

Contributions dunaires et loessiques aux dépôts des tourbières des Niayes pendant l'Holocène : variations et interprétation climatique

Mamadou FALL, Ramzy KHATIB et Jean-Yves GAC

Résumé — Les études granulométriques et minéralogiques de la composante minérale des dépôts dans les tourbières des Niayes mettent en évidence deux apports détritiques différents, l'un sableux d'origine locale, l'autre silteux à silto-argileux loessique. L'importance quantitative de ces deux apports varie au cours du Quaternaire récent en rapport avec la succession des régimes pluviométriques entre la fin du Pléistocène supérieur et l'Holocène supérieur.

Dune and loess contributions to the Niayes peat bogs deposits during the Holocene: variations and climatic interpretation

Abstract — Grain sizes and mineralogical studies of mineral load in the Niayes peat bog display two different detrital sources, a local sandy deposit and silt and silty clays loess. The importance of these fractions varies during the late Quaternary, in relation to the climatic factors which govern mineral sedimentation in the peat bogs.

Abridged English Version — The Niayes peat bogs occupy dune valleys of the coast dunes system in NW Senegal (*Fig. 1*). Core samples of 7 bore holes (*Fig. 1*) show that peat bog sediments are formed of three facies: silty clayey organic mud, silty sandy organic mud, and peat. ^{14}C dating [1] gives an upper Pleistocene to lower and middle Holocene age (12,000 to 9,000-7,000 years B.P.) for the first facies and middle to upper Holocene age for the other two (9,000-2,000 years B.P.).

The organic mud detrital fraction has a large and polymodal grain-size distribution. Families from medium sand to very fine silt are classified on the basis of Doeglas indexes [2] (*Fig. 2*, Table). This granulometric distribution contrasts with the coarse and medium sand, without silt and clay of surrounding dunes. The Sk-Mz plot (*Fig. 3*) using the Folk and Ward's formulas [3] clearly discriminates the silty sandy from the silty clayey organic muds. The positive and negative skewness are probably due to an overloading of silt on two different grain-size families: sandy and clayey. This is demonstrated in the Q_1 Md Q_3 diagram (*Fig. 2*) by the great difference between Q_3 and Md ϕ values for the sandy family, and between Q_1 and Md ϕ values for the silty one. This overloading is also revealed by the grain-size frequency of the coarsest sandy fraction whose C Q_1 Md Q_3 indexes are similar to those of dune sand, while, the Q_3 99% indexes present a difference of 5 to 6 ϕ (Table). According to the CM pattern (*Fig. 4*), the silty clayey sediments have been transported in uniform suspension and deposited by settling. The length of the RS segment is determined by the variations in energy level [4]. The QR segment implies a deposition from a graded suspension. The sandy fraction of organic mud represented by the base of this segment should be considered as the finest fraction of the suspension which is composed of dune sand.

Therefore, the detrital fraction in organic muds has two sources. Medium, fine and very fine sands were removed by winnowing from surrounding dunes during the peat bog formation, a phenomenon currently observed in Niayes. On the contrary, remote eolian inheritance is proposed for the silt and probably part of the clay because the limited watershed of Niayes and the geomorphological context limiting the alluviation do not favor a local origin. A loess origin is possible in view of the granulometric and mineralogical analogy between peat

Note présentée par Georges MILLOT.

bog mineral fractions and present dust ([6] to [9]): a large amount of silt compared to sand and clay, the same total granulometry (*Fig. 5*, Table) and clay minerals mainly inherited (specialy illite and probably palygorskite). Moreover, loess activities are mentioned in the marine and lacustrine deposits of west African upper Pleistocene and Holocene ([10] to [12]). Two major periods of dust supply are documented: between 15,000 and 7,000 years B.P., and after 4,000 years B.P. ([10], [12]). The former corresponds to the period of silty clayey deposit. The period between 7,000 and 4,000 years B.P. is dominated by sandy deposit ([10], [12]). It corresponds to the period of silty sandy deposit.

This mixture of dune sand and loess has changed through late Quaternary: high content of loess during the upper Pleistocene—lower to middle Holocene, and more dune sand during the middle and upper Holocene. This variation could be attributed to climatic changes prevailing in the Sahel latitudes of West Africa.

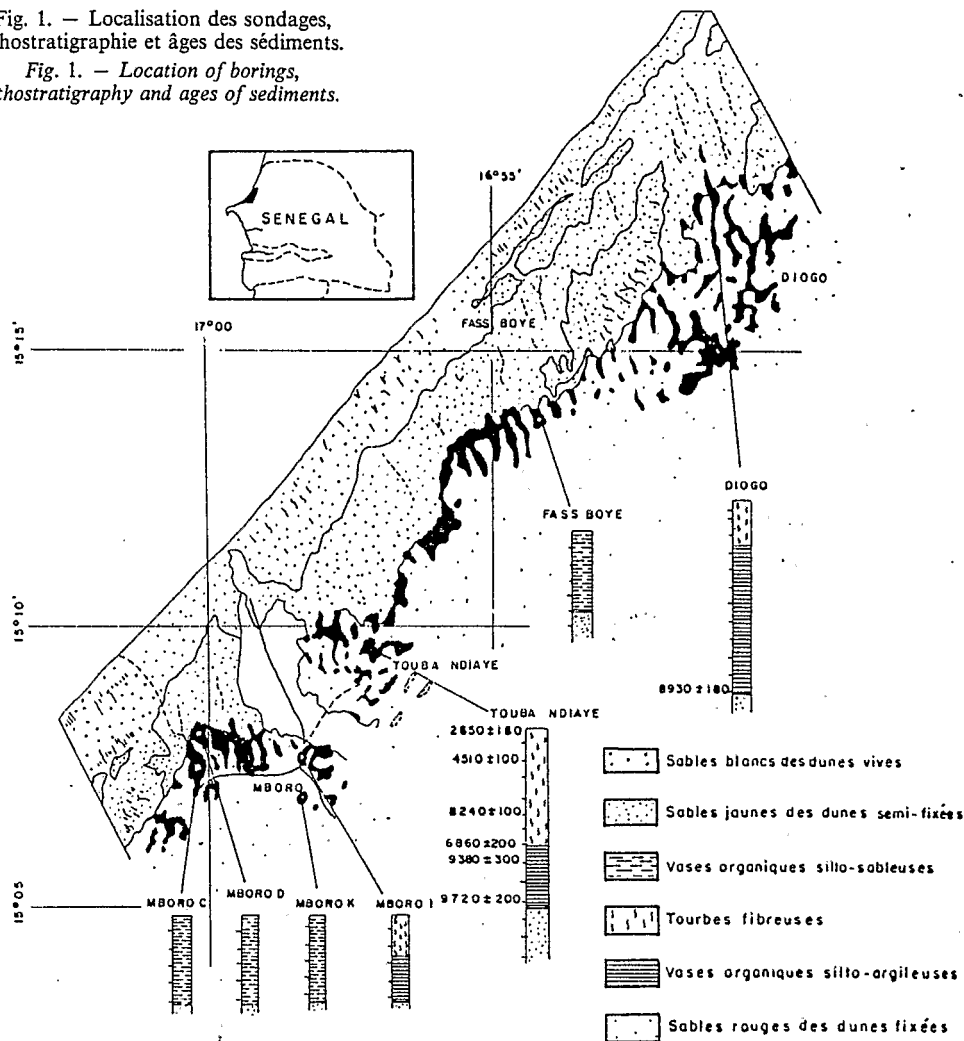
In fact, in the Niayes peat bogs, aerosol accumulations suppose removing, long transport and trapping of loess particles, while sandy deposit supposes reworking of the surrounding dunes. Then, we have to admit, as in the Holocene lakes, that there was a succession of two climatic periods: dust and homogenous monsoon with thin raindrops during the upper Pleistocene and lower Holocene (12,000-7,000 years B.P.), and erosive stormy rains during the middle and upper Holocene.

I. INTRODUCTION. — Les tourbes et les vases organiques du littoral NW du Sénégal sont localisées dans les cuvettes interdunaires appelées Niayes entre 14°5' et 16° de latitude nord (*fig. 1*). Les carottes prélevées dans 7 sondages (*fig. 1*) ont permis d'étudier des sédiments dont les âges varient entre 12 000 ans B.P. et le Subactuel. Trois lithofaciès principaux ont été individualisés. Il s'agit de vases organiques silto-sableuses, de vases organiques silto-argileuses et de tourbes (*fig. 1*). Les datations au ^{14}C [1] situent le dépôt des vases organiques silto-argileuses entre 12 000 et 9 000 à 7 000 ans B.P., et les vases silto-sableuses et les tourbes entre 9 000 à 7 000 et 2 000 ans B.P. Cette sédimentation constitue un mélange entre une composante biogénique autochtone liée à la production végétale des réceptacles et une composante minérale détritique essentiellement allochtone, dont la nature et l'importance quantitative dépendent des vecteurs hydrodynamiques et éoliens contrôlés par le régime climatique. L'existence d'une fraction détritique silto-argileuse dont les caractéristiques granulométriques et minéralogiques s'apparentent à celles des poussières atmosphériques actuelles, amène à envisager l'origine loessique de ce matériau.

II. DONNÉES GRANULOMÉTRIQUES. — La classification de Doeglas [2] (*fig. 2* et tableau) met en évidence plusieurs familles granulométriques allant des sables moyens aux silts très fins. Cette distribution contraste nettement avec celle du matériel des dunes environnantes qui sont formées de sables grossiers à moyens dépourvus de silts et d'argiles. L'assymétrie S_k et la médiane M_d , calculée d'après les formules de Folk et Ward [3] différencient nettement les vases silto-sableuses des vases silto-argileuses (*fig. 3*). L'assymétrie positive du matériel silto-sableux et négative du matériel silto-argileux peut être interprétée comme une surcharge de silt sur deux familles granulométriques différentes, l'une sableuse, l'autre argileuse. Le diagramme Q_1 M_d Q_3 (*fig. 3*) montre très clairement l'assymétrie des deux distributions granulométriques due aux valeurs très élevées de Q_3 pour la première famille et Q_1 pour la deuxième. La composante sableuse la plus grossière des vases silto-sableuses, presque symétrique et apparemment proche du matériel dunaire, accuse cette surcharge, en présentant un écart important (5 à 6 ϕ) entre le diamètre Q_3

Fig. 1. — Localisation des sondages, lithostratigraphie et âges des sédiments.

Fig. 1. — Location of borings, lithostratigraphy and ages of sediments.



et celui correspondant à l'extrémité de la distribution (99%) (tableau), d'où le mauvais classement obtenu pour ce faciès. La répartition C.M. (fig. 4) dessine dans l'ensemble un segment RS particulièrement long, à l'exception du faciès sableux cité ci-dessus qui occupe la base du segment QR qui caractérise l'ensemble du matériel dunaire. Selon Passaga [4], le matériel fin à très fin du segment RS est transporté en suspension non gradée uniforme. Le dépôt se fait par décantation en milieu calme. La longueur de RS est déterminée par les variations de la teneur en particules très fines et non par les variations du niveau d'énergie [4]. Le matériel du segment QR est transporté en suspension dégradée et déposé par décroissance de la compétence du courant. Un segment QR court

TABLEAU

Indices CQ_1 $Md Q_3$ 99%
 CQ_1 $Md Q_3$ 99% indexes

		C(1%) Q_1 $Md Q_3$ 99%			
Sables des dunes		-11224		12223	
Vases organiques silto-sableuses	2223 O	2334 O	2336 O	2339 O	2334 O
	2358 O	2359 O	3359 O	2369 O	2378 O
Vases organiques silto-argileuses	2468 O	2568 O	2379 O	2389 O	2689 O
	3789 O	3799 O			

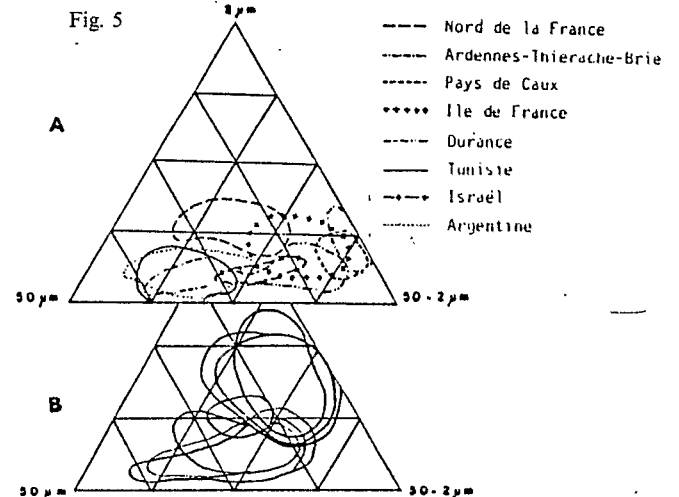
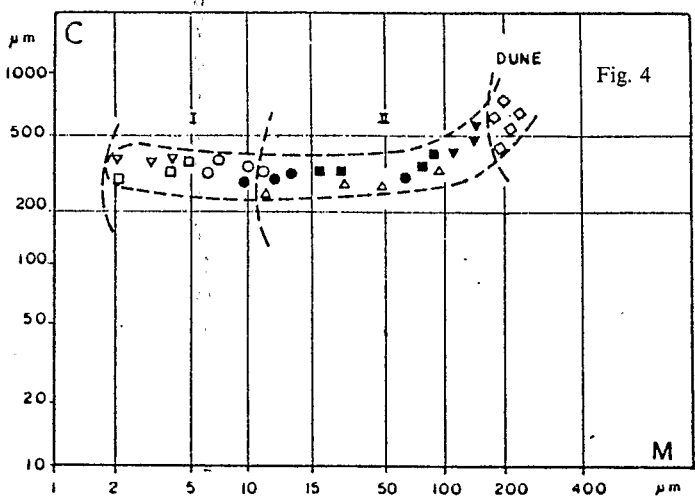
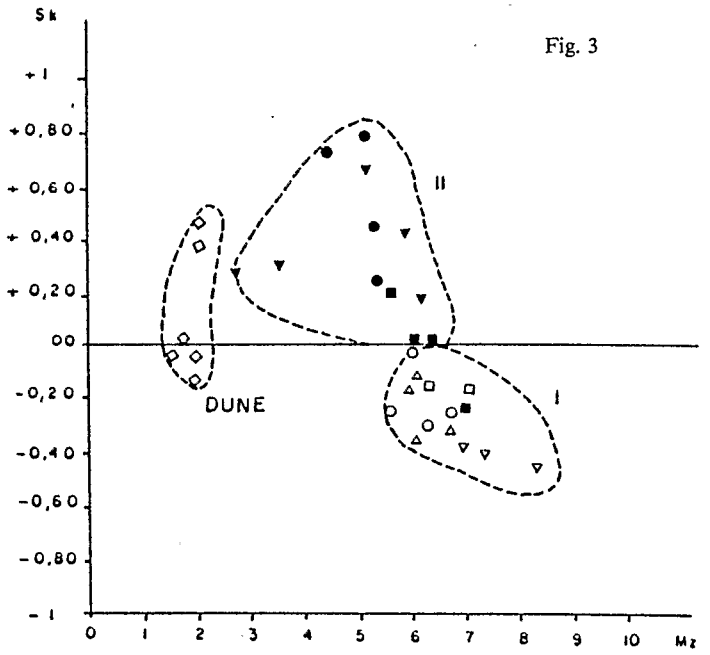
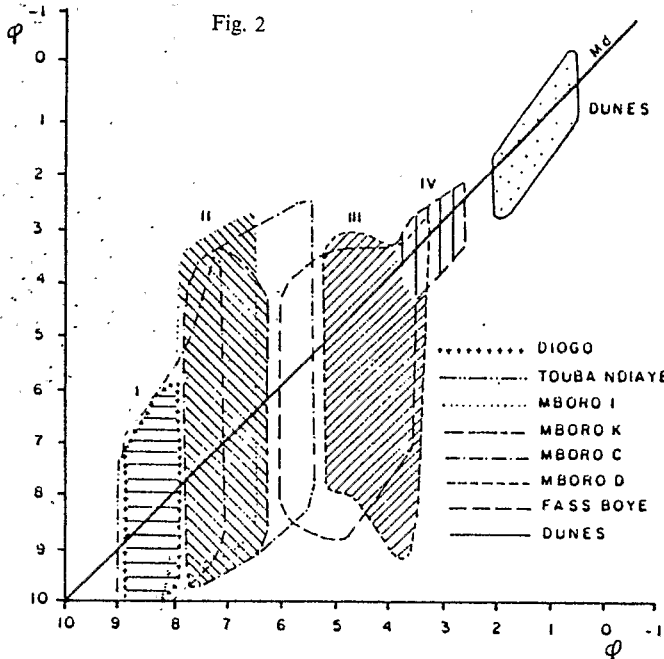


Fig. 2, 3 et 4. — Diagramme premier quartile (Q_1), médiane (Md) et troisième quartile (Q_3), asymétrie-moyenne ($Sk-Mz$) et répartition centile supérieur-médiane (CM) de la fraction minérale des tourbières et des sables dunaires. (Fig. 3 et 4 : ◇, Dunes; ■, Mboro C; ●, Mboro D; ▽, Mboro I; △, Mboro K; □, Touba Ndiaye; ▾, Fass Boye; ○ Diogo.)

Figs. 2, 3 to 4. — Diagrams Q_1 Md Q_3 , $Sk-Mz$ and CM distribution of the mineral fraction in peat bogs and dunes.

Fig. 5. — Diagramme des teneurs en sables, limons et argiles. A : distribution granulométrique de quelques loess péri-désertiques (in Coudé-Gaussen, 1984). B : distribution granulométrique de la fraction minérale des tourbières des Niayes.

Fig. 5. — Percentage of sand, silt and clay. A : grain size distribution in some peridesert loess (in Coudé-Gaussen, 1984); B : grain size distribution of the mineral fraction in Niayes peat bogs.

impliquerait de faibles variations granulométriques entre la base et le sommet de la suspension gradée, et une turbulence au voisinage du fond relativement basse. Cette suspension étant essentiellement formée du matériel dunaire, la composante sableuse des vases organiques peut correspondre à sa fraction la plus fine.

La participation du matériel dunaire à la sédimentation s'est accrue sensiblement au cours du dépôt des sédiments récents (vases silto-sableuses et tourbes), vraisemblablement en relation avec des remaniements du système dunaire intervenus au cours de la formation des tourbières.

La fraction silteuse, étrangère à ce milieu et à son environnement proche se serait déposée par décantation, et se serait intégrée à la fraction sableuse ou à la fraction argileuse. Ce matériel d'origine loessique a engendré le grand étalement de la distribution granulométrique et les variations de Sk , positive en cas de mélange avec les sables, et négative en cas de mélange avec les argiles.

III. DONNÉES MINÉRALOGIQUES. — Le quartz est le constituant principal de la fraction sableuse et silteuse des sédiments.

La fraction argileuse est formée dans l'ensemble de kaolinite désordonnée (20-60%), d'illite ouverte (20-40%), d'interstratifiés (0-50%), de vermiculite (0-20%) ainsi que de traces de smectite et de palygorskite rencontrées au sommet de certains sondages. Les tourbes fibreuses évoluées ne renferment pas d'argile.

D'après Fall [5], la kaolinite et l'illite sont héritées. Il existe cependant une possibilité de néoformation pédogénétique d'une partie de la kaolinite à la base des profils, là où elle est la plus abondante et associée à des oxydes de fer amorphes et à de la goethite. Les interstratifiés et le cortège minéralogique associé (vermiculite et smectite) semblent procéder de la dégradation de l'illite. Ce processus serait favorisé par l'acidité du milieu. Cependant, les conditions pluviométriques défavorables, lors de la mise en place des horizons supérieurs des dépôts [1] ont pu conduire à un confinement du milieu et une concentration progressive en ions alcalins, favorable à la néoformation de smectite, et éventuellement de palygorskite. Ce dernier minéral pourrait aussi être hérité des formations cénozoïques marno-calcaires à attapulgitite qui affleurent à l'Ouest du Sénégal.

IV. DISCUSSIONS. — Les études granulométriques ont montré que les silts et les argiles (autres que celles néoformées) sont étrangers au milieu des tourbières. La faible étendue des bassins versants des Niayes et le cadre géomorphologique limitant le phénomène d'alluvionnement, l'hypothèse d'une origine loessique de ces particules est à envisager.

Arguments granulométriques et minéralogiques. — Les manifestations de poussières éoliennes (brumes sèches) d'origine saharienne sont devenues, de nos jours, des phénomènes saisonniers dans la frange sahélienne. Les nombreuses études consacrées à ce phénomène ([6] à [9]) au niveau de sites très divers (zones sahéliennes, côtes ouest-africaines, Atlantique nord et Atlantique sud) ont permis de retracer les trajectoires des aérosols actuels, et de préciser leurs caractéristiques granulométriques et minéralogiques.

La comparaison entre les caractéristiques granulométriques et minéralogiques de la fraction minérale des tourbières et de celles des poussières actuelles fournit un certain nombre d'arguments en faveur d'une origine loessique des silts et d'une partie des argiles de ces sédiments :

(a) les sédiments renferment une forte teneur en silts par rapport aux sables et argiles alors que les ensembles dunaire environnants sont constitués de matériel de mode supérieur à 200 μm et ne renferment pas de silts;

(b) la granulométrie totale des sédiments s'apparente aux granulométries données pour des loess de différentes origines :

— plus ou moins les mêmes teneurs en sables, limons et argiles (*fig. 5*);

— valeurs CQ_1MdQ_3 99% des sédiments (tableau) équivalentes à celles obtenues pour les loess actuels [2] qui sont caractérisés par une médiane située entre 5 et 6 ϕ , un grand écart entre Md et Q_3 et la valeur 99% d'une part, et entre Q_1 et Md d'autre part;

(c) la présence de l'illite, minéral argileux hérité par excellence dans tous les niveaux des sondages plaide en faveur d'une origine éolienne d'une partie du cortège argileux des sédiments.

Contextes paléogéographiques. — Des sédiments terrigènes silteux ou silto-argileux d'origine éolienne ont été décrits dans des carottes marines d'âge Pléistocène supérieur à Holocène au large des côtes ouest-africaines ([10], [11]) et dans des dépôts continentaux lacustres de même âge rencontrés en sondage entre 9 et 21°N [12]. Ces sédiments présentent une distribution semblable à celle provenant actuellement du transport de poussières sahariennes par l'Harmattan, et correspondraient à des phénomènes de brumes sèches qui ont intéressé la zone sahélo-soudanienne au cours des derniers 20 000 ans. Les apports loessiques auraient connu deux épisodes majeurs. Le premier se situerait entre la fin du Pléistocène supérieur et l'Holocène inférieur (15 000-7 000 ans B.P.) et le deuxième après 4 000 ans B.P. ([11], [12]). L'Holocène moyen, entre 7 000 et 4 000 ans B.P. est caractérisé par des dépôts grossiers de type sableux ([11], [12]). La première phase loessique englobe la période de dépôt des vases silto-argileuses, tandis que la phase des dépôts grossiers correspond à la majeure partie de la période de dépôts des vases silto-sableuses.

V. CONCLUSION. — La charge minérale des tourbières doit être considérée comme un mélange entre une fraction sableuse dunaire et une fraction silteuse à silto-argileuse loessique d'origine lointaine. L'importance de ces deux fractions a changé au cours du temps. De la fin du Pléistocène supérieur à l'Holocène inférieur (12 000-7 000 B.P.), les apports loessiques dominants ont conduit au dépôt des vases silto-argileuses tandis qu'à l'Holocène moyen et supérieur, les apports sableux locaux devenus plus importants ont conduit à la formation des vases silto-sableuses. Cette répartition de la charge minérale serait liée aux variations climatiques qui ont prévalu aux latitudes sahéliennes au Quaternaire récent.

En effet, l'accumulation d'aérosols dans les tourbières des Niayes suppose enlèvement, long transport et piégeage de particules loessiques. Au contraire, les dépôts sableux supposent le ravinement des dunes voisines des tourbières. On est donc conduit à voir se succéder, comme dans les lacs holocènes, deux périodes climatiques : une première de la fin du Pléistocène à l'Holocène inférieur (12 000-7 000 ans B.P.) caractérisée par des brumes sèches et des pluies de mousson homogènes à gouttes fines; une seconde au cours de l'Holocène moyen et supérieur (7 000-2 000 ans B.P.) avec des pluies orageuses et érosives.

Note reçue le 14 septembre 1988, acceptée le 6 octobre 1988.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] A. M. LEZINE, *Thèse*, Aix - Marseille-II, 1987, 180 p.
- [2] D. J. DOUGLAS, *Sedimentology*, 10, n° 2, 1968, p. 83-100.
- [3] R. L. FOLK et C. WARD, *J. Sediment. Petrol.*, 27, n° 1, 1957, p. 2-27.
- [4] R. PASSEGA, *Sedimentology*, 24, 1977, p. 723-727.
- [5] M. FALL, *Thèse 3^e cycle*, Dakar, 1986, 130 p.
- [6] A. E. KALU, *Scope 14 Saharan dust*, 1977, p. 95-118.
- [7] A. R. GLACCUM et J. M. PROSPERO, *Marine Geology*, 37, 1980, p. 295-321.
- [8] G. COUDÉ-GAUSSSEN, *Bull. Centre Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine*, 8, n° 1, 1984, p. 167-182.
- [9] J.-Y. GAC, *Bull. Veille Climatique satellitaire*, 12, 1985, p. 52-56.
- [10] L. DIESTER-HAAS, « Meteor » *Forsch.-Ergebnisse*, 31, 1979, p. 53-58.
- [11] M. SARNTHEIN, H. ERLLENKEUSER et R. SAHN, *Bull. Inst. Géol. Bass. d'Aquitaine*, 31, 1982, p. 393-407.
- [12] J. MALEY, *Quaternary research.*, 18, 1982, p. 1-16.

M. F. et R. K. : Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université de Dakar, Sénégal;
J.-Y. G. : Centre O.R.S.T.O.M., B.P. n° 1386, Dakar, Sénégal.