEN ET SES MARGES AU QUATERNAIRE RÉCENT

A. Les grandes étapes de l'évolution paléogéomorphologique

Il est hors de notre propos de retracer ici de manière détaillée l'évolution paléogéomorphologique de l'ensemble du delta, remarquablement étudiée par plusieurs auteurs, notamment TRICART

(1961), MICHEL *et al.* (1968), MICHEL (1973), FAURE *et al.* (1977), SALL (1982) et, plus récemment, MONTEILLET (1988), qui en a fait la synthèse la plus complète.

Nous nous contentons, dans un premier temps, d'en rappeler les grandes lignes, principalement pendant l'Holocène, puis de proposer quelques jalons supplémentaires pour la reconstitution de cette évolution de la plaine deltaïque, en particulier sur sa marge méridionale, à proximité de Ross Béthio et de la cuvette du Ndiael (fig. 1). Alors que les données et notamment les datations sont les plus nombreuses dans l'axe du delta, à proximité du fleuve, cette marge méridionale offre en revanche un des rares indicateurs de la période quaternaire pré-deltaïque.

- * C'est dans le Ndiael en effet que l'on observe une série marine "émienne" sous forme d'un niveau décimétrique d'huitres (*Crassostrea gasar*) reposant sur des argiles latéritiques plio-quaternaires. Ces huitres observées au niveau du profil P3 (fig. 2), ont été datées à l'Uranium-Thorium. Leur âge est probablement de l'ordre de $105\ 000 \pm 8\ 000$ ans BP (GAVEN, 1983 ; MONTEILLET, 1988). Leur datation reprise au C¹⁴ (Ly-5694), ne nous permet que de confirmer leur âge très ancien, supérieur à 28 000 ans.

- * Cette série est coiffée à l'ouest du Ndiael (fig. 2) par des dunes mises en place au cours d'une phase aride anté-holocène (20 000 à 13-12 000 ans), qualifiée "d'Ogolien". Ces cordons dunaires, d'orientation NNE-SSW, formés de sables quartzeux très bien triés par le vent, avec une forte prédominance de sables fins (mode entre 0,15 et 0,20 mm), constituent ici l'extrémité septentrionale de l'erg du Cayor (TRICART, 1961).

- * A partir de 12 000 BP, une phase humide permet la fixation des dunes ogoliennes et leur rubéfaction, d'où le nom de "dunes rouges". Le fleuve Sénégal et ses défluent (Lampsar par exemple), grossis dès lors par les crues, traversent les dunes en épandant les sables éoliens.

- * L'élévation du niveau marin commence selon J. MONTEILLET aux environs de 8 600 BP, les rives des chenaux deltaïques étant colonisées par une mangrove à partir de 8 500 BP.

La mer atteint et dépasse son niveau actuel vers 5 500 BP (DIOP, 1990 ; ANTHONY, 1990). Durant cette phase dite nouakchottienne, la transgression marine va envahir tout le delta actuel et au-delà former une vaste ria, remontant jusqu'à Bogué, à 230 km de la côte (MICHEL et ASSEMIEN, 1969).

Dans notre secteur d'étude, sur la rive occidentale du Ndiael, le contact entre la dune ogolienne et la cuvette est caractérisé par l'existence d'une terrasse marine très nette (fig. 2), qui peut être rapportée à ce haut niveau marin nouakchottien.

Il faut souligner que cette terrasse marine, légèrement inclinée vers la cuvette entre les cotes +2 (approximativement) et +0,80 m, est en revanche peu nette ou absente sur l'autre bordure (nord-ouest) du cordon dunaire et qu'elle n'avait été décrite sur cette marge du delta que plus au sud (Khant, Nguiné, Ndiasséou) (MICHEL, 1973). Ce liseré de terrasse marine, incisé par des ruissellements sporadiques et remanié par le vent, hérissé de racines de palétuviers ferruginisées (iron-pipes), est de texture sablo-argileuse (sables : 82 % [dont 66 % de sables fins] et 15 % d'argile), de couleur ocre bien reconnaissable.

* Durant la phase post-nouakchottienne, les cordons littoraux réalisent toutefois, sur le front du delta, une fermeture plus ou moins complète de la ria, qui évolue suivant les périodes en une lagune plus ou moins salée, la dessalure étant marquée par un gastéropode fossile *Pachymelania aurita*, souvent présent dans la couche sommitale des sables nouakchottiens (ROSSO, ELOUARD et MONTEILLET, 1977). Les phases lagunaires à sédimentation fine (vase) ou organique (tourbe) alternent avec des phases marines, à sédimentation plus sableuse. A cette variabilité de la sédimentation dans le temps s'ajoute évidemment une variabilité dans l'espace soulignée par J. Monteillet et que l'on vérifiera le long du drain du Ndiael : "la plaine deltaïque holocène présentant en général une sédimentation à dominante vaseuse de marécages ou de chenaux interbras et plus sableuse près des chenaux distributaires".

Près de notre secteur d'étude, dans les cuvettes proches du Lampsar, la sédimentation est surtout sableuse, provenant des sables ogoliens, avec une

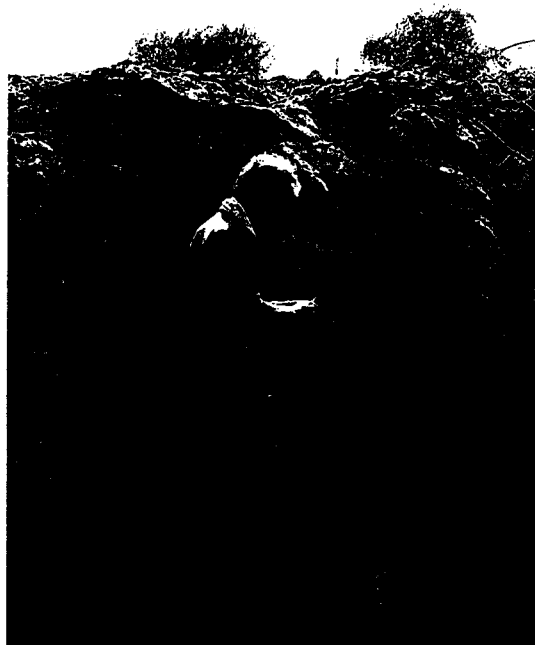


Photo 2 : La tourbe du marigot du Ndiael (Profil P1). Epaisseurs métriques de la tourbe et du remblai sableux sus-jacent.

fraction argileuse peu importante (LE BRUSQ, 1980). LE BRUSQ relève aussi l'existence d'un niveau tourbeux sous 110 cm de sables nouakchottiens, dans la cuvette de Tilène, à 4 km à l'ouest de Ross Béthio (P4, fig. 3).

Sur l'autre versant (au sud-est) du cordon dunaire, à un peu plus de 5 km au sud-est de Ross Béthio, la tourbe est également présente dans le Ndiael proprement dit ou du moins des niveaux argilo-sableux, riches en matière organique. Un échantillon (P5, fig. 3) prélevé par KALCK (1978) à proximité du centre de la grande dépression (16° 12' N, 16° 03' W), entre 5,30 et 5,50 m de profondeur, à la limite entre le sédiment marin inférieur et le sédiment de mangrove, a été daté. Son âge radiométrique est de $3\,950 \pm 110$ ans (KALCK, 1978). La superposition sédimentaire

tourbe-sables, que nous avons observée au nord-est de Ross Béthio et qui est étudiée ci-dessous, correspond apparemment à celle décrite par LE BRUSQ.

B. De nouveaux indicateurs : les coupes du marigot du Ndiael

C'est à 5 km au nord-est de Ross Béthio (fig. 2), dans le marigot du Ndiael, transformé en canal de drainage des périmètres de Grande Digue Tellel et de Kassak Nord et Sud, qu'a été observé dès juin 1990, un gisement de tourbe, puissant — au moins localement — d'un mètre d'épaisseur et d'une longueur pluri-kilométrique, sur un axe orienté nord-sud (photo 2). Deux coupes (fig. 3) ont été étudiées de manière détaillée : l'une (P1) sur la berge du chenal approfondi, l'autre (P2) à 400 m au nord et à une centaine de mètres environ du marigot (fig. 2). Cette tourbe a donné lieu à des levés topométriques, des analyses radiométriques et polliniques. Quant aux sables surmontant la tourbe, ils ont fait l'objet d'examen morphoscopiques et exoscopiques. Ces informations peuvent être d'autant plus utiles que nous sommes là sur une marge du delta, où l'on dispose de données moins nombreuses que dans son axe, à proximité du fleuve.

1. Les données radiométriques et topométriques

Un premier échantillon, prélevé sans référence altimétrique, a été daté de 6 365 ans \pm 80 BP (Ly-5313). Le gisement a été situé ultérieurement dans le nivellement général (rattachement à la borne "Bouette" n° 682, cote + 1,207 m) et les deux profils P1 et P2 (fig. 3) ont été levés de manière détaillée, dans un repérage altimétrique absolu. Le toit de la tourbe, malgré quelques ondulations apparentes sur la coupe à hauteur de P1, est à la même cote absolue -1,10 m, sur les deux coupes P1 et P2.

Après un carottage partiel de la tourbe, sur une tranche de 43 cm d'épaisseur, une datation de deux échantillons, pris aux deux extrémités, a été effectuée. Malheureusement, les résultats sont décevants dans la mesure où l'échantillon situé tout à fait au toit de la tourbe est daté plus ancien (Ly-5800 : 7 280 \pm 460 BP) que le second situé en

profondeur (Ly-5799 : 6 450 \pm 150 BP). Compte tenu toutefois de l'imprécision de mesure de l'échantillon sommital, riche en sable, et de la similitude des datations pour deux des trois échantillons (Ly-5313 : 6 365 ans \pm 80 BP et Ly-5799 : 6 450 ans \pm 150 BP), il est permis de supposer que l'âge de cette tourbe est compris entre 6 600 et 6 300 ans BP.

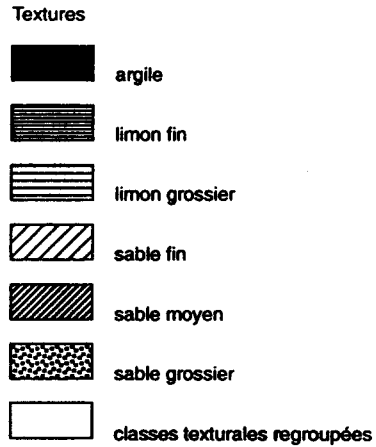
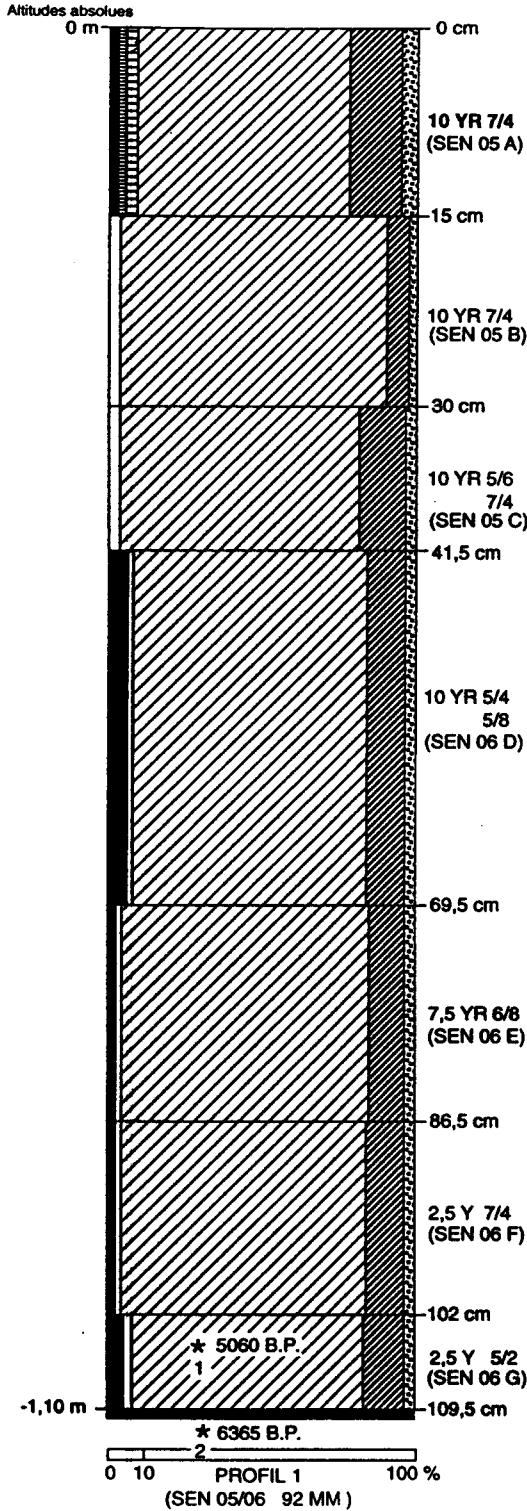
Une dernière datation de 5 060 ans \pm 110 BP (UTC-2361) a été obtenue par la méthode A.M.S. de spectrométrie de masse sur un résidu organique de 2 mg environ, prélevé dans les sables entre 5,5 et 6,5 cm au-dessus de la tourbe (fig. 3).

2. Les données palynologiques¹

L'analyse pollinique de la carotte, à raison d'un prélèvement tous les deux centimètres, permet d'affirmer qu'il s'agit d'une tourbe de mangrove, le sédiment contenant essentiellement des grains de *Rhizophora* (approximativement 90 %). À côté apparaissent quelques *Poaceae* et d'autres taxons. Les seules formes marines sont de rares loges de foraminifères. Une telle composition évoque une mangrove de lagune et non pas d'estuaire. L'analyse pollinique des carottes de sédiments (Profil P1, fig. 3) surmontant la tourbe a montré que dans les échantillons prélevés à 15-25 mm et 55-65 mm de la base (autrement dit : au-dessus de la tourbe), il y a encore 70 à 85 % de *Rhizophora* (type *R. racemosa*) mais les spectres portent la marque d'une ouverture vers un faciès de plage (*Poaceae*, *Cyperaceae*, *Chenopodiaceae*, *Typha*). Cependant, le pourcentage de *Rhizophora* reste élevé ce qui tend à prouver que, malgré un changement majeur de la sédimentation, la mangrove persiste toujours. Il n'y a pas de formes marines.

3. Les données granulométriques, morphoscopiques et exoscopiques

Du point de vue textural, le profil P1 (fig. 3) offre une grande homogénéité, sur une hauteur d'un mètre. Les sables sont largement prépondérants et très bien triés (fig. 4) puisque les sables fins représentent à eux seuls 70 à 85 % du matériel, le mode correspondant généralement à la classe 0,125-0,160 mm. Seules particularités : l'horizon de surface incorpore davantage de sables moyens (18,5 %) que les autres niveaux tandis que SEN



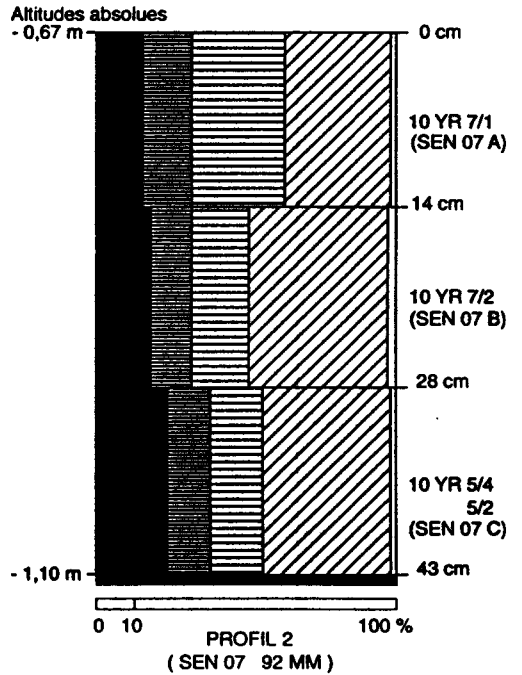
Couleur (à sec)

10 YR 7/4 références de la charte Munsell

* échantillons datés

1: Van der Borg - Utrecht

2: Evin - Lyon



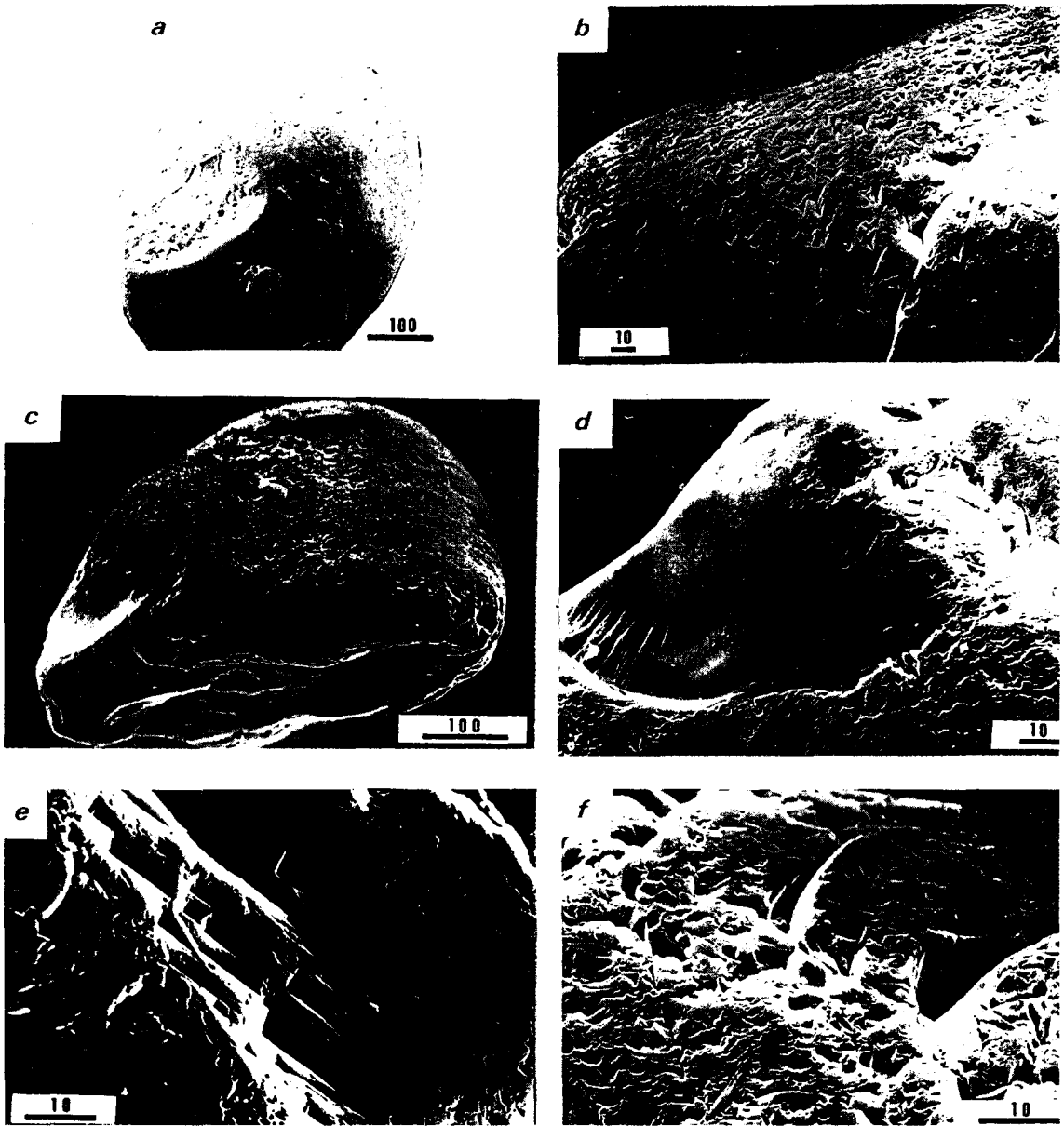


Photo 3 : Exoscopie au MEB des sables supérieurs du profil P1 (Ndiael). Fraction 26 (0,315 mm) - Echelle en microns. (clichés M. DUBAR - CNRS Sophia Antipolis).

- a. Grain émoussé luisant typique.
- b. Le poli recouvre de nombreux impacts éoliens.
- c. Le poli propre, qui s'est formé sur la cassure et qui affecte aussi la partie supérieure du grain, est caractéristique du milieu infratidal.
- d. Impact de forte énergie d'origine tidale.
- e. Figures géométriques de dissolution.
- f. Croissants de chocs éoliens.

Si le niveau marin est à cette date, comme on l'a vu, à environ $-1 \pm 0,50$ m, la tranche d'eau aurait été trop profonde dans le Ndiael pour que la mangrove soit présente, sinon sur les marges de la dépression. Ce n'est que plus tard, au moment de la régression, que ce golfe se transforme en lagune où la tourbe peut sédimenter (ca 4 000 BP). Durant les phases sèches, cette tourbe évolue ensuite en sol sulfaté acide, riche à jarosite, que l'on observe aujourd'hui en profondeur (LOYER, 1989). Il est probable que le Ndiael se transforme alors en sebkha avec un régime évaporatoire concentrant les sels en surface.

A partir de -2 000 ou -1 800 BP, le Ndiael passe d'une sédimentation lagunaire à une sédimentation fluvio-deltaïque mais sous la seule forme, dans cette grande cuvette marginale, de dépôts très fins. A l'inverse, dans l'axe du delta ou du moins à proximité des chenaux, des dépôts de sables peuvent prévaloir. La variabilité spatiale de la sédimentation fluvio-deltaïque, bien soulignée par J. MONTEILLET, est une nouvelle fois mise en évidence. Ce type de sédimentation fine prédomine dans le Ndiael jusqu'à une date récente.

IL LE NDIAEL DU SUB-ACTUEL A L'ACTUEL

A partir de 2 000 ans BP, les crues du fleuve et de ses défluent leur permettent de transporter des sédiments variés. Dans les cuvettes de décantation les plus basses comme le Ndiael, les dépôts fins prédominent : les coupes (KALCK, 1978) montrent 3,50 m d'argile sableuse, sans trace de matière organique, surmontant le sédiment tourbeux. La cuvette connaît un régime de submersion plus ou moins prolongée suivant l'importance de la crue. Sans entrer dans le détail des oscillations, le climat prend progressivement ses caractères actuels (MICHEL, 1973), avec une faible pulsation vers l'humide au Moyen-Age, relevée en Mauritanie et à laquelle correspond, semble-t-il, une phase d'important peuplement, sur la bordure sud-ouest du delta (JOIRE, 1955, *in* MICHEL, 1973).

1. Une occupation humaine médiévale (XIII^{ème} siècle) en bordure du Ndiael

Les reconnaissances détaillées de la cuvette, effectuées lors de levés topométriques, nous ont permis, pour notre part, de découvrir un site

d'occupation sur la terrasse marine nouakchottienne, au pied du cordon ogolien (fig. 2 et photo 1). Ce site est donc perché à 1 m environ au-dessus de la dépression (fig. 6). Il apparaît comme une micro-butte allongée, séparée du reste de la terrasse par une incision liée aux ruissellements occasionnels et surtout érodée en surface par le vent. Cette dernière génère des stries dans le sens NE/SW des vents efficaces. Le matériel recueilli est lui-même usé par cette déflation mais protège le sol au point que ces objets sont quelque peu en relief par rapport à la surface environnante.

Aucune fouille systématique n'a été opérée à ce jour, mais les premières reconnaissances en surface ont permis d'identifier, sur une surface de 10 m² environ, plusieurs types d'outils ou matériaux : des tessons de poteries, des pesons de filet ou fusaïoles en argile cuite (photo 4), un outil métallique, des fragments d'os.

1) Les tessons de poteries nombreux et épars, de dimension pluri-centimétrique dans leur grand axe, d'épaisseur de l'ordre du demi-centimètre, sont de couleur rouge ou noire, le plus souvent décorés par des cannelures. Ces dernières sont plus régulières et plus apparentes dans la céramique noire, où les rainures se recoupent parfois perpendiculairement. L'un des tessons rouges a été daté de 750 ± 67 BP (Ly-5602).

2) Les pesons ou fusaïoles, en argile rouge, au nombre d'une dizaine, ont tous été repérés dans un même secteur du site, au plus près de la cuvette. Ces outils sont bien conservés dans leur géométrie biconique tronquée, même si leur surface est usée par le vent. Aucune trace de décor n'est apparente. Leur grand axe mesure 3,5 cm tandis que le diamètre de la perforation varie de 0,7 à 1 cm. Ces outils sont assez identiques à ceux décrits par CHAVANE (1985) sur les sites d'Ogo ou de Tiéhel (Guédé), par THILMANS et RAVISE (1980) à Sintiou Bara, dans les moyenne et la basse vallées du fleuve Sénégal. Fusaïoles ou poids de filet, il n'est pas possible au non-spécialiste de trancher à propos de cette question souvent discutée (THILMANS et RAVISE, 1980, p. 109), mais le site en bordure de la cuvette ferait plutôt penser à des pesons⁵, en liaison avec une pratique de la pêche.

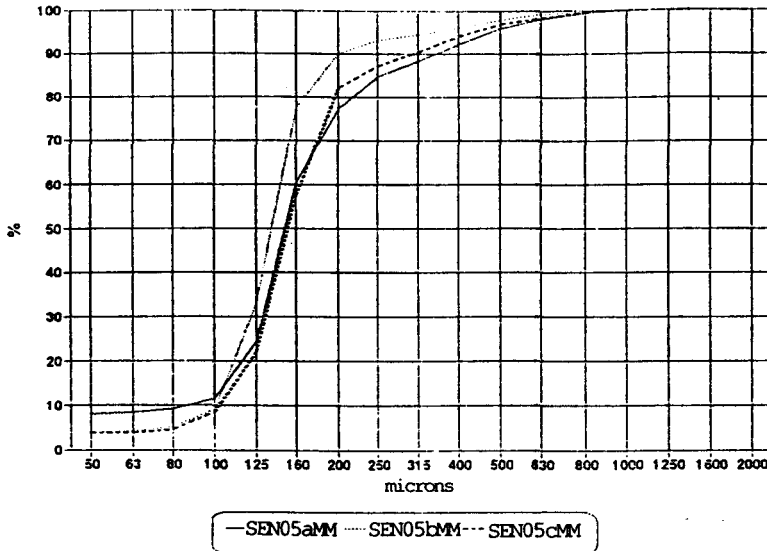


Figure 4 :
Courbes
granulométriques
(échantillons SEN
05 A, B, C - profil
P1).

3) Le reste du matériel n'a pu donner lieu à une analyse détaillée. Il s'agit de fragments osseux non encore analysés et aussi d'un outil métallique (11 cm de longueur, largeur maximale de 4 cm), non identifiable à cause d'une dégradation par oxydation, mais ressemblant à un fer de lance ou à un couteau (BOCOUM, GUILLOT et FLUZIN, 1988).

Au total, il semble bien que l'on ait là les vestiges d'une occupation humaine au moins médiévale, occupation temporaire ou permanente, en bordure d'une cuvette ennoyée, où la pêche pouvait représenter une activité essentielle, comme elle l'est encore, d'après nos enquêtes, au début du XX^{ème} siècle.

2. L'assèchement récent du Ndiael

Jusqu'aux années cinquante, la cuvette du Ndiael est ennoyée de manière pérenne, même si la surface en eau varie effectivement de 10 000 à 30 000 hectares entre saison sèche et saison humide (DE NAUROIS, 1963). Dans les années trente, les pêcheurs circulent en barque, le long du chenal du Nieti Yone, au moment de la crue, entre la cuvette et le lac de Guiers distants d'une trentaine de kilomètres (fig. 2). En 1950 encore, lors d'une crue particulièrement importante, la

localité de Ross Béthio, ayant délaissé son site primitif sur la dune et récemment installée sur son emplacement actuel, est entièrement submergée, prise entre les eaux du Ndiael et celles du fleuve. A cette époque, le Ndiael offre un environnement comparable à celui du Parc National du Djoudj aujourd'hui (fig. 2). Il est riche d'une population animale nombreuse et diverse, en particulier pour l'avifaune, dont les effectifs par espèce (pélicans, canards, sarcelles, flamants, cigognes, ibis, spatules, barges, glaréoles...) sont recensés par milliers (MOREL et ROUX, 1973). Ce lac offre alors des ressources en eau plus ou moins saumâtre et des poissons aux populations environnantes, notamment les pasteurs.

Le fonctionnement hydrologique du Ndiael est une autre particularité en ce sens que le remplissage se fait principalement par l'amont, par le chenal du Nieti Yone déversant à partir du lac de Guiers, l'eau étant évacuée par les Trois Marigots au sud-ouest. Mais, suivant les modalités de la crue et le niveau marin, le remplissage peut aussi se faire par l'aval et le Marigot de Menguéye.

Durant la décennie 1950-1959, les travaux de construction de la route-digue reliant St. Louis à Richard Toll viennent s'ajouter à ceux ayant

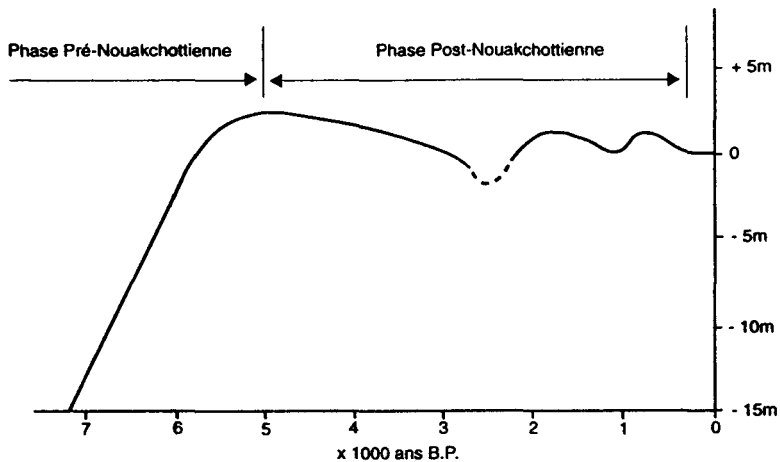


Figure 5 : Une courbe eustatique holocène établie à partir de divers travaux en Afrique de l'Ouest (d'après ANTHONY, 1990).

obstrué la brèche du Niéti Yone sur la rive du lac de Guiers, partiellement en 1951 puis définitivement en 1956. Toute alimentation significative est dès lors impossible par les chenaux du nord. C'est alors l'assèchement définitif, qui intervient selon les témoignages à partir de la fin des années cinquante ou au début des années soixante. La transformation de l'écosystème est d'autant plus brutale et radicale que la péjoration du climat vient à son tour, à partir de la fin des années soixante, limiter les apports météoriques d'eaux pluviales et de ruissellement.

La baisse des précipitations est en effet très marquée, particulièrement manifeste sur les stations anciennes de St Louis et de Podor, où les pluviométries moyennes annuelles passent respectivement de 398 mm et 317 mm dans l'intervalle 1902-1969 à 213 mm et 178 mm pour la période récente 1970-1987. Dans ce climat sahélien, voire saharosahélien, où la demande évaporatoire est dix fois plus importante que les apports, les variations inter-annuelles sont extrêmement marquées, y compris durant la phase sèche récente. Ainsi, à Richard Toll, entre 1976 et 1989, l'indice de variation est-il de 11,7 avec un maximum de 406,1 mm en 1978 et 34,7 mm en 1983 ! Durant cette même période de référence, aucun mois ne reçoit plus de 100 mm, y compris août le plus arrosé, dont le minimum absolu est de 22,6 mm en 1983.

Cette interaction entre perturbations anthropiques et climatiques se marque sur le terrain de la manière suivante : les paléo-chenaux du delta, qui

ne sont plus ou que très peu alimentés, voient leurs galeries arborées progressivement dépérir, d'autant que les éleveurs y pratiquent l'élagage pour leurs troupeaux. Sous le vent des grandes plaques de sols nus qui parsèment la plaine deltaïque, les sables fins (SEN017MM : 86 % de sables fins, 7 % de limons grossiers, 2 % de limons fins, 5 % d'argile) submergent progressivement les galeries, envahissent ponctuellement les anciens chenaux, constituent des bouchons, qui sont autant de discontinuités irréversibles vis-à-vis d'éventuelles reprises d'écoulements. Dans l'angle nord de la cuvette du Ndiael, des champs de nebkhas font leur apparition.

C'est cette situation de dégradation de l'écosystème deltaïque à laquelle l'homme est aujourd'hui confronté. Il en est à nos yeux le principal responsable par ses travaux de construction de digues et de routes-digues ; en tout cas le premier dans le temps puisque ces aménagements interviennent avant la sécheresse. Mais l'homme est aussi aujourd'hui capable de corriger ses propres erreurs et de restaurer, au moins partiellement, l'écosystème ancien.

III. LE NDIAEL DEMAIN

La construction récente de deux barrages dans le bassin du fleuve Sénégal, le barrage anti-sel de Diama à l'aval et le barrage de retenue de Manantali sur le Bafing, ouvre la voie à bon nombre de réalisations du fait de l'artificialisation

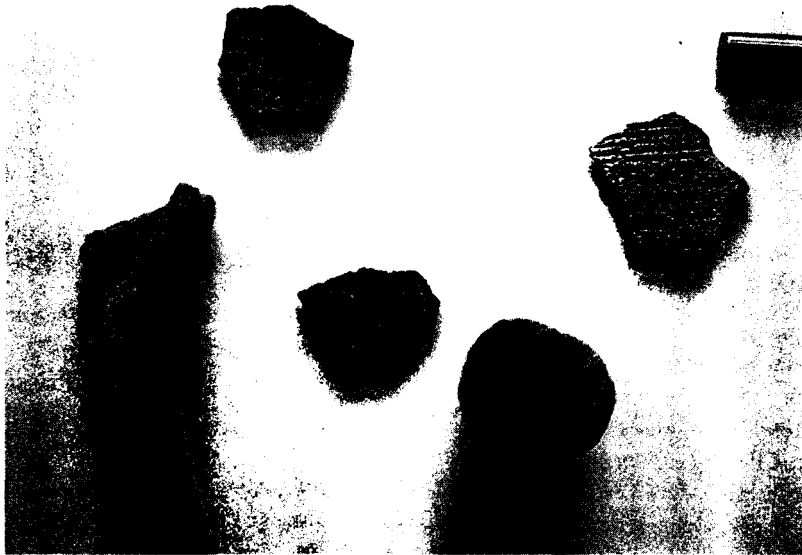


Photo 4 :
Fragments de
poteries
 (XIII^{ème} siècle) et
pesons (ou
 fusaïoles). Site
 historique en
 bordure du Ndiael.

de la crue et du stockage d'eau douce. Parmi les possibles opérations se dessine aujourd'hui un projet de remise en eau du Ndiael, qui a nécessité une étude d'impact détaillée (MIETTON et HUMBERT, 1991 et 1993), dont on ne rappelle ici que les principaux aspects techniques et socio-économiques, en soulignant leurs interrelations.

Premier constat majeur : la remise en eau du Ndiael est réalisable techniquement. Du moins est-elle envisageable dans un scénario d'ennoiement limité à la sebkha proprement dite, s'étendant sur une centaine de km² (96 km² pour une cote du plan d'eau à +1 m). Cela nécessite d'importer un volume d'eau certes variable, suivant les scénarios de gestion et la cote maximale retenue, mais compris entre 100 et 200 millions de m³ environ ⁶. A titre d'exemple, dans le cas d'une mise en eau permanente, l'apport global est de 202 x 10⁶ m³ (extrême de juillet : 40,8 x 10⁶ m³ pour une cote maximale de +0,92 m) (fig. 7). L'échelonnement des apports est calculé en prenant également en compte une gratuité de l'eau limitée à la seule période de mi-août à mi-octobre.

La création de ce plan d'eau suppose d'autre part que la cuvette du Ndiael soit "fermée" : principalement au sud pour éviter les fuites vers les Trois Marigots mais aussi au nord pour la couper du drain du Ndiael, qui sert de débouché

aux eaux usées des périmètres de Kassak et de Grande Digue. En fait, un ouvrage hydraulique au sud-ouest sera nécessaire pour assurer une vidange occasionnelle, en cas de salinisation. La revanche entre la crête des digues et les plus hautes eaux doit être d'au moins 1 m, compte tenu du batillage. Il faut envisager de véritables digues à matériaux compactés, qui tiendront lieu en même temps de pistes, contournant au plus près le plan d'eau. Ainsi d'une réalisation purement technique fera-t-on un atout en terme socio-économique. L'obstacle physique, que représente le lac dans le réseau des voies de communications habituelles, sera immédiatement levé.

L'eau disponible, douce désormais, est celle retenue par le barrage de Diama, qui fonctionne dès maintenant à la cote +1,50 m, déversée dans le lac de Guiers puis pour partie vers le Ndiael, par le chenal naturel du Nieti Yone. Toutefois, la dynamique d'écoulement de cet ancien défluent ne s'apparentera pas à celle des crues d'autrefois, ni par les volumes mis en jeu, ni par leurs vitesses d'écoulement, en particulier à cause de l'endiguement du lac de Guiers. Le fonctionnement hydraulique de ce canal nécessitera d'importants travaux d'aménagement limitant au maximum les pertes sur les 30 km de son parcours. Par ailleurs, le canal doit être désobstrué des différents

bouchons sableux poussés par le vent lors de la période de sécheresse récente. Au budget d'aménagement initial couvrant les frais de terrassement et de génie civil, il est donc impératif d'associer un budget d'entretien permettant d'assurer un nettoyage régulier du canal lui-même et aussi le boisement de ses rives (en particulier la rive nord !). Aux avantages hydraulique et financier liés à un meilleur écoulement s'ajoute d'ailleurs un intérêt sanitaire au moins aussi important.

Mais le coût de cette opération sera élevé. Inscrite dans la programmation des aménagements dits structurants du Plan Directeur d'Aménagement de Rive Gauche pour la phase 1994-2000, elle est évaluée à 1 100 millions de francs CFA (22 millions de francs). Ce montant représente plus de 55 % des dépenses programmées dans le département de Dagana, plus de 35 % des dépenses sur l'ensemble de la rive gauche sénégalaise pour cette période, ou encore 7 % du coût total des aménagements pour l'ensemble de la planification (1990-2015). Reprenant notre étude mais la complétant en termes financiers, la Direction du Génie Rural et de l'Hydraulique (1992) à Dakar a établi un devis estimatif du coût des travaux. Ce dernier s'élève encore, suivant les options, à un montant compris entre 740 et 875 millions de francs CFA.

En raison de ces coûts et aussi pour assurer une cohérence du projet dans le long terme, cette remise en eau du Ndiael ne peut pas s'inscrire en

dehors d'un schéma de gestion hydraulique régional, à l'échelle du delta, et même national. L'eau est certes disponible aujourd'hui mais les besoins iront croissant (alimentation de la ville de Dakar, irrigation). L'assurance d'une alimentation durable doit être acquise auprès de l'O.M.V.S⁷, matérialisée par la signature de contrats entre l'Office et un Conseil de gestion et de suivi du Ndiael, dont la création rapide est une nécessité.

D'autre part, le choix du tracé d'adduction doit prendre en compte non seulement les solutions techniques actuelles mais aussi celles qui pourraient naître d'autres travaux programmés dans le P.D.R.G. (Plan directeur de développement intégré pour la rive gauche de la vallée du fleuve Sénégal). En clair, l'amenée par le Nieti Yone, qui est la seule possible en l'état, ne se justifie que si la remise en eau doit être réalisée très rapidement. Si l'on accepte les délais qui sont d'ailleurs ceux affichés dans le P.D.R.G., l'amélioration de l'alimentation sur l'axe Gorom aval-Lampsar (phase 1990-1993), voire sur le Gorom-amont (phase 1994-2000), devrait permettre de reconsidérer l'hypothèse d'une amenée par des chenaux beaucoup plus courts au nord du Ndiael (Bombol ou drain du Ndiael, fig. 2). Cette solution serait moins coûteuse et les bénéfices consécutifs pourraient être avantageusement utilisés ailleurs, comme nous le verrons.

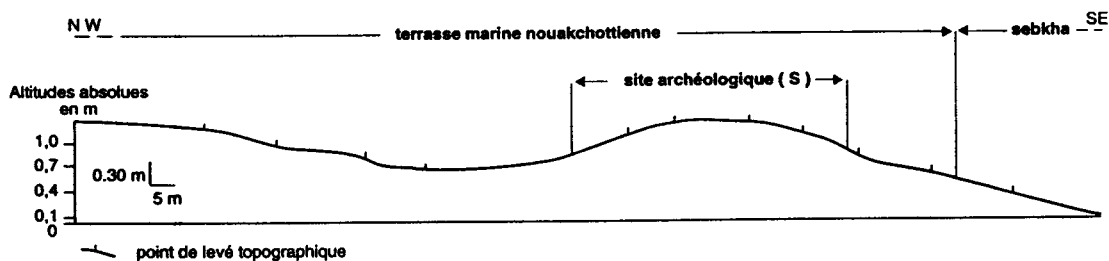


Figure 6 - Localisation du site archéologique sur la terrasse nouakchottienne, au contact de la sebkha.

Autre constat essentiel : cette remise en eau du Ndiael est vivement souhaitée par la population environnante. Mais la difficulté réside dans la définition des objectifs attachés à cet aménagement. Les bénéfices attendus par les différents partenaires ne sont pas identiques. Ils n'ont pas forcément le même caractère d'urgence et surtout ne s'inscrivent pas dans une même perspective territoriale. Il peut y avoir des oppositions :

- à l'intérieur de la population locale elle-même, entre groupes socio-professionnels en concurrence pour une utilisation directe de l'eau (pasteurs, agriculteurs, pêcheurs) ;

- entre la population et les administrations nationales des Parcs et des Eaux et Forêts (auxquelles on ajoute les chasseurs et les touristes), qui tirent un profit indirect du plan d'eau, y compris à grande distance ;

- entre les défenseurs de la nature et des aménageurs pour qui le Ndiael n'est qu'un élément parmi d'autres dans un schéma d'aménagement régional.

La problématique n'est pas nouvelle. Dans le cas présent, nous avons acquis la conviction qu'on ne doit renoncer à aucun des deux objectifs de préservation de la nature et de développement économique et qu'en conséquence un compromis est nécessaire, sous la forme d'un partage de l'espace. Ce partage, qui suppose une redéfinition du foncier et de la réserve du Ndiael ne doit pas être entendu comme un cloisonnement. Des zones-tampons pourraient se placer entre chaque secteur à vocation spécifique ainsi qu'à leur périphérie. Cette division ne serait pas non plus fixée de manière définitive dans le temps mais serait susceptible d'être révisée par le Conseil de gestion et de suivi, en fonction des enseignements des premières années. Ce "temps d'apprentissage" correspondrait à une gestion transitoire, suivant un scénario hydrologique avec assèchement temporaire. Ce choix permettrait d'appréhender de manière plus progressive les risques sanitaires et éviterait aussi un afflux de population trop brutal.

En arrière d'un plan d'eau dont le périmètre aura une longueur maximale d'une trentaine de kilomètres, l'aménagement — aussi intégré que possible — pourrait s'articuler ainsi :

- L'extrême nord du Ndiael, formant une sorte d'appendice éloigné de la sebkha mais à proximité immédiate de la route RN 2, serait attribué aux agriculteurs. Il s'agit là de terres irrigables, particulièrement bien placées aussi par rapport à un canal d'amenée par le nord ou même par rapport à une courte dérivation du Niéti Yone, facile à envisager. Mille à trois mille hectares seraient consacrés à la riziculture, au maïs ou aux cultures maraîchères. Cette zone tournerait d'autant plus le dos au Ndiael proprement dit qu'elle en serait coupée par un rideau de brise-vents faisant écran face au flux dominant de nord-est (MIETTON et HUMBERT, 1991).

- Le secteur nord-est, au débouché du Niéti Yone, serait réservé aux pasteurs, qui auraient accès au plan d'eau sur un "front" de 5 km au moins. L'intérêt serait d'être ici en contact avec les terres de l'intérieur, en direction du lac de Guiers, dans une zone où des éleveurs sont déjà présents. Mais ce secteur serait aussi facilement accessible pour les pasteurs sédentarisés plus proches de Ross Béthio, à condition que la "piste-digue" soit réalisée, de même que le pont à l'extrémité du chenal du Niéti Yone. Ces Peuls habitant sur les terres peu productives du cordon dunaire pourraient être ici les initiateurs des cultures fourragères, avec l'aide d'un conseiller pour l'élevage et l'environnement.

- L'essentiel de la rive est, sur 10 km de longueur, constituerait le cœur d'une réserve d'avifaune, dans une zone éloignée de tout habitat, où les sols sont peu ou pas cultivables du fait de l'existence d'une cuirasse ferrugineuse sub-affleurante. Tout au plus, une activité de sylviculture pourrait-elle être envisagée dans une zone-tampon périphérique mais cette rive du lac, où la végétation s'est le mieux maintenue aujourd'hui, serait une aire de repos pour les oiseaux. Ce domaine se prolongerait en rive sud, dans un secteur davantage fréquenté toutefois le long de la "piste-digue" contournant le lac par le sud.

- Enfin, la rive ouest au pied des dunes pourrait être vouée elle-aussi à des cultures maraîchères et fruitières, profitant de la proximité de Ross Béthio, ou encore à des cultures vivrières, tel le niébé riche en protéines. La dune elle-même ferait

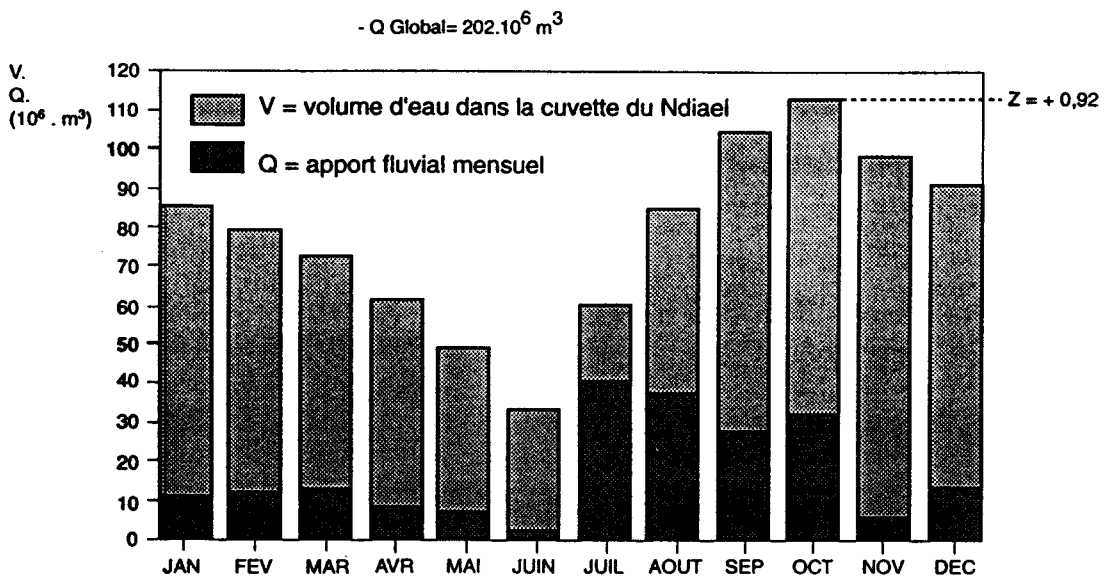


Figure 1. Variations mensuelles du volume d'eau dans la cuvette (V) et de l'apport fluvial (Q) au lac Ndiael. Le plan d'eau maximal est fixé à une cote maximale de 102,92 m.

l'objet d'un boisement plus dense, n'empiétant pas sur l'espace cultivable, jouant un rôle de brise-vents par rapport aux directions de nord-ouest et fixant un sol par endroits dangereusement raviné.

Les avantages de ce plan, tracé ici dans ses grandes lignes mais qu'il est évidemment possible de préciser en accord avec tous les partenaires, tiennent au fait qu'il tire parti des oppositions ou des nuances révélées à l'examen du cadre géographique, aussi bien dans ses caractéristiques morphopédologiques qu'humaines.

Ce plan n'exclut personne. Dans le même temps, il sépare au maximum les activités les plus difficilement conciliables. Ainsi, le domaine culturel et la réserve sont-ils diamétralement opposés dans la cuvette ; le premier étant tout proche des voies de communication tandis que la seconde est beaucoup plus difficilement accessible. Une large place est faite aux pasteurs, qui peuvent

accéder au plan d'eau sans avoir à traverser un seul champ du *oualo*. Les pêcheurs développeront leur activité à partir du moment où l'enneigement sera permanent. La réussite de ce projet tiendra beaucoup aux mesures d'accompagnement. Celles-ci paraissent secondaires ou sont parfois oubliées à la fin de grands aménagements. Elles sont en fait déterminantes dans la vie quotidienne et déterminent l'approbation ou non des populations. On a déjà cité la construction des pistes sur les digues. Le forage de quelques puits dans les villages du sud de la cuvette (Tiddem, Diomo) et aussi dans le *diéri* plus proche de Ross Béthio, permettra de limiter les prélèvements dans la cuvette ainsi que les risques sanitaires liés à la consommation d'une eau beaucoup trop tentante pour des populations qui en sont cruellement privées.

Le suivi de la qualité des eaux du lac doit être une des préoccupations du Conseil du Ndiael. Si, comme on l'a préconisé, la cuvette est coupée du

débouché du drain du Ndiael au nord et si, d'autre part, les cultures faisant appel aux pesticides, herbicides et engrais sont limitées aux cuvettes proches de la RN 2, les risques sont minimes. Malheureusement, les perspectives du P.D.R.G. sont pour l'heure très différentes et préoccupantes. En effet, le Ndiael est non seulement inscrit dans un schéma d'adduction (par le Nieti Yone, on l'a vu) mais aussi dans le plan de drainage du delta. Ainsi, cette cuvette est-elle tout à la fois considérée comme un exutoire des eaux de drainage et comme une réserve, où l'eau douce importée aurait un total pouvoir de dilution. Ainsi peut-on lire (G.E.R.S.A.R. *et al.*, 1990) : *"Les décharges vers les dépressions restent admissibles s'il se confirme que la qualité des rejets le permet. Cela concerne essentiellement les trois dépressions de Krankaye, de Noar et de Pardiagne, l'intégration du projet du Nieti Yone devant permettre de régler le problème de la dépression du Ndiael"*. Cette solution, dont on mesure le caractère incertain, n'est évidemment pas satisfaisante. Nous ne pouvons y souscrire même si l'on comprend les contraintes hydrauliques et financières liées à l'aménagement d'un canal-émissaire se confondant avec le Djeuss (fig. 2).

C'est ici l'occasion de reconsidérer les différents scénarios d'amenée d'eau dans la cuvette. En effet, s'il s'avérait possible hydrauliquement d'abandonner le projet du Nieti Yone au profit d'un des chenaux du nord, de substantielles économies seraient probablement faites, qui pourraient être reportées dans le financement d'un canal-émissaire correctement dimensionné.

La gestion multiforme du Ndiael et la confrontation entre différentes priorités exigera, par delà l'examen de nos propositions, une grande volonté de dialogue entre les diverses parties prenantes. Un Conseil de gestion et de suivi du Ndiael, regroupant un (ou deux) représentant(s) des Parcs nationaux, des Eaux et Forêts, des chasseurs, des éleveurs, des agriculteurs, du Conseil Rural, plus éventuellement le Sous-Préfet, devrait être le centre de ces débats. Sa création est d'autant plus nécessaire qu'il serait en charge de plusieurs missions :

- examen critique des projets P.D.R.G. d'adduction et de drainage dans le Ndiael ;
- négociation des contrats avec l'O.M.V.S. ;
- définition détaillée de l'aménagement intégré ;
- choix des scénarios hydrologiques.

Le Ndiael doit pouvoir redevenir une aire de repos pour les oiseaux, complémentaire de celle du Djoudj. Son utilisation dans le même temps par toutes les catégories sociales, avec une priorité donnée aux pasteurs, paraît être une des clés du développement local. Grâce à un heureux partage de l'espace, la protection de la nature et le développement économique sont ici compatibles. Il ne faut pas que les projets d'exhaure, élaborés apparemment loin des préoccupations socio-économiques des riverains du Ndiael et en tenant peu compte de ses potentialités, interdisent à jamais ces perspectives favorables. Outre cette difficulté qui peut être relativement bien cernée, il est d'autres risques sanitaires qu'on se doit de souligner. En particulier, les modalités de diffusion des bilharzioses intestinale et urinaire restent très difficiles à prévoir en raison de la complexité des interrelations entre les facteurs écologiques eux-mêmes (hauteur de la tranche d'eau, température, salinité...), partiellement sous la dépendance des scénarios hydrologiques, ainsi qu'entre facteurs écologiques et distribution de la population dans l'espace.

Dans des milieux en équilibre aussi fragiles du fait de leur situation latitudinale sahélienne, de leur position littorale, de leur diversité morpho-pédologique héritée d'une dynamique complexe, de la pression anthropique partout où l'eau est disponible, chaque aménagement peut avoir des conséquences en chaîne et toutes les interrelations entre des paramètres a priori parfois indépendants doivent être envisagées dans l'instant mais aussi dans leur devenir.

Répondant à une demande sociale, le scientifique doit faire son travail d'expertise mais aussi préciser en termes prédictifs les risques, liés aux limites de notre savoir.

NOTES

1. On continue de désigner par le terme peul de *diéri* les terrains autrefois non inondés par la crue du fleuve, par opposition au *oualo*.
2. Comme l'indique J. MONTEILLET, cette dessalure peut être indépendante du colmatage de l'embouchure des chenaux deltaïques et traduire une augmentation du débit du fleuve à certaines périodes (1988, p. 217).
3. Les analyses palynologiques sont dues à J. MEDUS (IMEP, Faculté de St Jérôme, Marseille), que nous tenons à remercier.
4. Les photographies et interprétations au MEB sont dues à l'obligeance de M. DUBAR (CNRS, Sophia Antipolis), avec qui une interprétation plus détaillée de ces séquences est encore en cours et sera publiée par ailleurs.
5. D'anciens lests en terre cuite sont décrits par LIGERS (1966) à propos des techniques de pêche dans le delta du Niger (les Sorko ou Bozo, t. II, p. 129). Leur utilisation est effective selon l'auteur depuis le Néolithique, les lests mêmes des filets préhistoriques étant parfois encore en usage suivant leur poids et leur forme.
6. Les relations entre cote du plan d'eau, profondeur moyenne, surface et volume de la cuvette ont été établies, en l'absence de documents cartographiques précis, après un long levé de terrain (73,5 km de transects, 400 points en cotes absolues) et l'établissement d'une carte au 1/25 000 (équidistance des courbes : 50 cm).
7. Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal.
8. Par-delà la cuvette proprement dite, le Ndiael désigne aussi un vaste domaine classé "réserve spéciale de faune" de 46 000 hectares. Ce territoire est en outre protégé par la convention de Ramsar (1971), en tant que zone humide d'importance internationale.

BIBLIOGRAPHIE

- ANTHONY E.-J.** - 1990 - Environnement, géomorphologie et dynamique sédimentaire des côtes alluviales de la Sierra Leone, Afrique de l'Ouest. *Revue d'analyse spatiale quantitative et appliquée*, n° 27 et 28, 187 p.
- AUBRY M.-P. et HOMMERIL P.** - 1975 - Examen exoscopique de quartz : passage du caractère mat au caractère luisant dans le domaine marin infratidal. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 280, p. 955-958.
- BOCOUM H., GUILLOT I. et FLUZIN P.** - 1988 - Apport de la métallographie structurale à l'interprétation fonctionnelle de trois objets en fer du Sénégal. *Revue d'Archéométrie*, 12, p. 57-70.
- CHAVANE B.-A.** - 1985 - Villages de l'ancien Tekrou. Recherches archéologiques dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal. *Karthala c.r.a.*, 192 p.
- DE NAUROIS R.** - 1963 - L'avifaune aquatique du delta du Sénégal et son destin. *Bulletin de l'IFAN*, tome XXVII, sér. A, n° 3, p. 1197-1207.
- Direction du Génie Rural et de l'Hydraulique-Sénégal** - 1992 - Estimation du coût des travaux d'aménagement pour la remise en eau de la cuvette du Ndiael. *Rapport de mission sur la remise en eau du Ndiael. Dakar*, 22 p.
- DIOP S.** - 1990 - La côte ouest-africaine. Du Saloum (Sénégal) à la Mellacorée (Rép. de Guinée). *Paris : ORSTOM, Coll. Etudes et Thèses*, 379 p.
- FAURE H. et HEBRARD L.** - 1977 - Variations des lignes de rivage au Sénégal et en Mauritanie au cours de l'Holocène. *Studia Geologica polonica*, Varsovie, LII, p. 143-157.
- G.E.R.S.A.R. et al.** - 1990 - Plan directeur de développement intégré pour la rive gauche de la vallée du fleuve Sénégal. *Programme de développement des infrastructures*, p. 83-129.
- GUILLET B.** - 1972 - Relation entre l'histoire de la végétation et la podzolisation dans les Vosges. *Thèse Université de Nancy I*, 112 p. et 39 p. annexes
- KALCK Y.** - 1978 - Evolution des zones à mangrove du Sénégal au Quaternaire récent, études géologiques et géochimiques. *Thèse 3^{ème} cycle, Université L. Pasteur, Strasbourg*, 122 p.
- LE BRUSQ J.-Y.** - 1980 - Etude pédologique des cuvettes de la vallée du Lampsar (Région du Fleuve Sénégal). *Dakar-Hann : ORSTOM*, 114 p. et annexes.
- LE RIBAUT L.** - 1977 - L'exoscopie des quartz. *Paris : Masson*, 150 p.
- LOYER J.-Y.** - 1989 - Les sols salés de la basse vallée du fleuve Sénégal. *Paris, ORSTOM, Coll. Etudes et thèses*, 137 p.
- MICHEL P.** - 1973 - Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. *Mém. ORSTOM*, 63, Paris, 752 p.
- MICHEL P., ELOUARD P. et FAURE H.** - 1968 - Nouvelles recherches sur le Quaternaire récent de la région de St. Louis (Sénégal). *Bulletin de l'IFAN*, sér. A, 30, p. 1-38.

MICHEL P. et ASSEMIEN P. - 1969 - Etudes sédimentologique et palynologique des sondages de Bogué (basse vallée du Sénégal) et leur interprétation morphoclimatique. *Revue de Géomorphologie dynamique*, 19, p. 97-113.

MIETTON M. et HUMBERT J. - 1991 - Le projet de remise en eau du N'Diael. Pré-faisabilité hydraulique, bilan hydrologique et impacts. *CEREG, Strasbourg*, 87 p.

MIETTON M. et HUMBERT J. - 1993 - *Le projet de remise en eau du Ndiael et ses impacts possibles*, in P. MICHEL, J.-P. BARUSSEAU, J.-F. RICHARD et M. SALL. L'après-barrages dans la vallée du Sénégal. Résultats des travaux du Projet Campus 1989-1992 (Ministère de la Coopération). *Presses Univ. de Perpignan*, p. 31-36.

MONTEILLET J. - 1988 - Environnements sédimentaires et paléocéologie du delta du Sénégal au Quaternaire. *Thèse d'Etat, Université de Perpignan*, 267 p.

MOREL G. et ROUX F. - 1973 - Les migrateurs paléarctiques au Sénégal. *Terre et Vie*, n° 27, p. 523-559.

ROSSO J.-C., ELOUARD P. et MONTEILLET J. - 1977 - Mollusques du Nouakchottien (Mauritanie et Sénégal septentrional) : inventaire systématique et esquisse paléocéologique. *Bulletin IFAN, sér. A*, 39, p. 465-486.

SALL M. - 1982 - Dynamique et morphogenèse actuelles au Sénégal occidental. *Thèse de Doctorat d'Etat, Université L. Pasteur, Strasbourg*, 604 p.

THILMANS G. et RAVISE A. - 1980 - Protohistoire du Sénégal. Recherches archéologiques. Tome 2. Sintiou Bara et les sites du fleuve. *Mémoires de l'IFAN*, n° 91, Dakar, 215 p.

TRICART J. - 1961 - Notice explicative de la carte géomorphologique du delta du Sénégal. *Mém. Bur. Rech. géol. min.*, Paris, 8, 137 p.

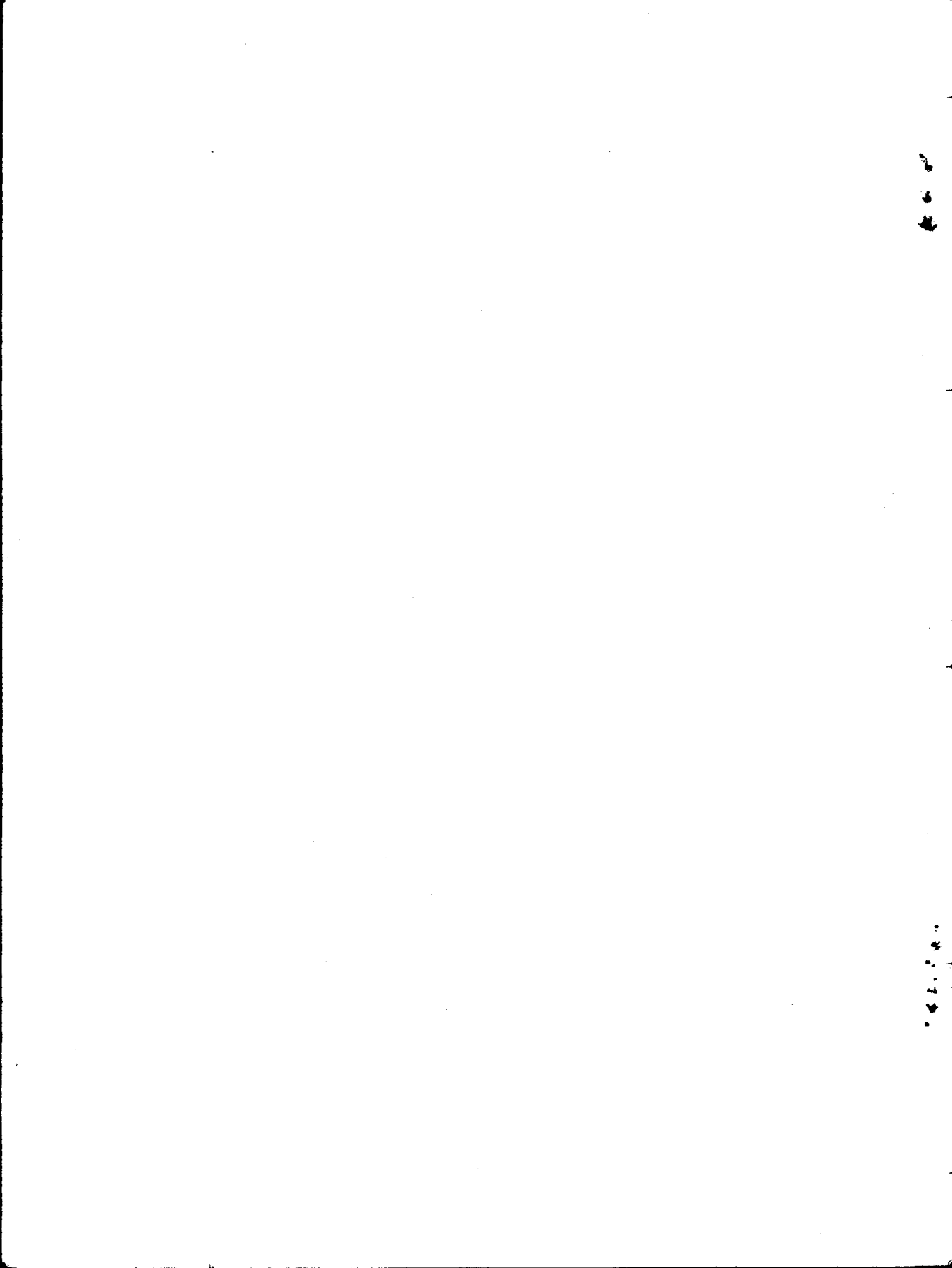


Figure 3 : Examen des échantillons des profils 1 et 2 surmontant le gisement de tourbe (Drain du Ndiel - Est de Boss-Béthio, Sénégal).

06 D, entre 41,5 et 69,5 cm, renferme 7,4 % d'argile. Le profil P2 présente lui aussi une homogénéité granulométrique mais nettement différente de celle rencontrée en P1. Le matériel est beaucoup plus fin : les fines (limons et argile : 50 à 65 %) devançant désormais les sables, totalement représentés par la classe des sables fins. Parmi les fines, les limons grossiers dominent en surface et l'argile en profondeur.

L'examen morphoscopique des sables du profil P1 montre une grande homogénéité des faciès sur toute la hauteur de la coupe. Les grains émoussés-luisants (photo 3a) sont largement dominants (70 %) par rapport aux grains ronds mats (15 %) et sub-anguleux (15 %). Sur P2, cette même proportion ne se retrouve que dans la partie supérieure (SEN 07 A, fig. 3) tandis que le pourcentage de non usés augmente en profondeur (40 à 60 %).

L'observation au microscope électronique à balayage ⁴ montre le plus souvent un poli poussé de la surface des grains, surimposé à un arrondi plus ancien marqué par de nombreuses traces de chocs (photo 3b). Les autres marques sont très rares et isolées (photo 3d). Le poli franc et propre (photo 3c) dénote un long séjour en milieu marin (LE RIBAUT, 1977). Dans ce milieu sous-saturé, la dissolution de la silice se manifeste par des figures géométriques où apparaît la charpente cristalline (photo 3e) (AUBRY et HOMMERIL, 1975). Les traces qui transparaissent sous le poli marin sont des figures en V et des croissants de chocs éoliens (photo 3f). Leur densité et leur petite taille témoignent d'un épisode d'abrasion éolienne intense. Ainsi le façonnement de ces sables apparaît-il indéniablement biphasé : le dernier épisode, strictement marin, se superposant à une phase antérieure éolienne.

C. Interprétation : enseignements et difficultés

Le problème principal qui est posé est celui des modalités de mise en place de la tourbe puis de sa fossilisation.

1. La mise en place de la tourbe

Les données palynologiques précédentes montrent qu'il s'agit d'une tourbe de mangrove. Le toit de cette tourbe est à une altitude absolue proche de -1 m. Ceci suppose un niveau marin à environ $-1 \pm 0,50$ m lors de sa formation puisque les paléuviers ne pourraient supporter une plus forte immersion. Une incertitude altimétrique est bien sûr liée au possible tassement de la tourbe mais les observations de terrain, le levé topométrique sur P1 et P2 montrent en tout cas une profondeur constante malgré quelques ondulations. L'existence de cette mangrove de lagune, son âge voisin de 6 400 BP s'accordent bien apparemment avec la courbe eustatique holocène pour l'Afrique de l'Ouest (fig. 5). La mise en place de la tourbe s'inscrirait ainsi dans un contexte de transgression des eaux marines et avant le maximum nouakchottien (ca. 5 000 BP), l'épisode observé ici se plaçant encore au-dessous du niveau marin actuel.

2. Le recouvrement de la tourbe

Cette fossilisation est assurée, en totalité sur le profil P1 et en partie sur P2, par des sables fins. L'exoscopie de ces sables nous montre un double façonnement avec la succession de deux phases, éolienne puis marine. Cet examen nous renseigne aussi par défaut en ce sens qu'on constate une absence de façonnement fluvial. Cette chronologie n'est bien sûr que relative mais il est tentant de placer cette succession des deux phases de façonnement à l'Ogolien d'une part et au Nouakchottien d'autre part. Ce serait l'avancée extrême de la mer, au cours de la transgression nouakchottienne, qui aurait apporté ce stock de sables dans la plaine deltaïque, ce qui n'exclut pas des remaniements à courte distance au long des chenaux secondaires. La mer aurait poussé, au maximum de son avancée, des sables d'origine continentale et en particulier des sables dunaires tout proches, de façon concomitante par exemple au façonnement des terrasses marines au pied des dunes ogoliennes. La reconnaissance à la loupe binoculaire de nombreux quartz rouges conforte cette hypothèse.

3. Des interrogations

Ce scénario général est satisfaisant par sa cohérence vis-à-vis de la totalité des données. La date de 5 060 BP à la base du remblaiement mérite cependant d'être discutée. A priori, cette donnée s'inscrit relativement bien dans le schéma précédent. A cette date, la mer étant présente, suffisamment en mouvement, la mangrove persiste toujours avec un pourcentage de *Rhizophora* qui reste élevé (75 %). Toutefois, dans cette hypothèse, si l'amorce d'évolution régressive de la ligne de rivage devient effectivement manifeste à partir de -4 300 BP (MONTEILLET, 1988), l'accumulation d'un mètre de sable devrait se faire dans un temps relativement limité. Il est vrai que cette accumulation s'est faite le long de chenaux et non pas de façon aréolaire, si l'on en croit les différences de profils entre P1 et P2. Mais, en outre, dans le cadre d'une hypothèse transgressive, l'ouverture vers des faciès de plage (*Cyperaceae*) se comprend mal. Faut-il voir là la marque d'un changement climatique et d'apports polliniques latéraux sur cette marge du delta ?

Pour autant, une séquence régressive est encore plus difficilement admissible car elle supposerait des transports fluviaux, dont on ne retrouve absolument pas la marque sur les sables. L'examen minéralogique en cours des argiles des deux profils P1 et P2 nous aidera peut-être à mieux cerner cette question. Enfin et surtout, la migration très plausible des pollens à partir de la surface (GUILLET, 1972) doit nous rendre très prudent quant à l'interprétation de l'échantillon daté (UTC 2361) de la base du remblai : son âge et ses caractéristiques polliniques ne sont peut-être pas contestables en eux-mêmes mais dans leur relation avec sa place dans le profil.

Un autre problème correspond à l'écart d'âge important entre la tourbe du marigot du Ndiael (ca. 6 400 BP) et celle du Ndiael proprement dit (3 950 ± 110 BP) trouvée par Y. KALCK. L'installation de la mangrove semble s'être faite relativement récemment dans la cuvette du Ndiael, en tout cas plus récemment que dans les dépressions plus proches de la mer : celles de Khant et de Ndiaseou par exemple, pour lesquelles MICHEL (1973) signale des âges plus anciens : 5 250 ans BP dans le Khant, 7 050 ans BP pour deux analyses de tourbes dans le Ndiaseou.

A ce propos, KALCK (1978, p. 101) écrit que "*ce développement tardif de la mangrove dans le Ndiael est probablement lié à sa position la plus interne dans le golfe nouakchottien*". Toutefois, cet argument ne nous éclaire pas totalement. Ne peut-on pas considérer en effet que le site P1 est en position plus interne encore ? En fait, il faut s'interroger sur l'existence ou non à l'Holocène d'une communication hydrologique entre ces deux secteurs et, si oui, sur les raisons de l'absence d'une tourbe plus ancienne dans le Ndiael.

Les deux sites étudiés (P1 et P5 ; fig. 2) sont très proches, à environ 5 km de distance. Mais, malgré cette proximité et l'absence de tout relief aujourd'hui, on pourrait faire l'hypothèse que, dans le prolongement immédiat du cordon dunaire, au nord-est de Ross Béthio, un seuil topographique, une sorte de haut-fond, ait pu se maintenir ici entre le Ndiael et le Lampsar. Ce seuil étroit suffirait alors à expliquer les différences de fonctionnement pour ces deux milieux très voisins.

En fait, les observations de terrain nous ont montré que le gisement de tourbe dans le marigot se prolonge sur 1 km au moins au sud de la route Ross Béthio-Richard Toll, en direction de la cuvette du Ndiael. Il n'y a donc pas à l'Holocène de discontinuité topographique entre les deux secteurs. En revanche, les conditions d'installation de la mangrove sont très différentes sur les deux sites dès cette époque.

En effet, la tourbe "récente" du Ndiael (Gif 4 450 : 3 950 ± 110 BP) a été prélevée entre 5,30 et 5,50 m de profondeur, à une altitude absolue qui ne nous est pas précisément connue. Toutefois, comme cette cuvette est située aux deux-tiers au-dessous du niveau de la mer (MIETTON et HUMBERT, 1991), il est probable qu'elle se situe dans le nivellement général à -5 m au moins. Même si l'on tient compte de possibles compactions de vases riches en matière organique, le décalage altitudinal entre les deux sites est très marqué. Cela peut s'interpréter par un surcreusement ancien de la cuvette du Ndiael, déjà effectif peut-être à 6 400 BP. Cette hypothèse apparaît d'autant plus plausible que le surcreusement a pu être favorisé, sur cette marge, au contact des sols à carapace ferrugineuse plus résistants.