HAL
open science

CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES ET DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE ENTRE LES DIFFERENTES UNITES GEOMORPHOLOGIQUES DU LITTORAL DE LA CASAMANCE (SENEGAL)

Mamadou Thior, Tidiane Sané, Oumar Sy, Luc Descroix, Lat Grand Ndiaye, Abdou Kadri Sambou, Dramane Cissokho, Boubacar Solly

To cite this version:

Mamadou Thior, Tidiane Sané, Oumar Sy, Luc Descroix, Lat Grand Ndiaye, et al.. CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES ET DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE ENTRE LES DIFFERENTES UNITES GEOMORPHOLOGIQUES DU LITTORAL DE LA CASAMANCE (SENEGAL). revue ivoirienne des sciences et technologies, 2019. hal-02181261

HAL Id: hal-02181261

https://normandie-univ.hal.science/hal-02181261v1

Submitted on 12 Jul 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES ET DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE ENTRE LES DIFFERENTES UNITES GEOMORPHOLOGIQUES DU LITTORAL DE LA CASAMANCE (SENEGAL)

Mamadou THIOR[1-2*] , Tidiane SANE[1-2], Oumar SY[1], Luc DESCROIX[4], Lat Grand NDIAYE[3], Abdou Kadri SAMBOU[1], Dramane CISSOKHO[1], Boubacar SOLLY[1-2]

[1]*Laboratoire de Géomatique et d'Environnement (LGE), Université Assane SECK de Ziguinchor, Ziguinchor, Sénégal*

[2]*Laboratoire Mixte International "Patrimoines et Territoires de l'Eau" (LMI PATEO)*

[3]*Laboratoire de chimie et physique des matériaux (LCPM), Université Assane SECK de Ziguinchor, Ziguinchor, Sénégal*

[4]*Institut de Recherche pour le Développement(IRD), Laboratoire Mixte International "Patrimoines et Territoires de l'Eau" (LMI PATEO), Paris, France.*

* Correspondance, e-mail : thioryaz@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Situé au sud-ouest du Sénégal, le littoral de la région de Casamance est caractérisé par une dynamique commandée d'une part, par les forces fluviales de l'embouchure du fleuve Casamance, et d'autre part par les forces marines. Ainsi, les marées et les vagues y génèrent des courants marins dont l'énergie permet la dynamique sédimentaire. Celle-ci s'effectue différemment selon la nature et la taille des particules, mais aussi de l'estuaire à la frange côtière de la Casamance.

L'objectif de cet article est d'analyser les caractéristiques granulométriques de l'estuaire de la Casamance afin de déterminer le mode de transport sédimentaire et la répartition spatiale des sédiments entre les différentes unités géomorphologiques sur lesquelles les échantillons ont été prélevés.

La méthodologie adoptée est basée sur le prélèvement d'échantillons de sable dans différentes séquences géomorphologiques (dunes, estran et estuaire), à des horizons différents (horizon 0 cm et horizon70 cm), et sur le traitement granulométrique de ces échantillons par tamisage à sec.

En se basant sur les diamètres effectifs D_{60} et D_{10} donnés par la Norme Française (NFP 18-540), l'ensemble des courbes granulométriques obtenues montre que le sable est globalement fin. Par ailleurs, les coefficients d'uniformité et de courbure ont des valeurs typiques comprises entre $1 < C_c < 3$ et $C_u > 4$, respectivement. Ils révèlent le caractère globalement bien gradué des sols et témoignent de la présence d'une variété de diamètres de sables : sable très gros (STG), sable gros (SG), sable moyen (SM), sable fin (SF) et sable très fin (STF). Enfin, la comparaison de ces différents diamètres montre une parenté génétique entre les différentes séquences géomorphologiques concernées, témoin d'une dynamique sédimentaire sur le littoral de la Casamance.

Mots clés : Caractéristiques granulométriques, Dynamique sédimentaire, Unités géomorphologiques, Littoral, Casamance.

ABSTRACT

Granulometric characteristics and sediment dynamics between the different geomorphological units of the coast of the Casamance (Senegal)

Located in southwestern Senegal, the coast of Casamance region is characterized on the hand a dynamic driven on the one hand by the river forces and on the other hand by the marine forces. Thus, tides and waves generate marine currents whose energy allows sedimentary dynamics. This was realized differently according to the nature and size of the particles, but also from the estuary to the coastal fringes of Casamance.

The objective of this paper is to analyze the granulometric characteristics of the Casamance estuary in order to determine the sedimentary transport mode and their spatial distribution between the different geomorphological units which were sampled.

In order to reach this goal, we adopted a methodology based on the sampling of sand in different geomorphological sequences (dunes, foreshore and estuary) at different levels (surficial to -70 cm level), and on the granulometric treatment of samples was processed by dry sieving.

Based on the effective diameters D_{60} and D_{10} given by the French Standard (NFP 18-540), all the obtained granulometric curves show that the sand is globally fine. Moreover, the uniformity and curvature coefficients have typical values between $1 < C_c < 3$ and $C_u > 4$, respectively. They reveal the generally well graded character of the soils, and attest the presence of a variety of diameters of sand: very coarse sand (VCS), large sand (CS), medium sand (MS), fine sand (FS) and very fine sand (VFS). Finally, the comparison of these different diameters shows a genetic relationship between the different geomorphological sequences concerned, witnessing a sedimentary dynamic on the coast of Casamance.

Key words: Granulometric characteristics, sedimentary dynamics, Geomorphological units coastline of Casamance

I-INTRODUCTION

Les bassins versants de l'Afrique de l'Ouest connaissent une dynamique hydromorphogénique parfois très complexe. Ces bassins continuent ainsi de faire l'objet de champs d'intérêt que l'étude des processus de sédimentation au niveau des retenues permet d'appréhender et de mesurer [1]. Mais par endroits, des caractéristiques spécifiques peuvent se présenter. C'est le cas du littoral de la Casamance. Il présente un caractère granulométrique double. Il s'agit d'une part des mécanismes qui régissent la sédimentation estuarienne, et d'autre part ceux qui commandent la sédimentation marine [2 - 3]. Au voisinage de la partie marine, les particules sableuses sont relativement grossières alors que dans l'estuaire, le sable est globalement plus fin. Par ailleurs, comme dans la plupart des estuaires des Rivières du Sud (nom donné au littoral ouest-africain compris entre le Saloum au Sénégal et la Sierra Leone), le fonctionnement de l'estuaire de la Casamance se fait sur deux règles complémentaires. D'abord le système fluvial, qui formalise les interrelations entre le cours d'eau et son bassin versant, ensuite l'hydrosystème fluvial, centré sur les échanges de matières et d'énergie entre le cours d'eau et sa plaine alluviale [4-6]. Du côté de la façade maritime, le fonctionnement sédimentaire est dominé par les vagues et, est caractérisé par des plages de sable rectilignes, résultat d'un constant remaniement entretenu par la houle [7-9]. Ainsi, ces deux mécanismes (estuariens et marins) qui régissent les fonctionnements sédimentologiques du littoral de la Casamance laissent voir des parentés génétiques des particules des différentes unités géomorphologiques.

L'analyse granulométrique dans cette étude permet de déterminer quantitativement la distribution de ces particules de sol par classes de diamètres. La plupart des travaux, effectués en la matière, sont basés sur l'analyse des courbes cumulatives ainsi que sur des histogrammes et courbes de fréquences construits à partir des pourcentages des classes granulométriques retenues [10]. Mais, l'objectif de cet article est de caractériser la granulométrie afin de comparer les particules des endroits où les échantillons ont été prélevés afin de déterminer le mode de transport sédimentaire. Ainsi, les prélèvements se sont faits sur plusieurs séquences géomorphologiques sur la bande littorale et sur la partie estuarienne de la Casamance (frange côtière, zone de dépôt, les zones estuariennes). Le nombre et la grandeur de classes de diamètre dépendent de l'objectif poursuivi et éventuellement, de l'importance de l'échantillon dont on dispose.

La finalité est de comparer la trame granulométrique des sédiments prélevés à différents endroits pour observer leurs parentés génétiques. La réalisation d'un tel objectif nécessite de définir une méthode de recherche appropriée.

II- MATERIEL ET METHODES

Pour un même site, le prélèvement d'échantillons a concerné les sols des dunes bordières (haute plage) avec deux horizons (en surface et en profondeur-70 cm) et les sols des estrans avec les mêmes horizons (***photo 1***).

Photo 1: *Campagnes de prélèvements de sédiments*

Ce procédé est reproduit pour chaque site de prélèvement sur la frange côtière du nord et au sud de l'embouchure du fleuve Casamance (***figure 1***).

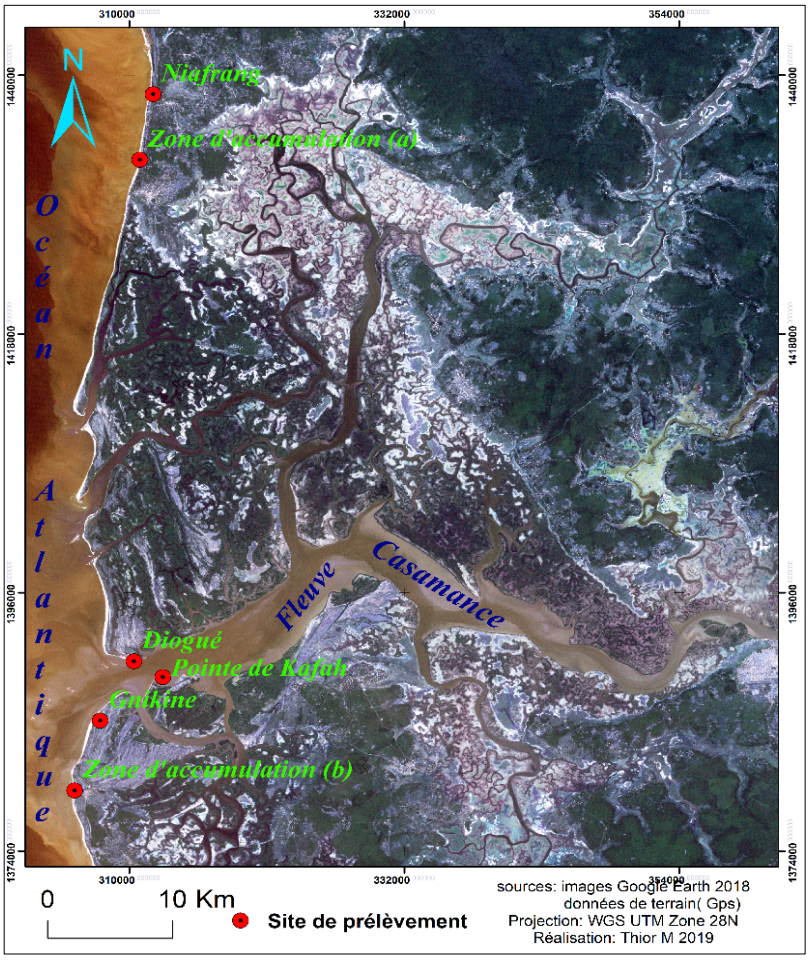


Figure 1: *Sites de prélèvement d'échantillons granulométriques*

Pour la zone de dépôt sédimentaire, le prélèvement de l'échantillon n'a concerné que l'horizon 0 cm du fait du caractère récent de la sédimentation. Et deux prélèvements ont été faits de part et d'autre de l'embouchure.

Du côté de l'estuaire de la Casamance, les zones de prélèvement ont concerné les dépôts de la pointe sud-est de Diogué et la pointe de Kafah à Carabane. Ces échantillons permettent de voir le transit sédimentaire et les liens génétiques entre les particules de la frange côtière et de l'estuaire de la Casamance.

Au total, 14 échantillons ont été prélevés sur des séquences géomorphologiques différentes pour comparer les populations granulométriques. Il est apparu dans la littérature que la fraction de taille plus grande que le sable (granules, cailloux et rochers) est collectivement appelée gravier, et la fraction de taille plus petite que le sable (limon et argile) est collectivement appelée boue [11].

L'échelle utilisée pour quantifier la répartition de la taille de populations granulométriques est celle de Wentworth [12]. Les intervalles de taille sont compris entre 0 mm et 64 mm dans cette échelle. Or, la composition des sédiments de la Casamance n'est pas grossière. C'est pourquoi dans l'échelle de [12], on a utilisé les fractions comprises entre 4 mm et 0 mm soit 4<d<0mm. De ce fait, 8 tamis ont été utilisés puisqu'on est en présence de galets de diamètre compris entre 2 et 4 mm, de sable 2<d<0,5mm, de limons 0,5<d<0,002mm et d'argile 0,002<d<0mm.

Le but de la granulométrie est donc de classer par taille de grains les échantillons de sable prélevés sur le terrain. Par ailleurs, les travaux de laboratoire (***photo 2***) consistent à :

- sécher l'échantillon à l'étuve ;
- dresser une colonne de tamis d'ouverture choisie ;
- préparer un échantillon de 150 g de sol ;
- le verser en haut d'une colonne de tamis d'ordre décroissant vers le bas ;
- agiter électriquement la colonne de tamis durant 5 minutes ;
- peser les refus de chaque tamis en commençant par le tamis supérieur à la balance de précision électrique ;
- porter les valeurs de poids sur un fichier et les convertir en valeur relative (%).

Les indices calculés ont ainsi permis de déterminer les intervalles de fraction dans lesquelles se trouvent les sédiments.

Photo 2: *Appareils utilisés au laboratoire de physique et chimie des matériaux de l'Université Assane SECK de Ziguinchor (a : balance de précision, b : agitateur électrique des tamis c : étuve, d : tamis)*

Les indices calculés ont ensuite permis de représenter les courbes granulométriques sur l'ensemble des séquences géomorphologiques.

II-1. Calcul des coefficients d'uniformité (C_u) et des coefficients de classement (C_c)

La forme de la courbe granulométrique obtenue apporte trois informations : les dimensions d et D du granulat, la plus ou moins grande proportion d'éléments fins et la continuité ou la discontinuité de la granularité.

En se référant à la classification suivante, un granulat est caractérisé du point de vue granulaire par sa classe d/D. Le premier désigne le diamètre minimum des grains (d) et le deuxième désigne le diamètre maximum (D). Ainsi, lorsque d est inférieur à 0,5 mm, le granulat est désigné 0/D. Si un seul chiffre est donné, c'est celui du diamètre maximum D exprimé en mm.

Et du fait qu'il existe cinq classes granulaires principales caractérisées par les dimensions extrêmes d et D des granulats rencontrés, on a selon la norme NFP18-101 :

- les fines 0/D avec D ≤ 0,08 mm ;
- les sables 0/D avec D ≤ 6,3 mm ;
- les gravillons d/D avec d ≥ 2 mm et D ≤ 31,5 mm ;
- les cailloux d/D avec d ≥ 20 mm et D ≤ 80mm ;
- les graves d/D avec d ≥ 6,3 mm et D ≤ 80 mm.

Pour savoir avec certitude si le sable est à majorité de grains fins, on a déterminé le module de finesse (MF) donné selon la Norme Française (NFP 18-540). Ainsi, le module de finesse est égal au 1/100e de la somme des refus cumulés, exprimée en pourcentages sur les tamis de la série suivante : 0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 – 5 mm.

$$MF = \frac{1}{100} \sum Refus\ cumulés\ en\ \%\ des\ tamis\ (0{,}16 - 0{,}315 - 0{,}63 - 1{,}25 - 2{,}5 - 5\ \text{mm}) \quad (1)$$

Cependant la Norme Européenne (EN 12620) adaptée ici donne le (FM) comme suit :

$$FM = \frac{1}{100} \sum Refus\ cumulés\ en\ \%\ des\ tamis (0{,}125 - 0{,}25 - 0{,}5 - 1 - 2 - 4\ \text{mm}) \quad (2)$$

Ainsi, les courbes granulométriques obtenues et leurs pentes moyennes permettent de caractériser le degré d'uniformité de la taille des éléments minéraux du sol. D'où la définition de deux caractéristiques. Il s'agit du rapport de Hazen ou coefficient d'uniformité de Hazen (C_u) et le coefficient de classement (C_c).

Le C_u est le rapport entre deux diamètres apparents, définis de telle sorte que la taille de 60 %, et respectivement 10 % des particules soit inférieure [13]. Le coefficient d'uniformité de Hazen est un indice d'irrégularité de la distribution de la taille des particules. Il est obtenu selon la Norme Française (NFP 18-540) par la formule suivante :

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (3)$$

D_{60} et D_{10} étant les valeurs lues en abscisse pour les points de la courbe granulométrique correspondant aux ordonnées de 60 % et 10 %. Par conséquent, la référence suivante permet de déterminer l'uniformité de la courbe.

Si C_u<3, alors la granulométrie est uniforme ou encore serrée.

Si C_u>3, alors la granulométrie est variée ou encore étalée.

Le coefficient de classement ou de courbure (C_c) quant à lui, permet de décrire la forme de la courbe granulométrique entre D_{10} et D_{60}. Le coefficient de classement fait appel à la notion de diamètre effectif correspondant au pourcentage (%) de passants placés en indice déterminé à l'aide de la courbe granulométrique. D_{60} est le diamètre effectif des particules qui correspond à 60 % de passants, D_{10} est le diamètre effectif des particules qui correspond à 10 % de passants et D_{30} le diamètre effectif des particules qui correspond à 30 % du passant.

Ainsi, si le sol est bien gradué, on a la présence d'une grande variété de diamètres. Lorsque 1 < C_c < 3, la courbe granulométrique descend d'une façon assez régulière, indiquant ainsi la présence d'une grande variété de diamètres. Un C_c trop grand ou trop petit indique l'absence de certains diamètres entre les diamètres effectifs D_{10} et D_{60}, la granulométrie est alors mal graduée.

La détermination du coefficient de classement est donnée par la formule suivante :

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \quad (4)$$

Ce coefficient constitue un indice de la variation relative de la pente de la courbe. Les plages du littoral de la Casamance étant essentiellement sableuses, sa référence est : $1 < C_c < 3$ et $C_u > 6$, témoin d'un sol bien gradué expliquant la présence d'une grande variété de diamètres.

III. RÉSULTATS

L'analyse de l'ensemble des courbes granulométriques fait ressortir les différentes distributions séquentielles des intervalles de fraction dominants des sédiments prélevés. La diversité des séquences géomorphologiques et des horizons laisse entrevoir un régime sédimentaire bimodal sur le littoral de la Casamance.

III-1. Analyse des courbes granulométriques

III-1.1. Le secteur de Niafrang

Globalement, l'ensemble des courbes granulométriques montre une prédominance de la fraction comprise entre 0,02 et 4 mm. Il y'a donc, sur les plages de Niafrang, la présence de graviers, de sables et de limons. Sur la haute plage de Niafrang, 99,9 % de l'échantillon est compris entre 0,125 mm et 0,500 mm (***figure* 2a**). Ainsi, D<0,5 mm et D≤6,3 mm fait que le sable est à majorité de grains fins. Par ailleurs, le coefficient d'uniformité de Hazen donne : $\frac{0,2}{0,15} = 1,33$, d'où $C_u = 1,33$; $C_u<3$ alors la granulométrie est dite uniforme dans la courbe en surface de la haute plage de Niafrang. En première approximation et suivant l'observation de la courbe granulométrique, le sable est majoritairement constitué de grains fins sur la haute plage de Niafrang.

En poussant l'analyse avec la détermination du coefficient de classement (C_c) donné par : $\frac{0,175^2}{0,15 \times 0,2} = 1,021$ d'où $1 < C_c < 3$ et $C_u > 4$, alors la courbe est bien graduée. Le sol est grenu, car plus de 50 % des éléments sont de dimensions $\geq 0,08\ mm$. Par ailleurs, plus de 50 % des éléments de dimensions ≥0,08 mm sont retenus au tamis de 2 mm. Il y a donc en surface, une grande variété de diamètres de sable.

En profondeur (***figure* 2b**), 99,10 % des sables ont des diamètres compris entre 0,063 et 0,500 m. Ainsi, le sable est majoritairement fin, car D<0,5 mm et D≤6,3.

Le coefficient d'uniformité obtenu est donné par :

$\frac{0,31}{0,16} = 1,93$ donc $C_u < 3$ la granulométrie est très serrée, confirmant l'uniformité de la courbe granulométrique sur une prédominance du sable à grains fins. Par ailleurs, en calculant le coefficient de classement on a : $\frac{0,18^2}{0,16 \times 0,49} = \frac{0,032}{0,049} = 0,65$ donc $C_c < 1$, alors C_c est trop petit et indique l'absence de certains diamètres entre les diamètres effectifs D_{10} et D_{60}. Par conséquent, malgré la faible valeur du C_c, on note une granulométrie mal graduée. Ainsi, le sol ne contenant pratiquement pas de sable grossier, la proportion de particules entre les tamis 1 mm et 2 mm est très minime (0,02 %). Ainsi, en analysant les deux courbes granulométriques sur la base de C_u et C_c de la haute plage de Niafrang, on constate que les sédiments sont plus fins en profondeur.

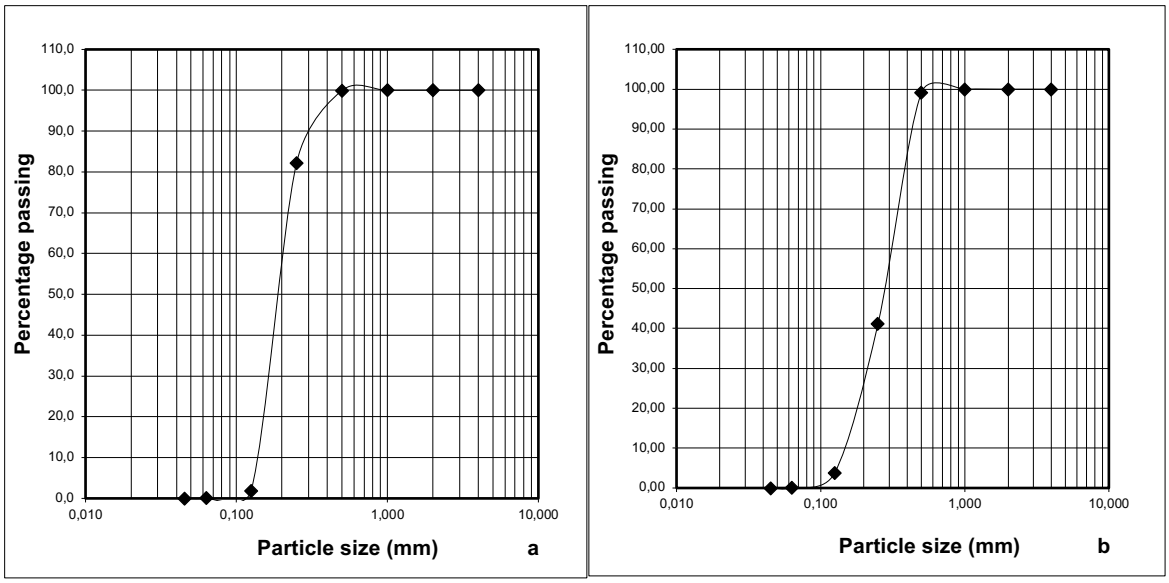


Figure 2 *: Courbes granulométriques de la haute plage de Niafrang (a : en surface ; b : en profondeur)*

Au niveau de l'estran, la taille des particules en surface est comprise entre 0,125 et 1 mm soit 99,8 % de l'échantillon prélevé. Les diamètres sont ainsi répartis dans la classe D<0,5 mm et D≤6,3. L'échantillon est également dominé par le sable globalement fin. Mais les détails sur le C_u permettent de voir une uniformité moins parfaite, car $\frac{0,31}{0,16}$= 1,93 donc C_u < 3, et la granulométrie est très serrée entre les diamètres effectifs D_{10} et D_{60} ; donc C_c est uniforme malgré la présence majoritaire du sable fin. Cela s'explique par la présence des limons en surface de l'estran (0,98 %) et du sable grossier (0,18 %). Par ailleurs, le sable en surface de l'estran de Niafrang est plus ou moins gradué du fait que $\frac{0,23^2}{0,16\times0,31} = \frac{0,052}{0,050} = 1,04$ qui est bien $1<C_c<3$ et Cu < 4 alors, la distribution des diamètres de particules est irrégulière ; montrant ainsi un coefficient de courbure ou de classement d'une granulométrie bien graduée (***Figure*.3a**).

En profondeur au niveau de la séquence (estran), on note la présence de particules plus fines (***Figure*.3b**). La taille des particules comprise entre 0,063 et 1 mm constitue 99,9 % de l'échantillon, mais toujours compris dans la classe D<0,5 mm et D≤6,3. Le C_c sur cette courbe indique l'absence de diamètres en extrémité (sable très gros et argile), entre les diamètres effectifs D_{10} et D_{60}. Ce qui laisse voir :

$\frac{0,2}{0,14}$= 1,42 C_u <3 correspondant ainsi à une granulométrie uniforme.

Parallèlement, la courbe granulométrique est mal graduée puisque toutes les fractions ne sont pas retrouvées sur l'échantillon en profondeur de l'estran :

$\frac{0,16^2}{0,14\times0,2} = \frac{0,025}{0,028} = 0,89$ donc $C_c < 1$, confirmant le fait que la courbe soit mal graduée et donc une forte présence de sédiments fins. Le sol ne contient pratiquement pas de sable très gros (car la proportion de particules entre les tamis 2 et 4 mm est nulle (0 %).

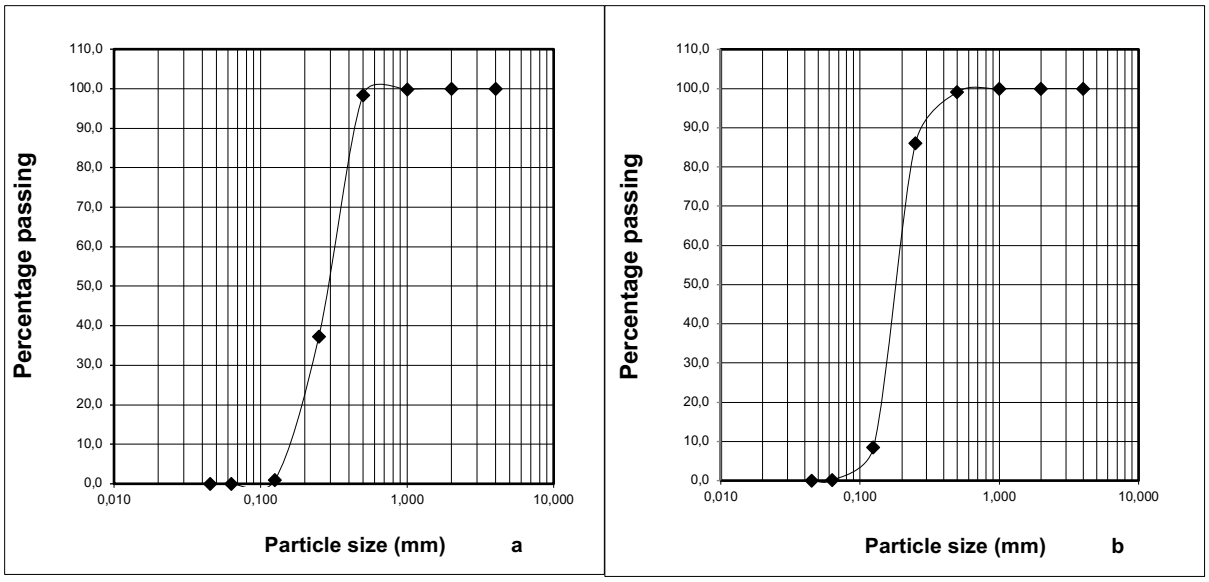


Figure 3 *: Courbes granulométriques de l'estran de Niafrang (a : en surface ; b : en profondeur)*

III-1.2. En zone d'accumulation

En zone d'accumulation de Diana-plage, le dépôt sédimentaire est hétérogène mais la fraction dominante est comprise entre 0,125 et 1 mm (99,9 %) (***figure.* 4a**). La présence de galets et d'argile montre l'hétérogénéité des particules même si toutefois le sable très gros n'est pas retenu. Cela laisse naturellement une courbe uniforme relativement étalée.

$\frac{0,31}{0,16} = 1,93$ C_u <3 prouvant que la granulométrie est relativement uniforme. Ainsi $\frac{0,22^2}{0,16\times0,31} = \frac{0,048}{0,049} = 0,97$; donc C_c <1, donc C_c est trop petit, alors la courbe est également mal graduée et témoigne une prédominance de sable fin.

En zone d'accumulation de Gnikine (***figure* 4b**), la présence de particules fines est moins importante. C'est pourquoi, la fraction dominante, malgré l'hétérogénéité des sédiments, est comprise entre 0,125 et 2 mm soit 99,9 %. C'est pourquoi le coefficient d'uniformité obtenu montre une légère variation de la granulométrie malgré l'uniformité entre le diamètre effectif D_{10} et D_{60}. On a : $\frac{0,37}{0,20} = 1,85$ alors $1<C_u<3$ qui induit une granulométrie uniforme et très serrée témoignant de la prédominance du sable fin. En plus,

$\frac{0,28^2}{0,20\times0,37} = \frac{0,078}{0,074} = 1,05$; $1<C_c<3$ et $C_u<4$ implique un coefficient de courbure bien gradué et la présence d'une variété de diamètres, caractéristique d'une zone de sédimentation.

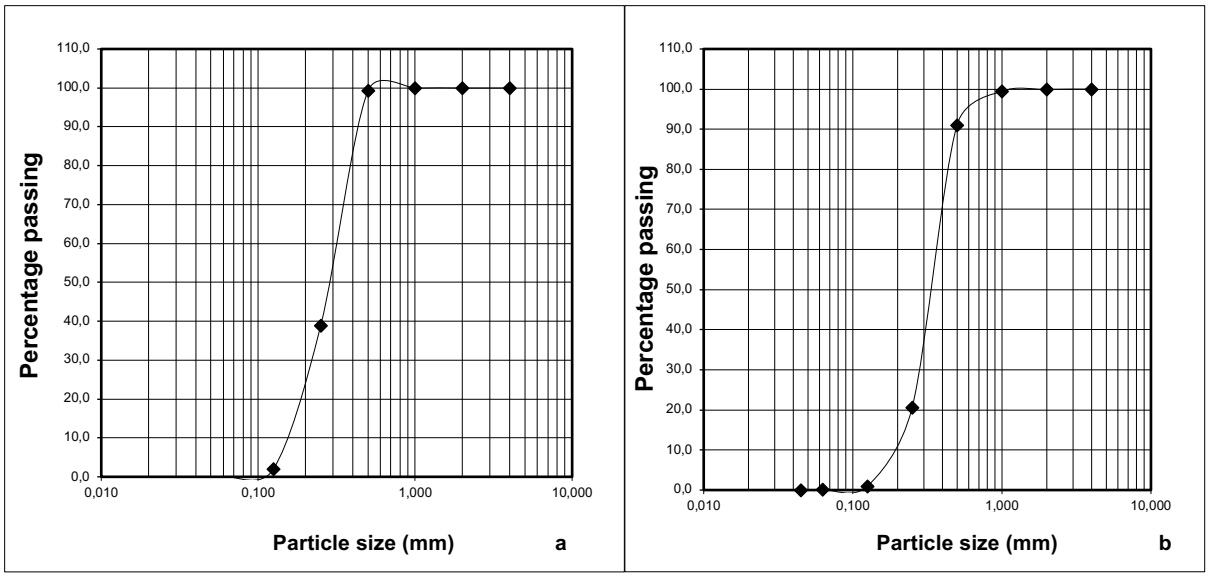


Figure 4 *: Courbes granulométriques des zones d'accumulation (a: Diana-plage ; b: Gnikine*)

III-1.3. Le secteur de la pointe de Diogué

Au niveau de la pointe de Diogué, qui correspond à la partie externe de l'estuaire de la Casamance, la présence des particules grossières et fines est décrite sur la courbe granulométrique (***figure*.5a**). Ainsi, 99,5 % des particules sont comprises 0,063 et 2 mm en surface soit D<0,5 mm et D≤6,3. Par ailleurs, en caractérisant la courbe granulométrique on a : $\frac{0,33}{0,15} = 2,2$ C_u <3, ce qui donne une granulométrie qui est très faiblement uniforme, car proche de la valeur de 3. Elle témoigne de ce fait une distribution régulière de la taille des particules, qui par ailleurs définit le comportement sédimentologique de l'estuaire. Mais la granulométrie étant uniforme, elle privilégie les diamètres apparents correspondants aux particules fines. Ainsi, $\frac{0,25^2}{0,15\times0,33} = \frac{0,062}{0,050} = 1,24$ donc $1<C_c<3$ et $C_u<4$, la granulométrie est étalée et bien graduée laissant voir une distribution plus ou moins régulière des diverses tailles de particules, avec seulement l'absence de sable très gros. La courbe granulométrique est bien graduée et laisse voir les caractéristiques similaires à celles de la zone de dépôt.

En profondeur de la pointe de Diogué (***figure* 5b**), ces mêmes fractions (0,063 à 2 mm) constituent les 99,4 % des fractions de diamètres comprises entre D<0,5 mm et D≤6,3. La granulométrie y est relativement régulière du fait que cette zone reste une pointe d'accrétion d'ailleurs récente. On y note la variété de la taille des particules. Cependant, le coefficient d'uniformité donne un léger avantage au sable fin. Ce qui fait que : $\frac{0,39}{0,16} = 2,43$; alors $1<C_u<3$, mais plus proche de 3 et par conséquent. Cela témoigne d'une granulométrie proche de celle variée, car $\frac{0,25^2}{0,16\times0,39} = \frac{0,062}{0,062} = 1$ donc C_u trop petit. La courbe est néanmoins bien graduée avec la présence d'une variété de diamètres.

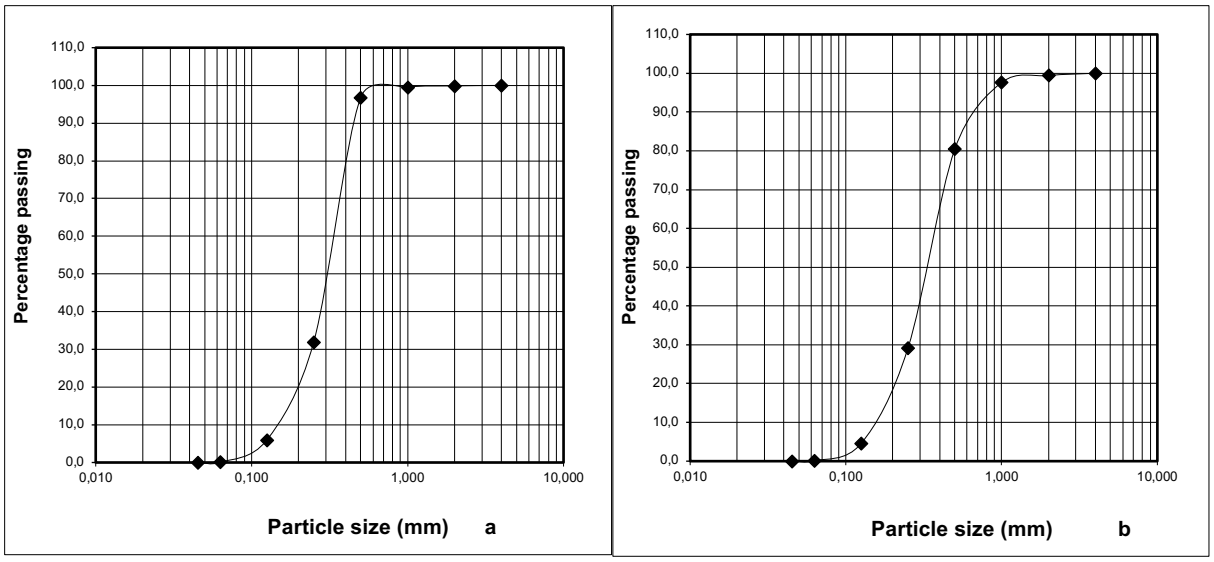


Figure 5 : *Courbes granulométriques de la pointe de Diogué (a : en surface ; b : en profondeur)*

III-1.4. Le secteur de la pointe de Kafah

Dans la partie intermédiaire de l'estuaire de la Casamance, la pointe de Kafah est sous l'influence du courant de la marée. Les particules y sont fines et sont des indicateurs de présence de flux de transport sédimentaire moins puissant. Ainsi, en surface comme en profondeur, les fractions sont comprises entre 0,125 et 1 mm et occupent les 99,4 % de l'échantillon. La granulométrie comprise entre D<0,5 mm et D≤6,3 mm fait que le sable est à majoritairement constitué de particules fines dans l'estuaire de la Casamance (***figure* 6a**). D'ailleurs, le coefficient d'uniformité témoigne de la présence de sable fin en surface, car $\frac{0,199}{0,15} = 1,32$; alors $1<C_u<3$ donne une granulométrie dominée par un sable fin. Il n'y a donc pas de diamètres extrêmes (galet, sable très gros, sable gros, argile). En plus, le coefficient de courbure montre que $\frac{0,16^2}{0,15\times0,199} = \frac{0,025}{0,030} = 0,83$ donc $C_c<3$, la courbe est mal graduée et donc absence d'une grande variété de diamètres. En profondeur de la pointe de Kafah, on a en effet, les caractéristiques granulométriques similaires à celles du sol en surface. D'ailleurs, les coefficients calculés donnent $\frac{0,2}{0,15} = 1,33$; alors $1<C_u<3$ pour une granulométrie en profondeur comme en surface dominée par un sable fin. Aussi, le coefficient de classement obtenu par : $\frac{0,16^2}{0,15\times0,2} = \frac{0,028}{0,030} = 0,93$ donnant $C_c<3$ est pratiquement égal au C_c en surface témoignant d'une courbe granulométrique mal graduée et donc d'une faible variété de diamètres (***figure* 6b**). On note ainsi aussi bien en profondeur qu'en surface de la zone estuarienne de la Casamance que les granulométries sont identiques et montrent l'absence de grosses particules. Ces caractéristiques, privilégiant une gamme spécifique de diamètres apparents (sable fin), confirment le fonctionnement sédimentologique de l'estuaire de la Casamance.

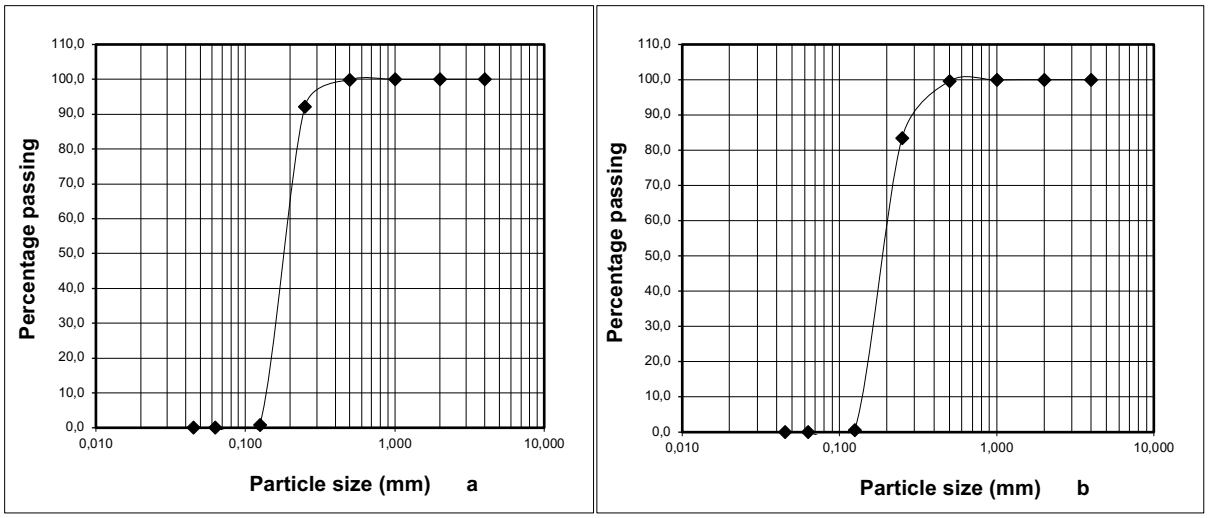


Figure 6 *: Courbes granulométriques de la pointe de Kafah (a: en surface ; b: profondeur).*

III-1.5. Le secteur de Gnikine

Au sud de l'embouchure de la Casamance, la courbe granulométrique montre une prédominance de la fraction comprise entre 0,63 et 0,500 mm en surface de la haute plage de Gnikine soit 98,4 % (***figure*7a**). Mais l'ensemble de l'échantillon est compris entre D<0,5 mm et D≤6,3 sur la quasi-totalité des plages de la Casamance.

Les coefficients d'uniformité et de classification montrent qu'entre les diamètres effectifs D_{10} et D_{60}, le sable est de façon générale fine. La courbe est d'ailleurs uniforme à ce niveau, car $\frac{0,35}{0,19} = 1,84$; alors $1<C_u<3$, donnant une granulométrie uniforme.

En plus, la courbe bien graduée témoigne de la présence d'une variété de particules entre les diamètres effectifs D_{10} et D_{60} $Ainsi,\ on\ a\ \frac{0,28^2}{0,19\times0,35} = \frac{0,078}{0,066} = 1,18$ donc $1<C_c<3$, et $C_u<4$ la courbure de la courbe est donc bien graduée. On est en présence de sable fin en surface de la haute plage de Gnikine.

À la différence de celui de la surface, tout l'échantillon de la profondeur de la haute plage de Gnikine (***figure*7b**) est compris entre 0,063 et 0,500 mm soit 100 %. Il y a donc une absence totale de particules grossières au profit des particules fines d'où la présence d'argile dans l'échantillon. C'est ce que montrent les coefficients ci-après : $\frac{0,2}{0,14} = 1,42$ alors $1<C_u<3$, la granulométrie est bien uniforme, car la répartition des particules en profondeur est dominée par les sédiments fins. Par ailleurs, en poussant l'analyse, le C_c donné par :$\frac{0,16^2}{0,14\times0,2} = \frac{0,025}{0,028} = 0,89$ correspondant à $C_c<1$ implique une variation relative très petite de la pente de la courbe qui est ainsi bien graduée. Il y a donc la présence d'un sol grenu, car plus de 50 % des éléments ont une taille $\geq 0,063\ mm$. Ainsi, la plupart des particules sont retenues dans le tamis 0,125 mm. Par conséquent au niveau de la haute plage, les sédiments sont de plus en plus fins, de la surface à la profondeur.

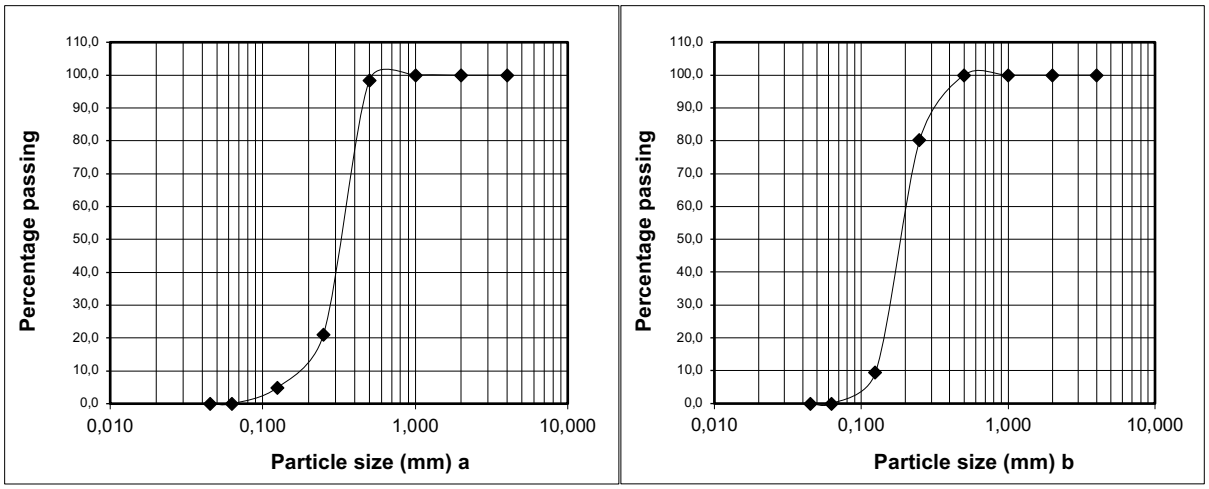


Figure 7 : *Courbes granulométriques de la haute plage de Gnikine (a : en surface ; en profondeur)*

En surface de l'estran de Gnikine (***fig.* 8a**), la courbe granulométrique montre une présence de fractions plus variées laissant apparaître toutes les fractions sauf les galets, et donc comprise entre 0,045 et 2 mm. Par conséquent, D<0,5 mm et D≤6,3 mm témoigne d'un sable à majorité fin. Par ailleurs, le coefficient d'uniformité obtenu par $\frac{0,21}{0,15} = 1,4$ ainsi $1<C_u<3$, laisse voir une granulométrie uniforme du fait de la présence de sable gros et de l'argile. En plus $\frac{0,17^2}{0,15\times0,21} = \frac{0,028}{0,028} = 1$ conduisant à $C_c=1$ ou à une courbe est mal graduée, car le coefficient de courbure est très proche de la référence.

Ainsi, à la différence de la surface (***figure* 8b**), les particules fines sont plus présentes à l'horizon 70 cm (profondeur) soit 99,8 % de l'échantillon prélevé. La variation de diamètres est donc moins importante en profondeur et comprise entre 0,045 et 1 mm. Ainsi, en se basant sur les coefficients, le sable à ce niveau est globalement fin. Cependant, les caractéristiques granulométriques des courbes dans cette séquence géomorphologique sont similaires puisqu'on a $\frac{0,2}{0,14} = 1,42$ alors $1<C_u<3$ qui montre que la granulométrie est uniforme avec l'absence de sable très gros comme en surface. En outre, si $\frac{0,17^2}{0,14\times0,2} = \frac{0,028}{0,028} = 1$; $C_c=1$ donne un coefficient de courbure trop petit, le sol est mal gradué en profondeur comme en surface (***figure* 8b**)

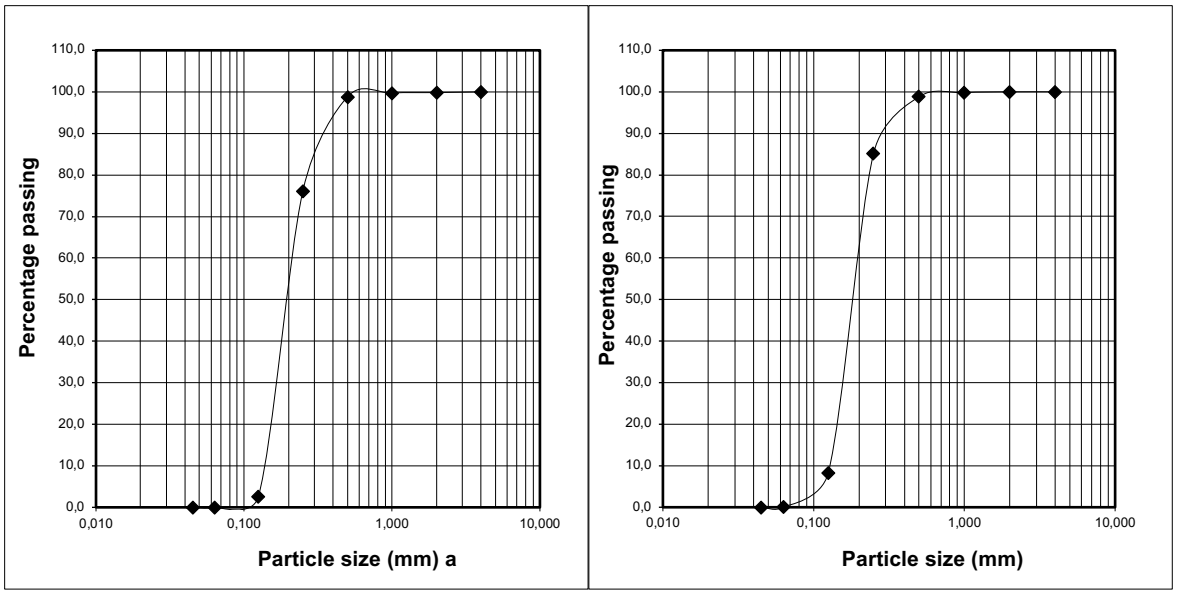


Figure 8 : *Courbes granulométriques de l'estran de Gnikine (a : en surface ; b : en profondeur)*

En somme, il ressort de l'étude des caractéristiques granulométriques des côtes de la Casamance que le sol est majoritairement sableux. Par ailleurs, en se basant sur les diamètres effectifs D60 et D_{10}, les courbes granulométriques données par la Norme Française (NFP 18-540), le sable est globalement fin. Les coefficients d'uniformité et de courbure ont permis de caractériser la variation spatiale des sédiments entre les séquences géomorphologiques sur lesquelles les échantillons ont été prélevés. Cette variation spatiale des sédiments fait l'objet d'analyse de la dynamique sédimentaire.

III-2 Analyse de la dynamique sédimentaire

L'étude granulométrique est nécessaire pour comprendre la dynamique sédimentaire. De ce fait, la sédimentation fluviale est mesurable avec plusieurs méthodes d'échantillonnage [11]. Le transport sédimentaire est un domaine très large regroupant de nombreux aspects, tant théoriques qu'expérimentaux [3]. Le mode de transport des sédiments est par ailleurs tributaire de leur nature et de leur taille. En Casamance littorale, la composition de la plage est essentiellement sableuse. En se basant sur la classification de [12], nous allons analyser ici leur répartition sur les hautes plages, les estrans, et dans l'estuaire.

III-2.1. Comportement sédimentaire sur la plage de Niafrang-Abéné

Sachant que la taille limite du sable est 2 mm, il est alors remarqué que celui-ci est la fraction dominante dans les échantillons prélevés. À la surface des dunes qui constituent ici la haute plage, c'est le STF qui domine avec 80,27 % des refus. Pour une même quantité de sédiments en profondeur à l'horizon -70 cm, le STF représente 37,39 % (***figure* 9a**). En effet, plus la taille des grains est grande, moins l'énergie (quelle que soit sa nature) a la capacité de les transporter. Or, en surface des hautes plages, l'énergie éolienne intervient dans le déplacement des sédiments. Par contre, à l'horizon -70 cm la composition granulométrique est en faveur du SF soit des fractions comprises entre 0,125 mm à 0,25 mm. Les sédiments deviennent plus gros en profondeur avec 57,95 % de SF. Par ailleurs, la présence de SM et des limons notés en

profondeur (horizon -70cm) témoigne d'une composition plus hétérogène qu'en surface (horizon 0 cm).

Au niveau de l'estran également, la composition granulométrique est comprise entre le SM et les limons (***figure* 9b**). La parenté génétique observée sur les intervalles granulométriques est donc liée aux échanges sédimentaires entre la haute plage et l'estran. Cependant, la configuration de la répartition granulométrique suit une dynamique inverse. En effet, contrairement à la haute plage, l'estran en surface est dominé par le SF (61,08 %). Le STF est présent, mais reste plus important dans les horizons inférieurs (-70 cm). De ce fait, en profondeur de l'estran, le STF constitue 77,55 % de l'échantillon prélevé. Il est noté par ailleurs une importante présence de limons (8,38 %). La même situation de la fraction limons au même horizon est observée sur la dune, mais avec une présence moins importante. Dans ce cas de figure, la dynamique sédimentaire entre ces deux séquences géomorphologiques peut être expliquée par la parenté génétique notoire résultant des échanges sédimentaires [6-9]. Ainsi, les deux types de transport sédimentaire pour un même écoulement peuvent être distingués à travers la taille et la densité des particules.

En somme, la parenté génétique entre la haute plage et l'estran témoigne d'une dynamique érosive avec la présence du STF (sur l'estran), mais plus importante dans la séquence géomorphologique d'origine (haute plage). Un échange sédimentaire s'effectue suite à l'érosion de pieds de dunes par éboulement ou les sédiments sont transportés soit par les courants d'arrachement soit par l'énergie éolienne vers l'estran.

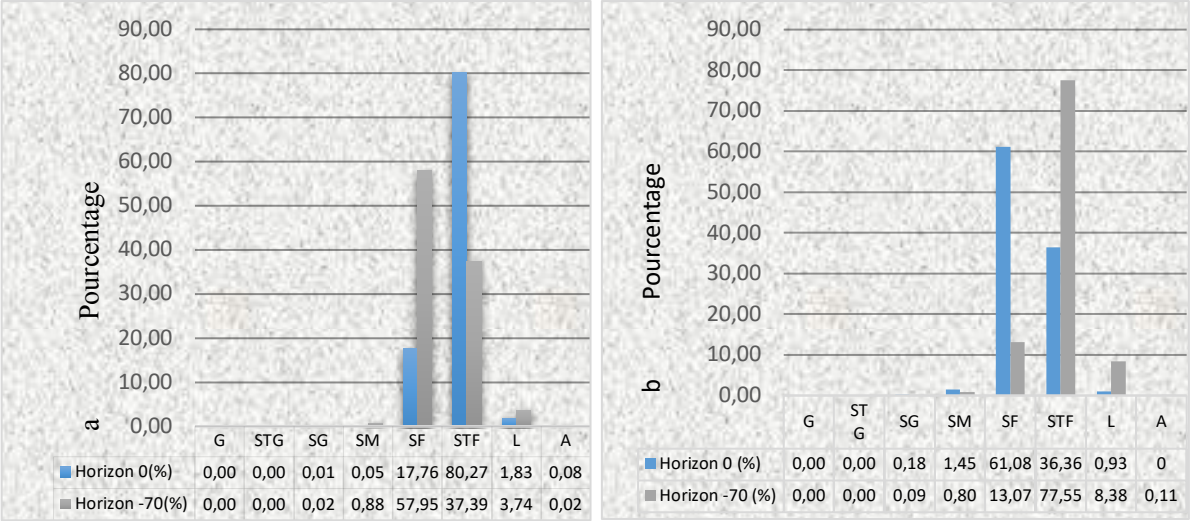


Figure 9 : *Distributions granulométriques sur la plage de Niafrang (a : sur la haute plage ; b : sur l'estran)*

III-2.2 Comportement sédimentaire dans les zones de dépôt

La zone de dépôt de Diana-plage est caractérisée par une ouverture d'une petite embouchure très souvent comblée par une accumulation. Ainsi, la période de prélèvement a coïncidé avec une phase de sédimentation et de la fermeture de la petite embouchure.
La zone de dépôt de Diana plage est caractérisée par la présence hétérogène de plusieurs fractions de sédiment, mais il est noté l'absence de STG même si les galets ont été tamisés

(***figure* 10a**). Cette situation atteste d'une érosion en amont vis-à-vis de la dérive littorale (nord), avec la présence de sédiments dominés par le SF (60,33 %), puis le STF (36,85 %) et les limons (2,01 %). Il y a donc une parenté génétique notoire entre la plage de Niafrang et la zone de dépôt de Diana-plage. En effet, avec le courant de la dérive littorale de direction nord-sud, les particules sont arrachées au nord puis déposées au sud du fait de la configuration (rectiligne) de la côte à ce niveau. En plus, certains agents dynamiques (marées, vagues) génèrent parallèlement des courants capables d'arracher les sédiments en amont pour être transportés par le courant de la dérive (nord-sud). C'est pourquoi, en comparant les caractéristiques granulométriques de Niafrang (nord) et de la zone de dépôt de Diana-plage (sud), on trouve le même mode de transport (saltation) où les particules de sédiments sont arrachées en amont et suivant le sens du courant de la dérive, pour enfin être déposées (zone d'accumulation).

En outre, la présence des particules relativement grossières mêmes si très peu représentées (SM 0,71 % et SG 0, 01 %) est caractéristique d'un dépôt de sédiments marins non soumis forcement à des forces d'interaction leur permettant de se mobiliser indépendamment les uns des autres. Cela témoigne de leur caractère non cohésif [14]. En plus, la présence de galets (0,048 %) dans l'échantillon atteste qu'on est en présence de courants forts pour les transporter par charriage.

Au sud de la pointe de Gnikine caractérisée par une érosion continue, s'est mise en place une accumulation. Elle correspond à une sédimentation très hétérogène dont les mailles sont comprises entre 2 et 0,02 mm. Toutes les fractions prédéfinies sont alors présentes à l'exception des galets (***figure* 10b**). Ce type de composition granulométrique est similaire à celle de la zone de Diana-plage au nord de l'embouchure de la Casamance. Aussi, la parenté génétique de ces deux sites atteste que dans les zones caractérisées par une accumulation, la composition granulométrique est souvent hétérogène. Il est cependant constaté qu'au sud de la pointe de Gnikine, les accumulations sont riches en SF (70,47 %), en STF (19,60 %) et en SM (8,42%). Les particules grossières sont peu présentes avec 0,48 % en SG et 0,07 % STG. L'échantillon montre ainsi que la zone de progradation est globalement pauvre en éléments grossiers et en argile. Les fractions, comprises entre 0<d =0,063 mm, expliquent le mode transport (saltation). De surcroît, l'absence de particules très grossières (galet) peut être expliquée par des conditions hydrodynamiques relativement faibles pour les transporter.

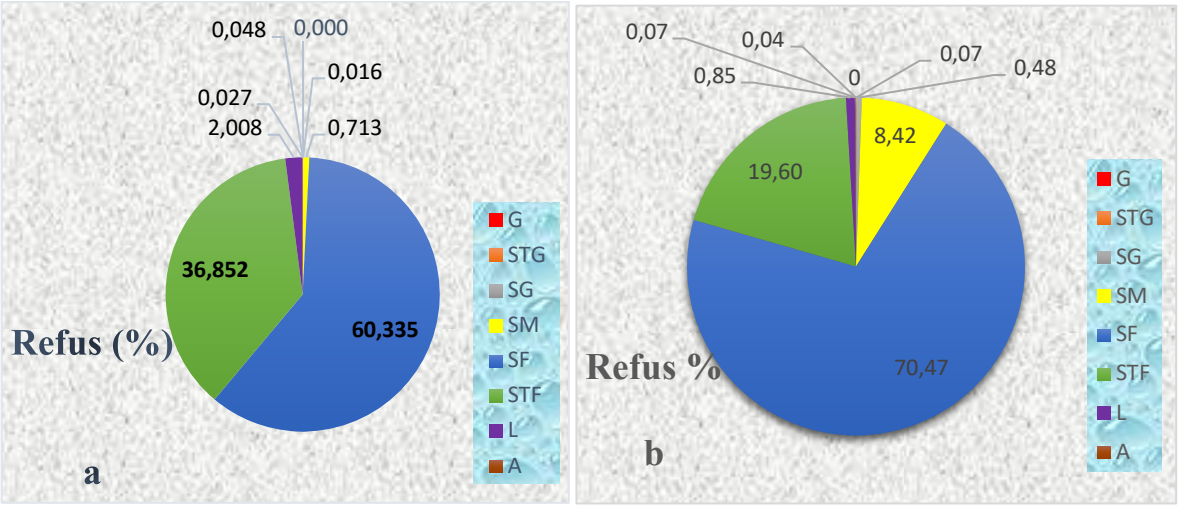


Figure 10 : *Distributions granulométriques de la zone de dépôt (a : Diana-plage ; b : Gnikine)*

III-2.3. Comportement sédimentaire à l'embouchure de Diogué et dans l'estuaire de la Casamance

La pointe de Diogué est située tout juste au nord de l'embouchure du fleuve Casamance. À ce niveau, le fonctionnement de la dynamique sédimentaire est animé principalement par des énergies fluviatiles et marines. On note un apport sédimentaire à la fois interne, externe et intermédiaire attestant des caractéristiques sédimentologiques complexes. Ainsi, la pointe de Diogué, étant plus proche de l'embouchure et en ouverture avec la mer, est aussi animée par des processus et apports sédimentologiques marins [15]. Par ailleurs, capable de remanier les dépôts de sable sur place, la marée développe également une énergie considérable pour déplacer le sable. La pointe de Diogué est donc instable et se déplace au fil du temps. Ainsi, depuis quelques années, les bancs de sable à ce niveau s'incurvent à l'intérieur de l'estuaire.

Les caractéristiques granulométriques sur la pointe de Diogué sont marquées par une prédominance du SF dans les deux horizons (0 cm et -70 cm), mais plus importante en surface. Il y a alors 64,84 % de SF en surface contre 51,33 % en profondeur. Ainsi, cette fraction de sable dominant dans tous les deux horizons laisse observer des similitudes attestant le même mode de transport (saltation) sur la pointe. Ces mêmes paramètres hydrodynamiques ont également conditionné le transit sédimentaire du STG avec une légère domination en surface (***figure* 11a**). De ce fait, de la surface à la profondeur, il y a respectivement 25,98 % et 24,54 % de STF. Par ailleurs, la présence de limons et d'argile est un indicateur de transport en suspension. Or, les particules fines de diamètre inférieur à 0,045 mm sont des apports fluviatiles. En outre, le bol inférieur a également enregistré de refus de l'ordre de 0,02 % en profondeur (+70 cm). Cependant, à côté de ces particules fines, on observe la présence de STG, SG, SM soit des tailles comprises entre 2<d<0,5 mm, mais toujours plus important à l'horizon +70 cm. Ainsi, cette composition granulométrique très hétérogène s'explique par l'apport sédimentaire mixte. Le faciès sédimentaire du site de Diogué est alors mixte avec des apports à la fois marins et continentaux. La pointe de Diogué est ainsi dynamisée par les énergies marines et les débits relativement équilibrés.

À l'image de la pointe de Diogué qui est plus externe et bénéficie de plus d'apports sédimentaires marins, la pointe de Kafah située au nord-ouest de l'île de Carabane est dynamisée par des débits fluviatiles et marins. Cependant, inversement à la zone externe, dominée par le SF à tous les deux horizons, la zone intermédiaire de l'estuaire est enrichie par du STF avec des proportions plus élevées. Ainsi, bien qu'elle soit hétérogène comme sur la partie de Diogué, la composition granulométrique de Kafah laisse voir une parenté génétique notoire. A cet effet, STG et SG (***figure* 11b**) dominent toujours les horizons inférieurs.

Par ailleurs, la faible présence du SM, qui est au contraire bien présent en zone externe, témoigne de la faiblesse de l'énergie (courant de la marée) et de la dynamique sédimentaire grossière en zone intermédiaire. En effet, plus l'énergie est forte, plus on observe de particules grossières en zone de dépôt. Or, sur la flèche de Kafah, les particules fines sont dominantes (STF). Il est noté ainsi, 91,25 % en surface et 82,83 % de STF en profondeur. Il y'a alors une faible différence entre les deux horizons. Cette différence s'explique par l'homogénéité de la trame texturale et des mêmes conditions hydrodynamiques de dépôt entre les étages considérés [6]. Ces conditions hydrodynamiques sont moins fortes et les agents de transport générés mobilisent plus les particules fines que grossières.

Globalement la particularité de la pointe de Kafah réside dans sa composition granulométrique caractérisée par la présence de fraction de particules très fines. Cela s'explique par le fait que les apports continentaux moins grossiers que les apports marins sont plus faciles à transporter par les courants de la marée (jusant et flot), principaux agents de remodelage des plages caractérisées par des vasières à mangrove.

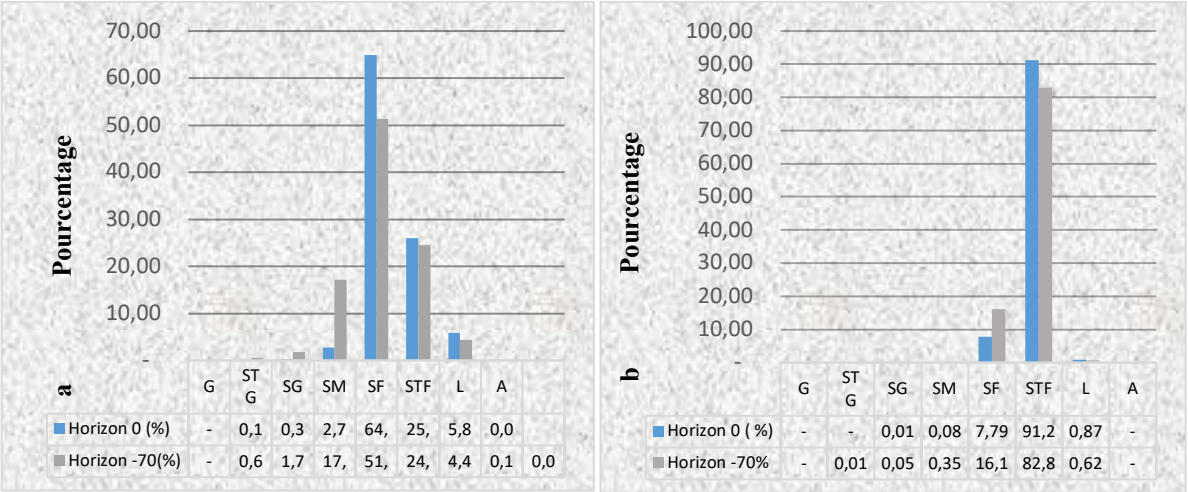


Figure 11 : *Distribution granulométrique à la pointe de Diogué et de Kafah (a : pointe de Diogué ; b : pointe de Kafah)*

III-2.4. Comportement sédimentaire sur la plage de Gnikine

La partie sud de l'embouchure de la Casamance a un fonctionnement similaire à celui de la partie nord. Contrairement à la zone estuarienne, la dynamique sédimentaire à la pointe de Gnikine est beaucoup plus sous l'influence des courants de la dérive induits par la houle.

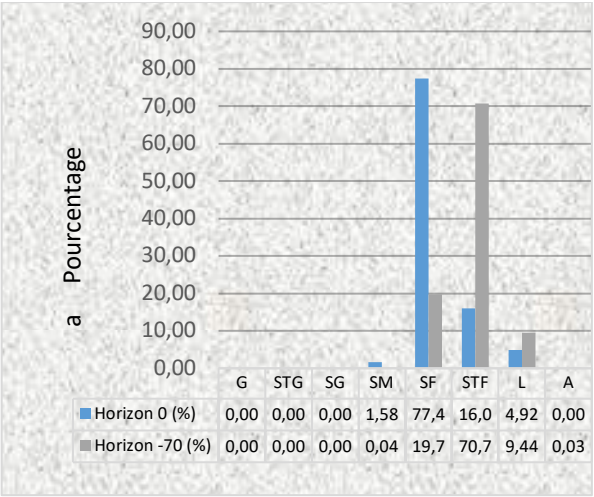
Ainsi, deux horizons sont également prélevés sur chacune des séquences géomorphologiques (haute plage et estran). Sur la haute plage, la présence des fractions en sable dominant la

composition granulométrique est comprise entre le SM et les limons. L'argile est peu présente en profondeur (***figure* 12a**).

En surface de la haute plage, le SF domine avec 77,42 % de l'échantillon prélevé ; la présence du STF y est notée, mais moins importante (16,07 %). En revanche, la quantité de sable est plus importante en profondeur avec 70,77 % contre 19,72 % de SF. De surcroît, la présence de limons sur la haute plage est plus importante à -70 cm, horizon où l'on peut également constater la présence d'argile. Ainsi, à cette échelle de strate, les particules deviennent de plus en plus fines en profondeur. En effet, ce site de prélèvement, étant dépourvu de végétation reste vulnérable face à l'érosion éolienne où le transport des particules fines est plus facile.
Ainsi, sur l'estran, une inversion de la situation est observée. En effet, la trame texturale est homogène et les mailles prédéfinies sont toutes présentes à l'exception des galets (***figure* 12b**). Ceci explique une dégradation en amont permettant une alimentation au sud et aussi un apport des sédiments marins avec une force de courant plus forte.
Par ailleurs, en l'absence du STG en profondeur, une présence de 0,02 % en surface constitue une sédimentation récente. Les proportions de SG et SM sont pratiquement les mêmes. En revanche, le sable fin est moins présent en profondeur soit 13, 57 % contre 22,69 % en surface. En outre, le STF, plus présent sur l'estran, est pratiquement à proportion égale entre la surface et la profondeur (horizon -70 cm). Il représente alors 73,70 % de l'échantillon en surface et 76,98 % en profondeur. Par ailleurs, les limons sont plus importants en profondeur (8,24 %) de même que l'argile (0,03 %). Ce qui laisse voir des particules de plus en plus petites en profondeur (horizon -70 cm) (***figure* 12b**).

En comparant les deux séquences géomorphologiques prélevées, il est constaté que les strates granulométriques sont similaires. Il y a donc une parenté génétique principalement entre les fractions de sable comprises entre 0,5 et 0,045 mm.

La haute plage est modelée par les agents dynamiques éoliens tandis que l'estran est animé par des transports de courants marins et des apports éoliens de la haute plage. Mais le mode de transport (saltation) qui domine ici explique l'enrichissement de l'estran en SF et STF.



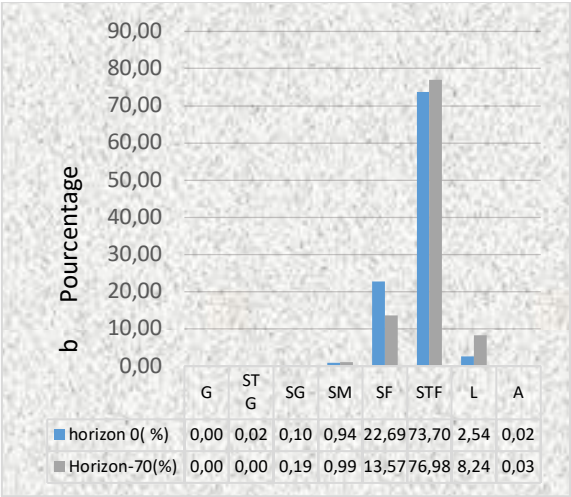


Figure 12: *Distributions granulométriques sur plage de Gnikine (a : sur la haute plage ; b : sur l'estran)*

IV- DISCUSSIONS

L'objectif de cette contribution est de déterminer les caractéristiques granulométriques sur le littoral de la Casamance. À partir de ces caractéristiques, les modes de transport sont déterminés. Les plages du littoral ont une fraction dominante de SF et STF variant entre 98,12 % et 99,02 %. Cependant, les variations en profondeur et en surface ne suivent pas une même logique. En effet, tantôt le SF est plus important en profondeur tantôt il est en surface (cas de la haute plage de Niafrang surface STF 80,27 % et 37,39 % en profondeur avec 57,95 % du SF). Mais au niveau de l'estuaire, les conditions hydrodynamiques changent et sont moins fortes et les agents de transport générés mobilisent plus les particules fines d'origine fluviatile. Les particules de STF dominent (82,8 % et 91,2 % respectivement en profondeur et en surface. Contrairement au littoral de Saly Portudal où la prédominance des sables fins voire très fins est due à la fois aux situations hydrodynamiques du milieu, mais surtout à la forte artificialisation [9]. Les plages de la Casamance sont presque dépourvues de grands ouvrages pouvant impacter la dynamique sédimentaire. Mais comme dans le complexe laguno-estuarien de Somone, les fractions de STF varient entre 0,09 % et 2,29 %, le SF entre 0,06 % et 99,66 %, le SG entre 0,19 % et 45,55 % et sont essentiellement apportées par les rivières, avec cependant quelques faciès sableux originaires du domaine des plages [16]. Ces résultats sont également en concordance avec nos résultats du fait de la présence par endroit des galets dans les échantillons prélevés sur la bande côtière.

Ce même mécanisme hydro-sédimentaire est observé à l'embouchure du fleuve Sénégal. En effet, les résultats de l'étude [15] sur la langue de Barbarie montrent que la différence entre les bords est et ouest des deux rives, nord et sud, s'explique par le fait que les secteurs qui font face à l'océan et exposés à l'action directe des jets de rives sont soumis à une dynamique plus active. Les particules plus lourdes, de la taille des sables moyens (0,50-0,25 mm), s'y déposent donc en plus grande proportion [15]. Il ressort aussi des résultats de [15] que le secteur bordé par le fleuve (côté est) est longé par de faibles courants, tout particulièrement au sud de l'embouchure ; les teneurs en sables fins (0,25-0,125 mm) y sont donc particulièrement élevées. Ainsi, la taille des particules détermine le mode de transport des sédiments. Cette situation est illustrée par le comportement des particules en fonction de leur taille et de la vitesse du courant [17]. En effet, plus les particules sont grossières, plus l'énergie nécessaire à les transporter est grande. Ainsi, pour l'intervalle compris entre le SF et les galets par exemple, le déplacement des grains nécessite une augmentation de la vitesse du flux vecteur avec leur granulométrie. Pour les particules fines, les résultats ont montré la nécessité d'une forte vitesse du flux pour les mobiliser. Ce comportement paradoxal est la conséquence de la grande force de cohésion qui existe entre les particules les plus fines. Mais lorsque ces particules sont déjà arrachées, elles peuvent être transportées à des vitesses nettement plus faibles [17 ;18 ;19]

Dans ce travail, on note que la majorité du sable est fin ; ce qui est certifié en déterminant le module de finesse (MF) donné selon la Norme Française (NFP 18-540). En revanche, en utilisant le coefficient de Hazen ou coefficient d'uniformité de Hazen (C_u) et le coefficient de classement (C_c), l'on ne peut que déterminer la régularité ou non de la composition granulométrique et surtout entre les diamètres effectifs D_{10} et D_{60}.

V- CONCLUSION

L'analyse granulométrique a révélé que les particules de sables sur les plages sont d'origine locale issue soit des plages en amont avec les courants d'arrachement sur les pieds de falaise de sable, soit fluviatile, constituant des zones de mélange sur les parties intermédiaires et externes de l'estuaire de la Casamance. Il existe là une différence dans la répartition de particules granulométriques entre l'intérieur de l'estuaire de la Casamance et la frange côtière, ce que montre l'analyse de la dynamique sédimentaire.

En effet, le fonctionnement hydrodynamique de l'estuaire de la Casamance permet un échange sédimentaire entre sa partie interne et celle externe. Cela se justifie par le fait que les parentés génétiques entre les échantillons de l'estuaire et ceux de la côte extérieure sont nettes. Naturellement, sur la côte de la Casamance, la houle est un élément incontournable dans le remodelage des plages. En arrachant du matériau de sable qui va être en suspension au large, la houle induit parallèlement un courant de la dérive qui mobilise les sables vers le sud, sens d'ailleurs de sa direction. Une partie de ces particules est, par endroits, déposée (zone de dépôt 1) et le reste peut continuer vers l'embouchure. À ce niveau, les courants de marée rabattent une partie du sable transporté par la dérive vers l'intérieur de l'estuaire (pointe de Diogué). Par ailleurs, à l'intérieur de l'estran, la formation d'une pointe de sable orientée vers l'Est (pointe de Kafah) est également sous l'influence des courants de la marée. Ainsi, sous l'influence de la houle, la pointe de Gnikine est perpétuellement érodée, mais la deuxième pointe de Diembéring (zone de dépôt 2) déviant la dérive et avec l'apport de la houle du sud-ouest, repousse les sédiments vers le nord qui ensuite sont rabattus vers l'intérieur par les courants de la marée (jusant et flot). Ainsi, ces apports participent au développement de la flèche de Carabane vers l'est (Kafah). Ces échanges sédimentaires font que des parentés génétiques sont souvent observées entre les différentes séquences géomorphologiques sur lesquelles le prélèvement a eu lieu.

RÉFÉRENCES

[1] – M. LAVAL, L. FERRY, N. COULIBALY, D. MARTIN, N. MUTHER N, « Évaluation et analyse de la dynamique sédimentaire dans le barrage-réservoir de Sélingué (Mali) » *revue de Géographie de Ouagadougou* (2012), pp.45-68

[2] - E. SILITONGA, « Valorisation des sédiments marins contaminés par solidification/ stabilisation à base de liants hydrauliques et de fumée de silice. Interfaces continentales, environnement ». Université de Caen (2010).

[3] – A. BERCHET, « Modélisation par des méthodes lagrangiennes du transport sédimentaire induit par les mascarets. Milieux fluides et réactifs ». Université de Poitiers (2014).

[4] - J. VIEILLEFON, « Les Sols des Mangroves et des Tannes de basse Casamance (Sénégal): Importance du Comportement géochimique du Soufre dans leur Pédogénèse », ORSTOM, Paris, N° 83 (1977) 291p.

[5] - A.J. ROLLET « Etude et gestion de la dynamique sédimentaire d'un tronçon fluvial à l'aval d'un barrage : le cas de la basse vallée de l'Ain », Géomorphologie. Université Jean Moulin, Lyon III, 2007.

[6] - S. NIANG « Dégradation chimique et mécanique des terres agricoles du Gandiolais (littoral nord du Sénégal), analyse des dynamiques actuelles d'adaptation », Thèse de Doctorat université Gaston berger de Saint Louis, (2017), 355p.

[7] – A.A.SY, « Dynamique sédimentaire et risques actuels dans l'axe Saint-Louis-Gandiol, littoral nord du Sénégal, littoral nord du Sénégal », Thèse de Doctorat, UGB (2013) 328 p.

[8] – M. SADIO, « Morphodynamique et aménagement des flèches littorales de la côte du Sénégal », Thèse de doctorat, UCAD ; AIX Marseille Université, (2017), 375p.

[9] - N.M. DIA, A.A.SY, « Pressions anthropiques, dynamiques sédimentaires (caractéristiques granulométriques) des plages de Saly Portudal, au Sénégal », *Revue de géographie du laboratoire Leïdi* – ISSN 0851 – 2515 – N°15, décembre 2016. 17p.

[10] – A. LEVEQUE « Méthode de présentation des résultats d'analyse granulométrique des sables en vue de leur interprétation pour les sols développés sur le socle granito gneissique au Togo ». *Pédologue d '0RSTOM SSC Bondy* (1973) 13p.

[11] – L.B. HEDRICK, J.T. ANDERSON, S.A. WELSH, L. SHIN LIN, «Sedimentation in Mountain Streams: A Review of Methods of Measurement». *Natural Ressources*, 2013, 4,92-104 http://dx.doi.org/10.4236/nr.2013.41011,Published-Online_March/2013 . 13p.

[12] - C.K. WENTWORTH, «A scale of grade and class terms for clastic sediments». *Journal of Geology,* 30, pp377-392.

[13] – A. MUSY, T. SOUTTER, « Physique du sol, Presses Polytechniques et Universitaires Romaines », (1993), 335p.

[14] - J. C. WINTERWERP, W. G. M. VAN KESTEREN, « Introduction to the Physics of Cohesive Sediment in the Marine Environment ». *Developments in Sedimentology Series no. 56. Xiii*, (2004) 466 pp.

[15] – B.A.SY, « L'ouverture de la brèche de la Langue de Barbarie et ses conséquences, Approche géomorphologique ». *Recherches Africaines, Numéro 05-9-novembre* (2004).

[16] - A.S. SOW, C.A.T FAYE, A.A. SY, et S. NIANG S. 2018 : « Analyse sédimentologique et paléo-environnement des sédiments du complexe laguno-estuarien de la somone, petite côte du Sénégal », *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie., 32* (2018), *p 188 – 209.*

[17] – ANONYME, « Diagramme classique de Hjülstrom (1935) in *anonyme* (2008) 10 p.

[18] - M. THIOR, T. SANE, O .SY, L. DESCROIX, B. D. BA, B. SOLLY, V. MENDY : « Analyse Spatiale de l'évolution du trait de côte autour de l'embouchure du Fleuve Casamance (Sénégal) de 1968 à 2017, à Partir de l'outil DSAS », *European Scientific Journal March 2019, pp*.

[19] - B. A. SY, A. A. SY « Dynamique actuelle du cordon littoral de la grande côte sénégalaise de Saint-Louis à Niayam et ses conséquences ». *Revue de géographie du Laboratoire Leïdi, UGB*, nº8, (2010) p: 197-214.