

Cristaux d'hydroxyde d'aluminium néoformés dans les sédiments actuels des mangroves du Sénégal (Sine-Saloum et Casamance)

par DOMINIQUE GOULEAU *, YVES KALCK **, CLAUDE MARIUS ** et JACQUES LUCAS **

Résumé. — La congélation *in situ* des sédiments meubles et très fins par l'azote liquide, la lyophilisation et l'observation au microscope électronique à balayage permettent la description de microfaciès réels, non perturbés, qui, jusqu'à présent, échappaient aux moyens d'investigation classiques.

Les différentes séquences des mangroves tropicales du Sénégal, celles du Sine-Saloum, à sédiments sableux, et celles de Casamance, à caractère plus vaseux, sont décrites depuis le marigot (eau libre) jusqu'aux formations continentales. Elles révèlent toutes, à l'interface air-sédiment, des microcristaux d'hydroxyde d'aluminium dont on analyse l'aspect extérieur, la localisation, les associations dans les diverses formations des mangroves.

Ces microcristaux sont présents partout, avec les mêmes caractéristiques ; ils sont disséminés par le vent à partir des tannes vifs et herbacés où existent des conditions d'hyperacidité qui libèrent l'alumine des minéraux argileux.

New crystallisations of aluminium hydroxide in recent sediments of Senegal's mangrove (Sine-Saloum and Casamance)

Abstract. — The *in situ* congelation of soft and very fine sediments by liquid nitrogen, lyophilisation and scanning microscopic studies permit the description of real undisturbed microfacies which was a big problem until now in the classical way of investigation.

The different sediment sequences of Senegal's tropical mangroves, such as a coarse sediments of Sine-Saloum and muddy sediments of Casamance are described from braided stream upto continental formations. At air-sediment interface one could see the microcrystals of aluminium hydroxide for which external aspects, localisation, associations in diverse formations of mangroves are analysed.

The microcrystals present everywhere, with the same characters ; they are dissiminated by the wind from the « tannes » (salty zones with very little vegetation) where more acidic conditions exist.

INTRODUCTION.

Sur les vasières atlantiques tempérées découvrant à basse mer, l'interface air-sédiment est le siège d'un phénomène essentiel : l'évapo-ascension capillaire [Gouleau, 1975]. En effet, la pellicule superficielle de vases soumises à l'émersion est très riche en eau ; la teneur en eau, par rapport au poids sec de sédiment, est souvent supérieure à 300 %. L'évaporation provoque une remontée des eaux sous-jacentes lorsque cessent le ruissellement et le ressuage. L'émersion étant brève, de 5 à 6 heures, la rupture de lien capillaire ou « self-mulching », ne se produit jamais à l'interface air-sédiment.

Dans les régions tropicales, les sédiments sablo-vaseux ou vaseux des zones de mangroves subissent des émerisions saisonnières beaucoup plus longues : au niveau du tanne vif ou herbacé, une période d'inondation (période hivernale ou pluies) alterne avec une période d'exondation (saison sèche) où la phase de dessiccation est toujours atteinte à l'interface air-sédiment [Vieillefon, 1974]. L'évapo-ascension capillaire y prend un essor considérable, et cet article vient présenter une conséquence spectaculaire de ce phénomène : la néoformation de microcristaux d'hydroxyde d'aluminium.

1) Conditions climatiques.

Le Sénégal est une région tropicale sèche, avec cependant quelques différences entre les deux deltas observés :

— Le Siné-Saloum est caractérisé par un climat soudanien avec une pluviométrie moyenne de 800-900 mm répartie sur 4 mois (juillet-octobre), suivie d'une saison sèche de longue durée, 8 mois.

— La Casamance a un climat tropical subguinéen, avec une saison des pluies ou hivernage de juin à octobre (1 000 mm de pluie) et une saison sèche de novembre à mai.

2) Techniques de prélèvements et d'observations.

Les prélèvements d'échantillons (36) ont eu lieu au cours de la mission de carottages de l'A.T.P. « Migrations de la matière dans l'écorce terrestre -

* Laboratoire de géologie marine de Nantes (L.G.M.N.), Université de Nantes, 2, rue de la Houssinière, 44072 Nantes Cedex.

** C.N.R.S., Centre de sédimentologie et de géochimie de la surface, 1, rue Blessig, 67000 Strasbourg.

Note présentée au symposium de l'A.S.F. les 20 et 21 janvier 1981, manuscrit définitif remis le 6 octobre 1981.

17 OCT. 1983

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° : 3400

Cote : B

mangroves et vasières » du C.N.R.S., en janvier-février 1976. Une première série a été faite dans le delta du Siné-Saloum (fig. 1 a), le long du marigot de Sokone, à Bado; les sédiments sont essentiellement sableux. La seconde série intéresse le delta de la Casamance (fig. 1 b), le long du marigot de Bignona, à Balingor, dans une chronoséquence décrite par Vieillefon [1977], à Kabalang, et enfin sur la Casamance elle-même, à l'île des Oiseaux, en aval de Ziguinchor; ici, les sédiments sont uniquement vaseux.

On a utilisé, au Sénégal, une méthode mise au point au Laboratoire de géologie marine de Nantes, sur les vasières atlantiques émergentes et décrite à plusieurs reprises [Gouleau, 1975-1976 et Robert-Gouleau, 1977]. La congélation *in situ* par l'azote liquide permet des prises d'échantillons non perturbés, puis la conservation prolongée des sédiments congelés dans des réservoirs d'azote liquide pendant le transport jusqu'au lieu de lyophilisation. Ainsi divers types d'interfaces sédimentaires ont été prélevés sur place, au Sénégal, sur 1 cm d'épaisseur

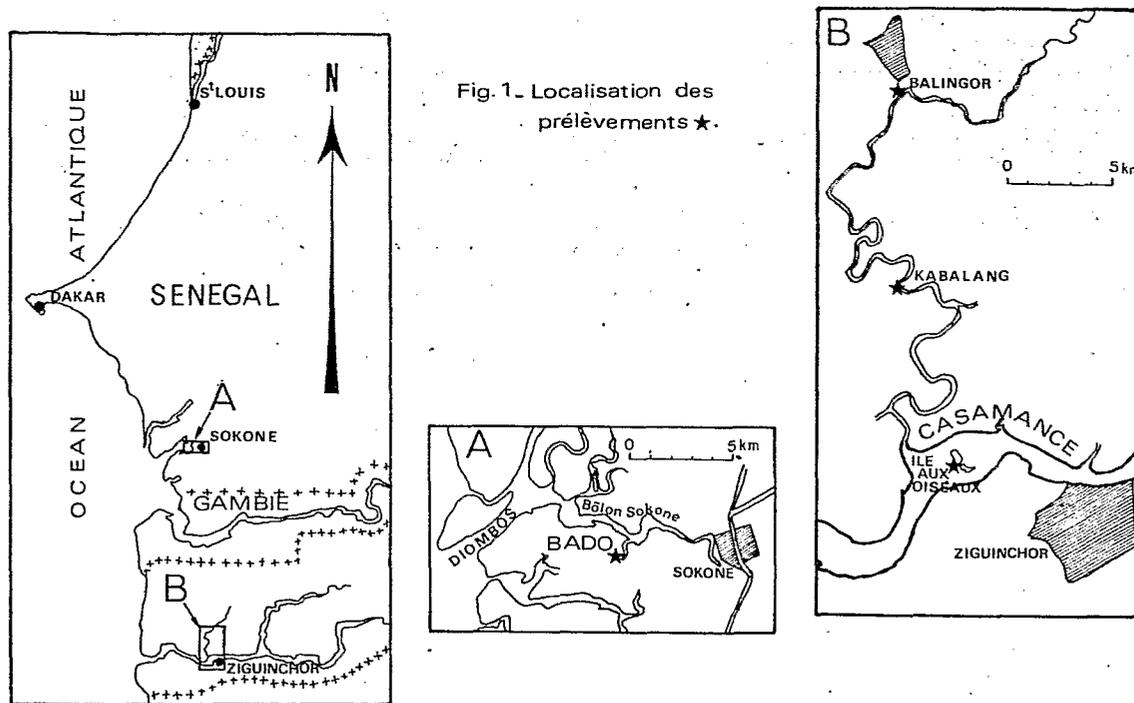


Fig. 1. Localisation des prélèvements ★.

FIG. 1. — Localisation des prélèvements.

FIG. 1. — Sampling localisation.

PLANCHE I — Plate I

1. Bordure des marigots. — Photo 1 ($\times 1000$) : Casamance, cristaux d'aluminium à l'état isolé dispersés sur les Diatomées.
2. Slikkes. — Photo 2 ($\times 15000$) : Sine-Saloum. Flocon de cristaux d'aluminium de 5 individus de 2 à 5 μm , montrant de belles troncatures sur leurs petites faces. Photo 3 ($\times 2000$) : Sine-Saloum. Flocon de plusieurs centaines d'individus, de 45 \times 25 μm , à la surface du sédiment. Photo 4 ($\times 15000$) : Sine-Saloum. Petits cristaux d'aluminium (de 1 à 2 μm) fixés sur un grain de sable, à 1 cm sous l'interface.
3. Zone à *Rhizophora*. — Photo 5 ($\times 50$) : Casamance. Fraction de coprolithe de 3 mm de long \times 0,8 mm de large. Photo 6 ($\times 3000$) : Casamance. Cristaux d'Al groupés en petits flocons disposés à la surface du coprolithe de la photo 5.
1. Belts of marsh creeks. — Photo 1 ($\times 1000$) : Casamance. Isolated aluminium crystals dispersed upon Diatoms.
2. Tidal flats. — Photo 2 ($\times 15000$) : Sine-Saloum. Aggregate of aluminium crystals of five individuals, from 2 to 5 μm size, exhibiting fine truncates upon the little face. Photo 3 ($\times 2000$) : Sine-Saloum. Aggregate of several hundred individuals 45 \times 25 μm size, upon sediment surface. Photo 4 ($\times 15000$) : Sine-Saloum. Little aluminium crystals (1 to 2 μm size) fixed on sand grain, below 1 cm from interface.
3. *Rhizophora* zone. — Photo 5 ($\times 50$) : Casamance. Coprolite fraction, 3 mm length 0.8 mm width size. Photo 6 ($\times 3000$) : Casamance. Little aggregates of aluminium crystals on copolite surface of the Photo 5.

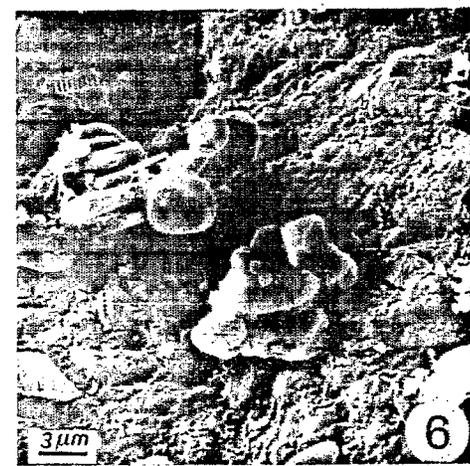
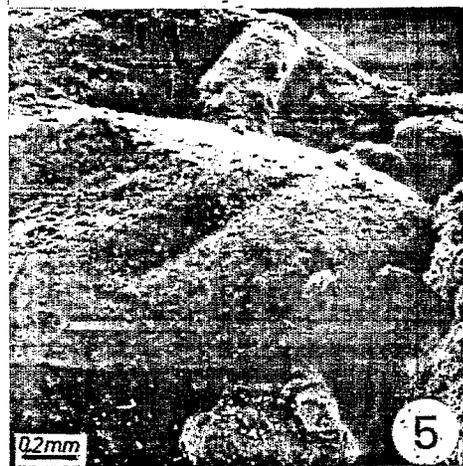
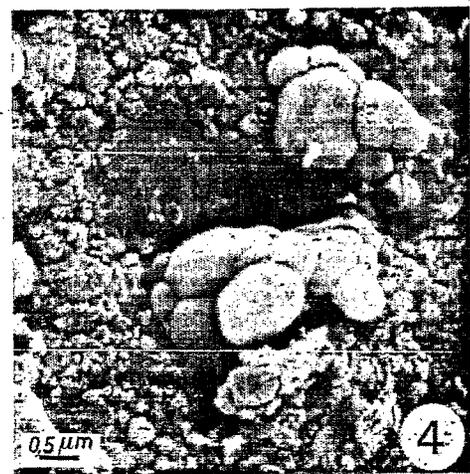
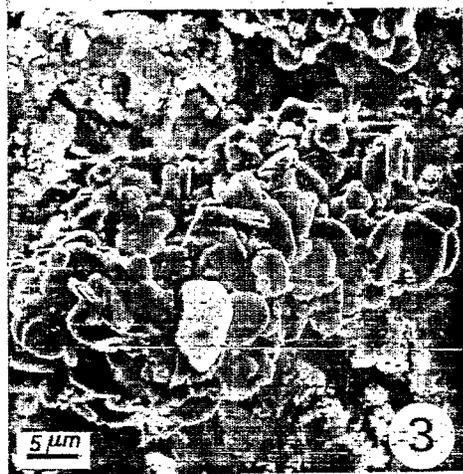
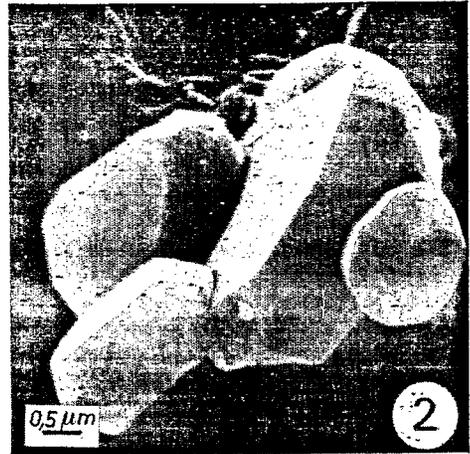


PLANCHE I. — PLATE I. — (Voir légende page ci-contre.)

environ, conservés et transportés par avion — toujours dans l'azote liquide — jusqu'en France et lyophilisés à leur arrivée à Nantes. De petits cubes de sédiment traité sont métallisés à l'or colloïdal pour l'observation au microscope électronique à balayage Jéol, J.S.M.2, ou recouvert de carbone pour la microanalyse sur l'appareil Caméca 07 de Strasbourg.

L'intérêt de la technique de congélation *in situ* et de la lyophilisation est de donner une image exacte des microstructures, sans que celles-ci soient modifiées, comme ce serait le cas par les prélèvements classiques.

L'interface ne subit aucune transformation ; cependant, pour les sédiments très mous, il peut se produire un léger déplacement latéral des particules par l'établissement d'aiguilles de glace qui perturbe la microstructure originelle sous-jacente à l'interface.

Il a été réalisé 600 clichés¹ dont on présente ici les plus significatifs.

3) Description des cristallisations.

Elle suivra l'ordre morphologique des formations des mangroves, depuis le marigot jusqu'au tanne et à la lunette, en passant par la slikke et la zone à palétuviers, sans faire de distinction entre les deux régions observées.

a) Bordures de marigots.

Ces zones, dont la pente est parfois importante, sont recouvertes à toutes les marées. Sur les bordures du marigot de Bignona, à Balingor, l'interface air-sédiment est très vaseuse, avec une teneur en eau comprise entre 150 et 200 %. La vase se recouvre de Diatomées quelques instants après l'émersion et l'on peut en dénombrer 7 000 au mm² dans les zones bien vertes du sédiment [Gouleau, 1976]. De très

nombreux cristaux d'aluminium parsèment la surface, la plupart étant à l'état isolé. Ces cristaux sont de dimensions assez constantes, 2 à 5 µm, d'aspect tabulaire, hexagonal (photo 1, pl. I). Il faut signaler ici le rôle fondamental des mucilages des Diatomées dans la fixation de ces très petits cristaux comme des sédiments très fins [Gouleau, 1976].

b) Slikkes.

Ce sont des zones planes, de grande étendue, situées entre les marigots et les premiers palétuviers. Elles sont recouvertes à toutes les marées.

L'échantillon décrit est prélevé sur la slikke sableuse de Bado, en bordure du marigot de Sokone. L'interface est de couleur grise à blanchâtre, parsemée de taches brunes à rougeâtres, et reste toujours humide. Les cristaux d'aluminium, de dimension et d'aspect analogues aux précédents, constituent des flocons de quelques individus (photo 2, pl. I) à plusieurs centaines (photo 3, pl. I), flocons disposés à la surface des grains de sable, dans les interstices intergranulaires, ou dans les puits de drainage des sédiments très fins. On retrouve ces cristaux collés sur des grains de quartz (photo 4, pl. I) jusqu'à 1 cm sous l'interface, indiquant une conservation des cristallisations lors de l'enfouissement ou une origine sous-superficielle. Ces hypothèses seront discutées plus loin.

c) Sous les palétuviers.

La marée recouvre toujours les sédiments, mais la durée d'émersion est plus ou moins longue, selon le coefficient de la marée.

Zone à Rhizophora. En Casamance, le sédiment est vaseux, avec de nombreux restes de végétaux. Les cristaux peuvent être isolés (6 à 10 µm), ou le plus

PLANCHE II — Plate II

Photo 7 (× 4000) : Sine-Saloum. Flocon de cristaux d'Al de 20 µm de diamètre posé sur un cristal de gypse. Les cristaux sont très plats montrant des troncatures sur les petites faces. Photo 8 (× 3000) : Sine-Saloum. Flocon de 20 µm enchassé dans l'interface sédimentaire composée d'éléments minéraux constituant une microstructure dense. Photo 9 (× 8000) : Sine-Saloum. Cristaux d'Al pris dans le sédiment, à 0,8 mm sous l'interface sédimentaire.

4. Zone à *Avicennia*. — Photo 10 (× 3000) : Casamance. Cristaux d'Al groupés en petits flocons disposés sur des cristaux de gypse coiffant l'apex d'un ovoïde.

5. Microanalyse. — Photo 11 (× 2000) : Casamance. Flocon de cristaux d'aluminium posé sur le sédiment. Photo 12 (× 2000) : Casamance. Carte de répartition de l'aluminium de la photo 11. Photo 13 (× 2000) : Casamance. Carte de répartition du silicium de la photo 11.

Photo 7 (× 1000) : Sine-Saloum. Aggregate of aluminium crystals, 20 µm size, on gypsum crystal. The crystals are very flat, with some truncates on the little faces. Photo 8 (× 3000) : Sine-Saloum. Aggregate of aluminium crystals 20 µm size, enshrined in the sedimentary interface. Photo 9 (× 8000) : Sine-Saloum. Aluminium crystals enshrined in the sediment, below 0.8 mm sedimentary interface.

4. *Avicennia* zone. — Photo 10 (× 3000) : Casamance. Little aggregates of aluminium crystals on gypsum crystals.

5. Microanalyse. — Photo 11 (× 2000) : Casamance. Aggregate of aluminium crystals on sediment. Photo 12 (× 2000) : Casamance. Repartition aluminium element cart of photo 11 aggregate. Photo 13 (× 3000) : Casamance. Répartition silicium element cart of photo 11 aggregate.

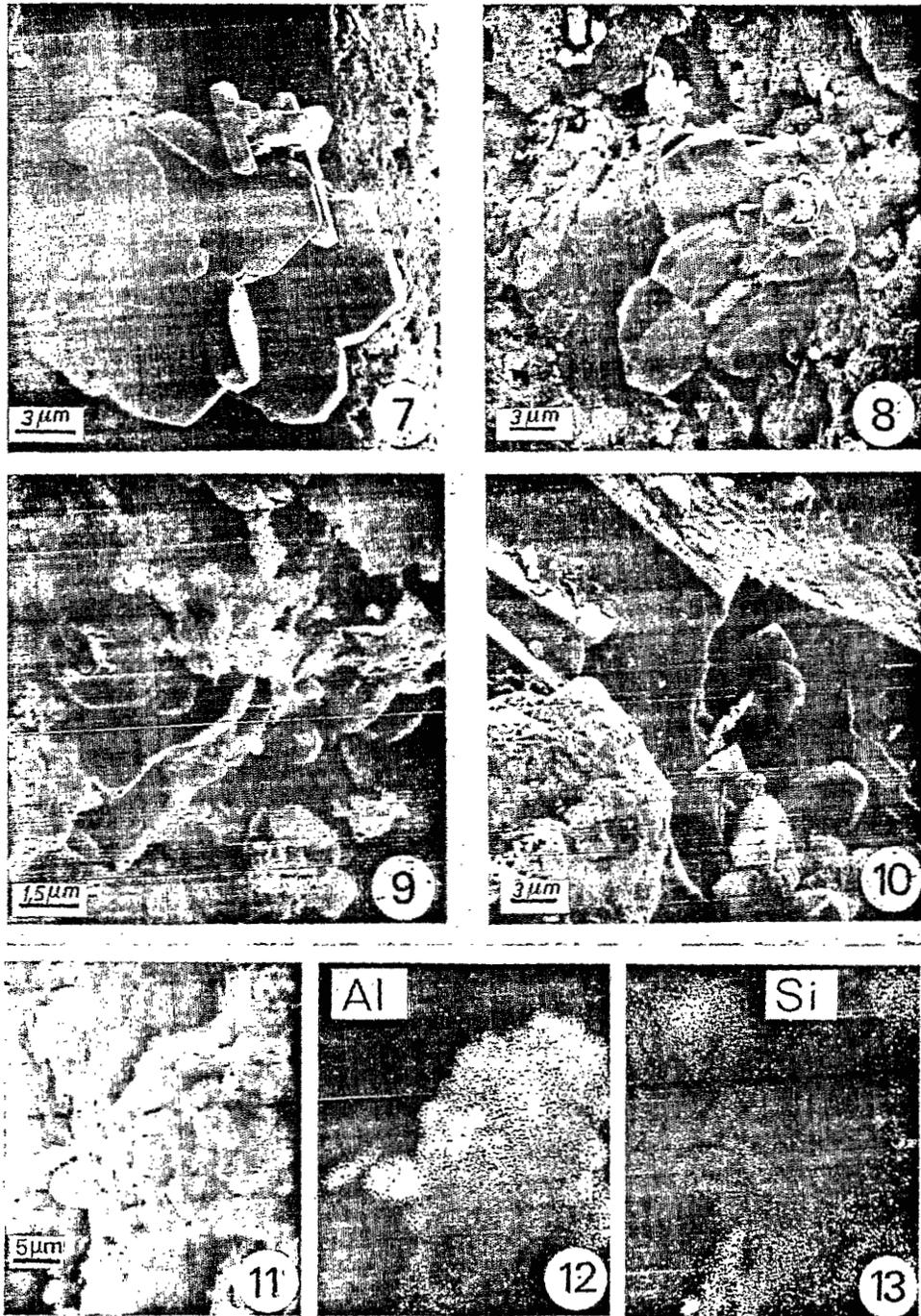


PLANCHE II. — PLATE II. — (Voir légende page ci-contre.)

souvent, agrégés en flocons de 15 à 20 μm , d'une vingtaine d'individus de taille différente (de 1 à 5 μm). Les cristaux sont le plus souvent tabulaires, mais peuvent être plus massifs. On note qu'ils sont souvent associés à des restes de végétaux : radicules, feuillages et qu'ils accompagnent parfois des cristallisations gypseuses ou pyriteuses (framboïdes). D'autre part, on les trouve posés à la surface de coprolithes (ovoïdes de 3 mm de long et de 0,8 mm de large) indiquant que leur origine est postérieure à la formation des déjections (photos 5 et 6, pl. I).

Dans le Siné-Saloum, sous les mêmes espèces de *Rhizophora*, le sédiment est sableux. On rencontre beaucoup de cristaux d'aluminium, fréquemment associés à du gypse ou à de la pyrite (photo 7, pl. II). Les flocons sont assez volumineux; 45 μm de long sur 25 μm de large, constitués de plusieurs centaines d'individus; lorsque le sédiment est plus fin, les flocons peuvent être pris dans l'interface air-sédiment (photo 8, pl. II). Sous l'interface, à 0,8 mm de profondeur, on observe parfois des cristaux d'aluminium à proximité ou dans des restes de végétaux, avec une configuration d'ensemble (forme des cristaux et flocons) tout à fait comparable à celle des cristaux superficiels (photo 9, pl. II).

Zone à Avicennia. En Casamance, le sédiment est noir, constitué de grains d'apparence sableuse, mais se révélant être des ovoïdes de 250 μm de long sur 150 μm de large de composition semblable au sédiment avoisinant, mais de structure plus dense; les apex, ou extrémités plus ou moins effilées, sont souvent recouverts par des cristaux de gypse constituant un véritable capuchon. C'est à ce niveau qu'on rencontre le plus fréquemment les cristaux d'aluminium de 5 à 6 μm , soit à l'état isolé, soit en flocons de 5 ou 6 individus (photo 10, pl. II).

d) *Limite mangrove-tanne.*

Les observations ont été faites à partir de prélèvements effectués dans une dépression artificielle — une ancienne fosse de pédologue — qui recueillait les infiltrations phréatiques, au cours de la saison humide. Le sédiment superficiel est de couleur bien rouge et était humide (70 à 90 % d'eau) lors des prélèvements. Les cristaux constituent de gros flocons de 40 μm de long sur 25 μm de large et présentent un empatement mucilagineux qui correspond, sans doute, à un dépôt superficiel lors de l'assèchement total de la dépression par évaporation.

e) *Tanne.*

Sur le tanne, les sédiments sont indurés par des cristaux de sel (halite), mais l'action du vent transforme ces croûtes salines en poudre qui s'accumule au niveau de la lunette, formation se constituant

sous les vents dominants des tannes [Vieillefon, 1977]. L'observation des poudres, « moquette », révèle la présence de très nombreux flocons multicomposites, argilo-salins, où l'on peut parfois apercevoir des cristaux d'aluminium, collés sur les flocons. Les cristaux ont une allure généralement différente de celle décrite sur les autres formations des mangroves; ils sont plus massifs, très serrés les uns contre les autres, sans présenter les belles formes cristallines en tablettes plus ou moins hexagonales, mais montrant toutefois des troncatures sur les petites faces analogues à celles décrites précédemment.

f) *Résumé des descriptions.*

De cette description des cristaux d'aluminium sur les différentes formations des mangroves, il ressort des caractères généraux communs malgré la diversité des lieux de prélèvements :

— tout d'abord, leur présence est un fait général : depuis la bordure des marigots, les slikkes, sous les palétuviers (zones toujours humides), jusqu'au tanne et à la lunette (zones présentant une longue période de dessiccation lors de la saison sèche) ;

— il est très difficile sinon impossible de déterminer la quantité de ces cristaux d'aluminium dans les divers lieux de prélèvement, étant donné la faible surface observée au M.E.B. (1 cm^2 environ) ; mais leur présence semble abondante partout, tant en surface que sous l'interface ;

— les cristaux ont des dimensions assez constantes : de 2 à 5 μm en moyenne, 10 μm au maximum. La forme est aplatie, à configuration plus ou moins hexagonale, avec des troncatures sur les petites faces ;

— quel que soit le lieu d'observation, Casamance ou Siné-Saloum, et quelle que soit la formation de la mangrove (zones émergentes sans végétation, zones à *Rhizophora*, à *Avicennia*, tanne...) les cristaux d'aluminium se présentent :

- à l'état isolé, disséminés à la surface du sédiment, souvent collés par les mucilages des Diatomées ;

- en petits flocons à structure lâche de 5 à 10 individus ;

- en flocons plus importants, à structure plus dense, de plusieurs centaines d'individus. Ces gros flocons ont une taille assez constante, de 40 à 50 μm pour leur plus grande dimension et de 20 à 30 μm pour la plus petite.

Tous ces caractères communs indiquent probablement une même origine malgré la diversité des milieux et la distance géographique (150 km) entre le Siné-Saloum et la Casamance.

La microanalyse, soit sur des cristaux, soit sur des flocons, montre la seule présence de l'aluminium, tous les autres éléments étant absents, particulièrement la silice (photos 11, 12 et 13, pl. II). Il semble donc que ces cristallisations associent l'aluminium à des éléments plus légers que le carbone, ou à des groupements hydroxydes. C'est pourquoi on parlera alors de cristaux d'hydroxyde d'aluminium, sans donner la variété cristalline : gibbsite, diaspore ou boehmite, l'analyse par le microscope électronique à balayage ne permettant pas une détermination cristallographique.

4) Origine des cristaux d'aluminium.

Au Sénégal, région tropicale sèche, les mangroves présentent deux ensembles distincts qui, par suite

du degré d'humidité des sédiments superficiels, se comportent différemment selon les saisons :

— le premier est constitué par les zones à *Rhizophora* et à *Avicennia* ou mangroves s.s. dont l'interface est toujours saturée en eau. Le milieu est très réducteur, par suite de la présence de grandes quantités de matière organique, et les sulfates marins dissous sont réduits à l'état de sulfures par action bactérienne anaérobie ;

— le second correspond aux tannes (vif et herbacé) ; la surface est inondée lors des saisons des pluies (hivernage) ou exondée lors des saisons sèches, avec dessiccation poussée et rupture de lien capillaire.

Sur ces deux ensembles, une nappe phréatique oscille en fonction des saisons [Vieillefon, 1977] :

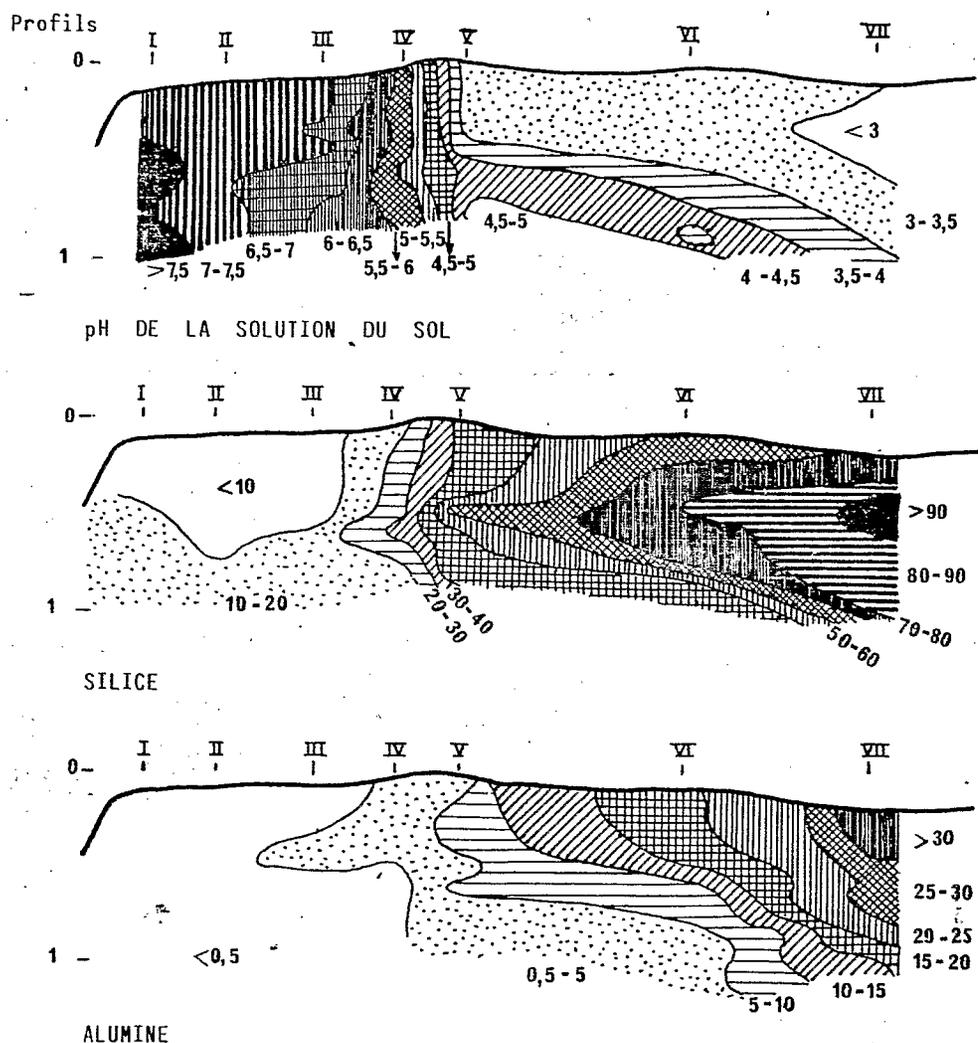


FIG. 2. — Évolution du pH, des teneurs en silice et alumine en ppm des solutions du sol dans la chronoséquence de Balingor, en début d'hivernage, d'après Vieillefon [1977].

FIG. 2. — pH, silica concentration and alumina concentration (in ppm) of ground water in Balingor chronosequence, after Vieillefon [1977].

— en saison sèche, le mouvement se fait de la mangrove *sensu stricto* vers les tannes ;

— en saison humide, le mouvement est inverse.

Les conditions d'exondation des tannes et les phénomènes d'évapo-transpiration provoquent des modifications chimiques notables au sein de la nappe phréatique alors qu'il y a peu d'évolution dans les zones soumises aux immersions bi-quotidiennes.

Dans l'ensemble tanne vif-tanne herbacé, les sulfures provenant des zones à *Rhizophora* et *Avicennia* rencontrent des conditions aérobies par suite de la dessiccation totale de l'interface. Ils sont alors oxydés et donnent un caractère sulfaté acide (pH 3) à ces eaux phréatiques lors de la saison sèche [Moorman, 1966 ; Vieillefon, 1977].

Ces eaux sont très agressives vis-à-vis des minéraux argileux [Vieillefon, 1974 ; Kalck, 1979] : il y a libération de silice et alumine comme le montre la figure 2 où Vieillefon [1977] décrit l'évolution simultanée du pH, de la silice et de l'alumine dissoutes dans les solutions du sol de la chronoséquence de Balingor, en début d'hivernage.

L'évapo-ascension capillaire, ou évapo-transpiration, peut s'exercer à grande profondeur (de 2 à 5 m selon M. Schoeller [1966]). Il y a concentration des sels dissous (augmentation de la salinité) dans les eaux interstitielles ou phréatiques avec possibilité de précipitation de certains de ces sels. Au Sénégal, les conditions de sécheresse et d'ensoleillement sont favorables à ce phénomène : la nappe phréatique s'abaisse de plus d'un mètre sous le tanne vif lors de la saison sèche [Vieillefon, 1977]. Il est alors possible que l'aluminium précipite à l'interface air-sédiment ou à proximité, soit par changement de pH, soit par concentration des eaux du sol.

C'est donc à partir des tannes vifs ou herbacés, seules zones où l'on rencontre des conditions d'hyperacidité et de forte évapo-transpiration, qu'il y aura formation de cristaux d'hydroxyde d'aluminium et que s'effectuera la dissémination aérienne de ces

très petits cristaux ou flocons. Les vents arrachent les petits éléments aux croûtes salées et propagent ces fins cristaux à toutes les formations des mangroves, ce qui est confirmé par l'identité de nature des cristaux d'hydroxyde d'aluminium observés dans toutes les formations. Cet épandage éolien se fait de manière aléatoire sur toute la surface des deux mangroves de Sine-Saloum et de Casamance, car les zones de végétation et de tannes se succèdent de façon répétée et tout à fait arbitraire dans le sens des vents dominants : en effet, végétation et tanne suivent les méandres des marigots, méandres parfois presque circulaires et fermés, comme on en trouve entre Balingor et Kabalang en Casamance (fig. 1 B).

CONCLUSION.

La congélation *in situ* des sédiments par l'azote liquide, la lyophilisation et l'observation au M.E.B. permettent la description réelle de microfaciès qui, jusqu'à présent, échappaient aux moyens d'investigations classiques. La néoformation de microcristaux d'hydroxyde d'aluminium dans les mangroves du Sénégal en est un exemple. Les mangroves tropicales à caractère sec présentant des conditions d'oxydo-réduction exacerbées permettent, par l'intermédiaire du système sulfures-sulfates, matière organique-minéraux argileux, la mise en solution d'aluminium dans les solutions du sol ou eau phréatique. Au niveau des tannes, les conditions d'exondation-inondation cycliques provoquent tantôt la libération d'aluminium dans les eaux, tantôt la précipitation de très petits cristaux, qui sont répartis à toute la mangrove par la déflation éolienne.

Il serait intéressant de rechercher, par une technique semblable, ces mêmes cristaux dans les mangroves tropicales d'Asie ou d'Amérique du Sud, pour déterminer si les mangroves du Sénégal ne constituent pas un cas d'espèce.

1. Avec la collaboration technique de M. A. Barreau, que nous remercions pour sa dextérité.

Bibliographie

- GOULEAU D. (1975). — Les premiers stades de la sédimentation sur les vasières littorales atlantiques. Rôle de l'émergence. Thèse Sci. Nantes, 241 p.
- GOULEAU D. (1976). — Le rôle des Diatomées benthiques dans l'engraissement rapide des vasières atlantiques découvertes. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 283, D, p. 21-23.
- KALCK Y. (1978). — Évolution des zones de mangroves du Sénégal au Quaternaire récent, études géologiques et géochimiques. Thèse 3^e cycle, Strasbourg, 122 p.
- MOORMAN F. R. (1966). — Morphology, genesis and occurrence of acid sulphate soils (cat-clays) in deltas of the humid tropics. *In* : Les problèmes scientifiques des deltas de la zone tropicale humide et leurs implications. Actes du Colloque de Dacca, UNESCO, p. 169-173.
- VIEILLEFON J. (1977). — Les sols des mangroves et des tannes de Basse Casamance. Mém. O.R.S.T.O.M. n° 83.
- du Colloque de Dacca, UNESCO, p. 103-106.
- ROBERT J. M. et GOULEAU D. (1977). — Confirmation expérimentale du rôle d'une Diatomée benthique, *Navicula ramosissima* (Agardh) Clève, dans les formations mucilagineuses observées sur les vasières littorales atlantiques. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 284, D, p. 1915-1918.
- SCHÖLLER M. (1966). — La concentration chimique par évaporation des eaux souterraines dans les deltas. *In* : Les problèmes scientifiques des deltas de la zone tropicale humide et leurs implications. Actes du Colloque de Dacca, UNESCO, p. 169-173.
- VIEILLEFON J. (1977). — Les sols des mangroves et des tannes de Basse Casamance. Mém. O.R.S.T.O.M. n° 83.

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

Publiés avec le concours du CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

NOUVELLE SÉRIE — TOME LXI — 1982

MÉMOIRE N° 144, 232 P.

**TRANSITION EAUX DOUCES - EAUX SALÉES
SÉDIMENTOLOGIE, GÉOCHIMIE, ÉCOLOGIE**

SYMPOSIUM DE L'ASSOCIATION DES SÉDIMENTOLOGISTES FRANÇAIS

Paris, 20-21 janvier 1981

PARIS

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

77, RUE CLAUDE-BERNARD, 75005 PARIS

1982

B 3400

B 3400