

INTRODUCTION

Le littoral est la bande de terre comprise entre une étendue maritime et la terre ferme ; le continent. Cette zone subit l'action d'agents dynamiques marins, atmosphériques et anthropiques. Le Sénégal, avec plus de 700 km de côte et un espace maritime de 198 000 km², est dans le lot des pays d'Afrique de l'Ouest, qui subissent les effets des changements climatiques (érosion côtière, inondation...). Sur ces côtes se développent des activités économiques (tourisme, pêche...), sociales (habitats) entre autres. Cela est le cas du segment côtier situé entre Palmarin et Djifère correspondant à la zone de la présente étude.

Palmarin et Djifère sont sujets à un recul de la ligne de rivage et donc à une avancée conséquente de la mer. Cette avancée engendre une érosion du littoral et une perte de superficie de terres émergées. Depuis la rupture de la flèche de Sangomar en 1987 qui protégeait les villages situés sur le littoral, des effets de la houle, la mer ne cesse de progresser engloutissant des villages entiers (Diakhanor) et favorisant la salinisation des terres arables.

Notre étude est consacrée à l'évolution morphosédimentaires des plages de Palmarin et de Djifère pour la période allant de juin 2014 à janvier 2015. Elle ambitionne de contribuer aux études antérieures réalisées dans la zone (Niang-Diop, 1995 ; Diarra, 1999 ; Turmine, 2001 ; Sakho, 2011).

Ce mémoire est présenté en quatre parties :

- Présentation de la zone d'étude ;
- Méthodologie d'étude ;
- Analyse des résultats ;
- Synthèse des résultats et discussions.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I. Cadre géographique

La zone d'étude se localise sur la Petite Côte sénégalaise précisément dans le secteur situé entre Palmarin et Djifère. Elle est située au sud-est du Cap-Vert entre les latitudes 13°30'N et 14°30'N et les longitudes 16°W et 17°W (figure 1). Le relief y est relativement plat et la végétation est dominée par des palmiers, des filaos et des palétuviers. Le réseau hydrographique est représenté généralement par des lagunes bordant, le fleuve Saloum et ses défluents.

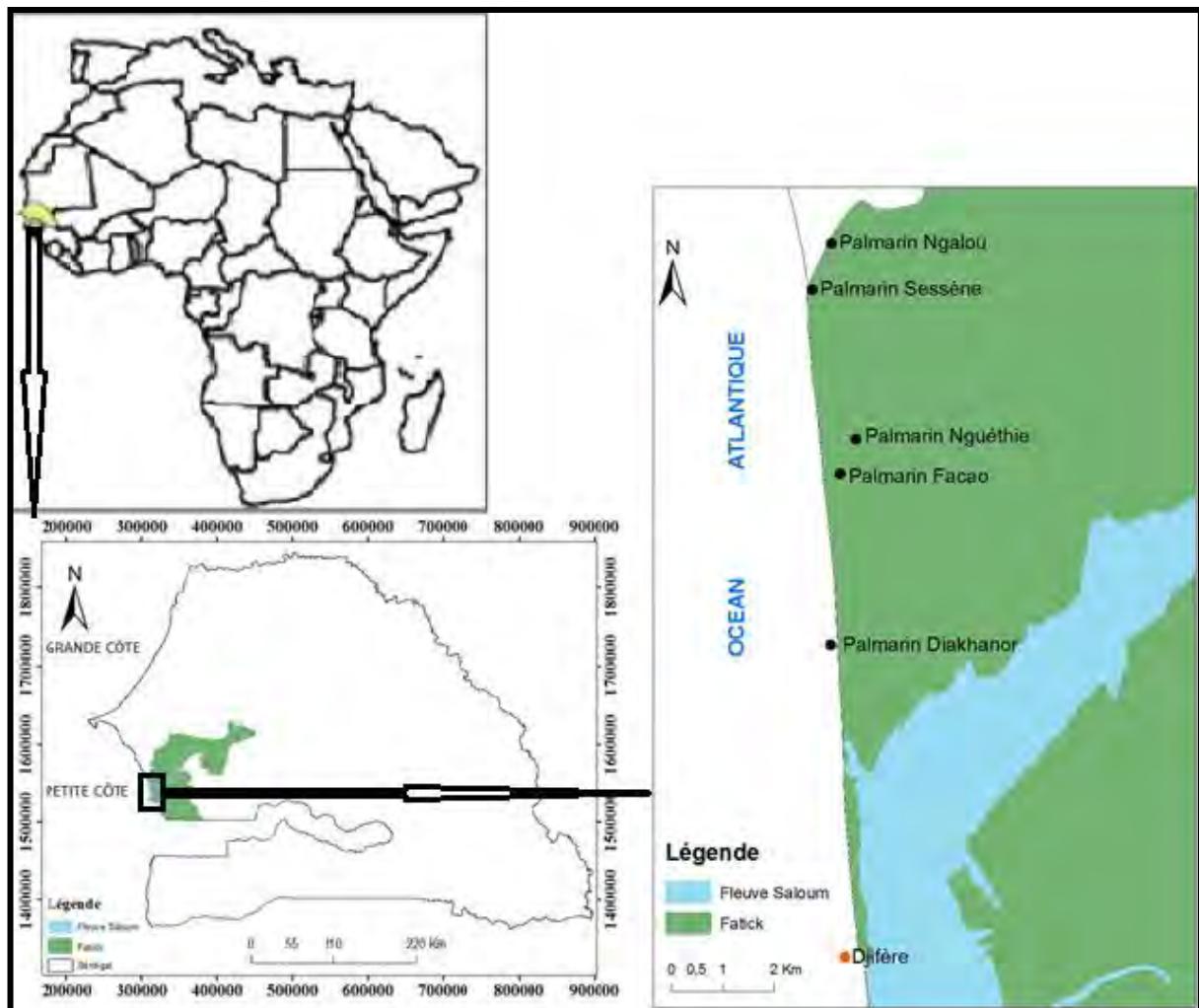


Figure 1 : carte de localisation de la zone d'étude

1. Les facteurs climatiques

1.1. La Pluviométrie

La Petite Côte sénégalaise (secteur compris entre Dakar et la pointe de Sangomar, englobant l'estuaire du Saloum (figure 1)) présente un contexte climatique soudanien. Ce dernier est caractérisé par l'alternance de deux saisons : une saison sèche (novembre-juin) et une saison humide (juillet-octobre) appelée hivernage. L'analyse du tableau 1 montre une baisse significative de la pluviométrie dans les régions de Kaolack et de Fatick entre 1927 et 1992 comme cela est, du reste, observé à l'échelle du Sénégal.

Tableau 1 : Moyenne pluviométrique annuelle (en mm) entre 1927 et 1992 (Diarra, 1999)

Années / Stations	Fatick	Kaolack	Touba Couta
1927	1048	1238	
1936	1114	1276	
1950 - 1959		922,1	
1960 - 1970		775,5	
1971 - 1983		449,5	
1986 - 1992	484,6	560,0	716,68

1.2. Les Températures

Elles sont élevées durant l'hivernage et relativement faibles en saison sèche. Selon les données de température de la station de Mbour de 1960 à 1999, nous constatons une augmentation des températures moyennes sur la Petite Côte en hivernage (28°C en juillet et 28,3°C en octobre) et une baisse relative à 24,5 en janvier.

1.3. Les vents

Les vents locaux de basse altitude interviennent dans la dynamique côtière parce qu'ils sont responsables des mers de vent locales et des upwellings côtiers (Niang-Diop, 1995). Ils participent dans le transport de sédiments en zones côtières dunaires. Sur le littoral sénégalais les vents au sol sont contrôlés par la position et l'intensité de quatre champs de pression (Leroux, 1977 et 1983 ; Rebert, 1983 *in* Niang-Diop, 1995) :

- deux anticyclones maritimes permanents ; l'anticyclone des Açores au Nord est la source des alizés maritimes de nord-est. Il s'installe de novembre à mars. Celui de Sainte Hélène, au Sud, est centré dans l'hémisphère sud (Golfe de Guinée) et provoque un flux de type mousson pendant l'hivernage (juin à octobre) ;

- l'anticyclone continental maghrébin (ou libyen), semi-permanent, est responsable de l'alizé continental, ou harmattan. Il dirige sur l'Afrique sahélienne le flux de l'harmattan de secteur est ;
- la dépression saharienne limitée au sud par le front intertropical, (F.I.T) (continent) ou zone intertropicale de convergence, (Z.I.T.C) (océan).

2. Les sols et la végétation

2.1. Les sols

Ils sont de trois types :

- les sols *diors*, de nature sablo-argileux favorables aux cultures céréalières et oléagineuses (mil, arachide) ;
- les sols *deck-diors*, argilo-sableux, favorables à la culture du riz et à l'arboriculture fruitière et au maraîchage ;
- les tannes, sols acides et hyper salés. Ils ne sont pas cultivables.

2.2. La végétation

Elle est de type soudano-guinéen à soudano- sahélien. L'influence de la mer apporte un climat favorable au développement de certaines espèces : mangroves (*Rizophara mangle*, *Rizopharara cemoza*, *Avicena africana*), pommier du cayor (*Neocarya macrophyalla*), ditakh (*Detarium senegalense*), fromager (*Ceiba pentandara*), palmier à huile (*Elaeis guinensis*), cocotier (*cocos nucifera*) ; badamier (*Terminalia catappa*) ; baobab (*Adansonia digitata*).

II. Cadre géologique

La Petite Côte sénégalaise est une partie intégrante du bassin sédimentaire sénégalo-mauritanien. Ce dernier est le plus occidental et le plus étendu des bassins méso-cénozoïques de la marge atlantique africaine. Largement ouvert sur l'océan, il s'étend sur environ 1400 km entre le Cap Blanc en Mauritanie et le Cap Roxo au Sud-Est de la Guinée Bissau, à travers le Sénégal et la Gambie. Sa plus grande largeur se situe à la latitude de Dakar (560 km) et sa superficie est d'environ 340 000 km² (Figure 2). La partie émergée a un relief peu accidenté; elle est limitée à l'Ouest par une côte généralement basse et sablonneuse à l'exception de quelques falaises rocheuses que l'on rencontre à Dakar et sur la Petite Côte. Ce bassin présente une structure monoclinale à pendage ouest qui plonge dans l'océan atlantique et l'épaisseur de la couverture s'accroît dans ce sens (figure3).

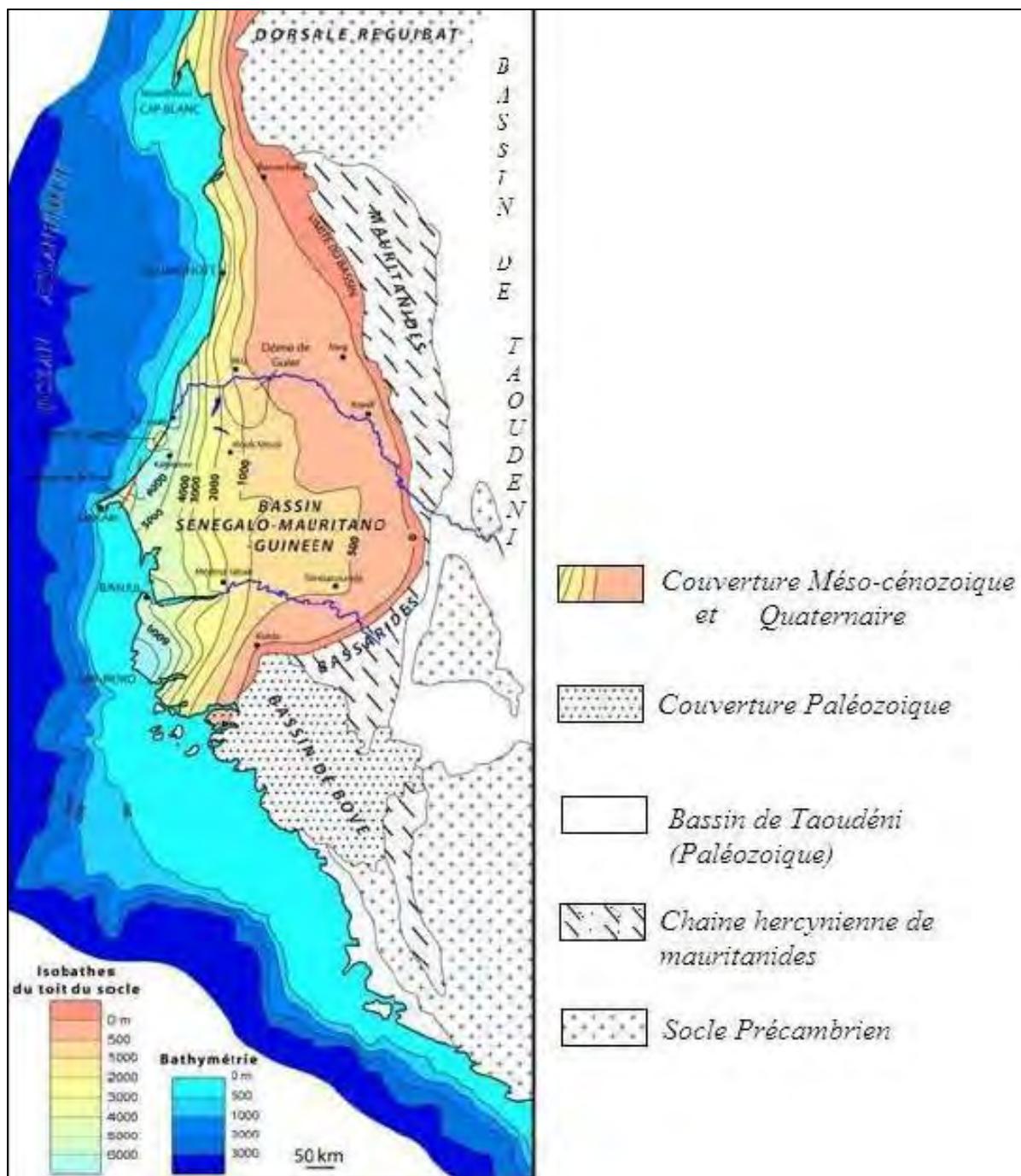


Figure 2 : Carte géologique du bassin sédimentaire sénégalo-mauritanien : (Roger et al., 2009)

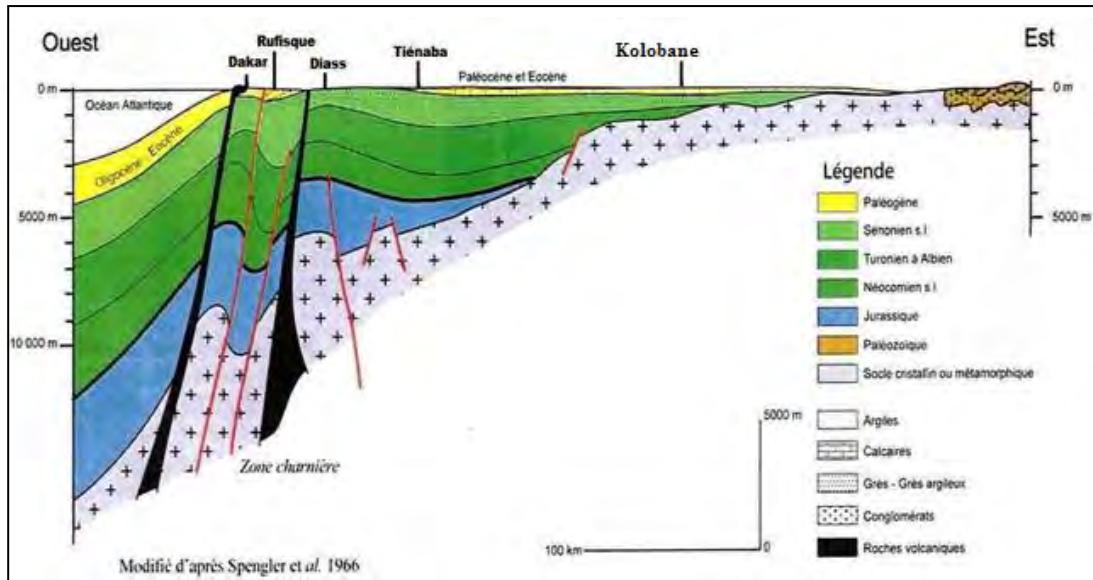


Figure 3 : Coupe schématique Est-Ouest du bassin sénégalo-mauritanien (Spengler et al., 1966).

1. Le secondaire

Au Crétacé supérieur, la sédimentation est essentiellement détritique avec des passages carbonatés dans sa partie inférieure à l'ouest du bassin. Les terrains les plus anciens connus à l'affleurement sont localisés sur le horst de Diass où ils ont été attribués au campano-maastrichtien (figure 4).

Le campanien ou Formation de Paky (Roger et al., 2009), affleure sur le horst de Diass sous forme de grés à intercalations argileuses dans les carrières de Paky et à la base de la falaise du Cap de Naze sous forme d'argiles noires feuilletées surmonté par un banc de grés calcaire (Sarr, 1995).

Le Maastrichtien ou Formation du Cap de Naze affleure sous forme de grés peu indurés, argileux (Sow, 1992 et Sarr, 1995).

2. Le Tertiaire

Le Paléocène est caractérisé par deux épisodes transgressifs. Le premier survient au Danien et forme des affleurements entre Toubab Dialaw, Poponguine et au sud-est du horst (Sarr, 1998). Le Danien est formé de calcaires gréseux coquillers, des argiles calcaires et une alternance marno-calcaire coiffée par des marnes à rosette de calcite (formation de Ndayane). On note une chute du niveau marin au Sélandien inférieur. Le deuxième épisode survient au Sélando-Thanétien (Tessier, 1952 ; Castelain, 1965). Une plate-forme carbonatée à tendance récifale s'installe avec un faciès calcaire zoogéné à lumachelles (formation de Poponguine).

La mer envahit la totalité du bassin à l'Eocène inférieur (Sow, 1992). Il est formé de faciès de plate-forme externe à faciès argileux passant à des marnes et calcaires fossilifères localisés à l'ouest du horst et au sud-est de Mbour (Sarr, 1995).

A l'éocène moyen, la mer persiste, les dépôts passent des calcaires aux marnes phosphatés à nummulites. Il affleure à l'Ouest dans la région de Thiès.

Le miocène marin présente un faciès détritique passant des argiles sableuses à des sables très argileux localisés à l'est du delta du Saloum (Sarr, 1982).

Le pliocène est caractérisé par une cuirasse ferrugineuse qui est un niveau gréseux ou argilo gréseux induré par les oxydes de fer.

3. Le Quaternaire

Le quaternaire est marqué par des péripéties glacio-eustatiques et climatiques et est représenté par des faciès transgressifs très variés intercalés de dépôts continentaux.

3.1. Le Pléistocène

Le Pléistocène inférieur (Tafaritien) est peu connu dans le bassin. Il est suivi de deux épisodes transgressifs (Eémien et Inchirien) séparant trois épisodes arides (Akcharien, Ogolien I et Ogolien II).

L'Akcharien (1 000 000 ans BP) précède la transgression émiennne, il est marqué par un climat tropical aride dont le caractère régressif reste à prouver (Hébard, 1978 *in* Diouf, 1989). Les dépôts sont composés de sables à caractère fluviatile.

L'Eémien (125 000 à 70 000 ans BP), aussi appelé Aouijien, il est un étage humide et transgressif caractérisé par une mer peu profonde. Au Sénégal l'envahissement est représenté par des grés calcaires à stratification entrecroisées, à faune riche en foraminifères et en débris coquillers indéterminables, (Elouard *et al.* *in* Diouf 1989).

L'Ogolien I (70 000 à 40 000 ans BP) est caractérisé par une période aride régressive qui a causé l'édification de massifs dunaires orientés NE-SW dans le nord du Sénégal (Diouf, 1989).

L'Inchirien (40 000 à 30 000 ans BP) correspond à l'épisode humide transgressif le mieux connu dans le bassin. Il présente des dépôts de grés calcaires fossilifères ou beach-rock enfouis en profondeur (Diouf et Fall, 1998).

L'Ogolien II (20 000 à 15 000 ans BP) suit l'Inchirien. Il est caractérisé par un climat aride. La baisse du niveau marin a pu atteindre environ -120m (Diouf, 1989). Le désert s'installe sur une bonne partie du Sénégal depuis le nord jusqu'à la Gambie (Sarr, 1982), caractérisé de

massifs dunaires orientés NNE-SSW. Cette phase s'arrête vers 18 000 ans BP et le retour transgressif de la mer s'amorce vers 15 000 ans BP.

3.2. Holocène (11 000 – 2 000 ans BP)

Le Quaternaire récent, comprend trois épisodes climatiques : Tchadien, Nouakchottien et Tafolien (Diouf, 1989).

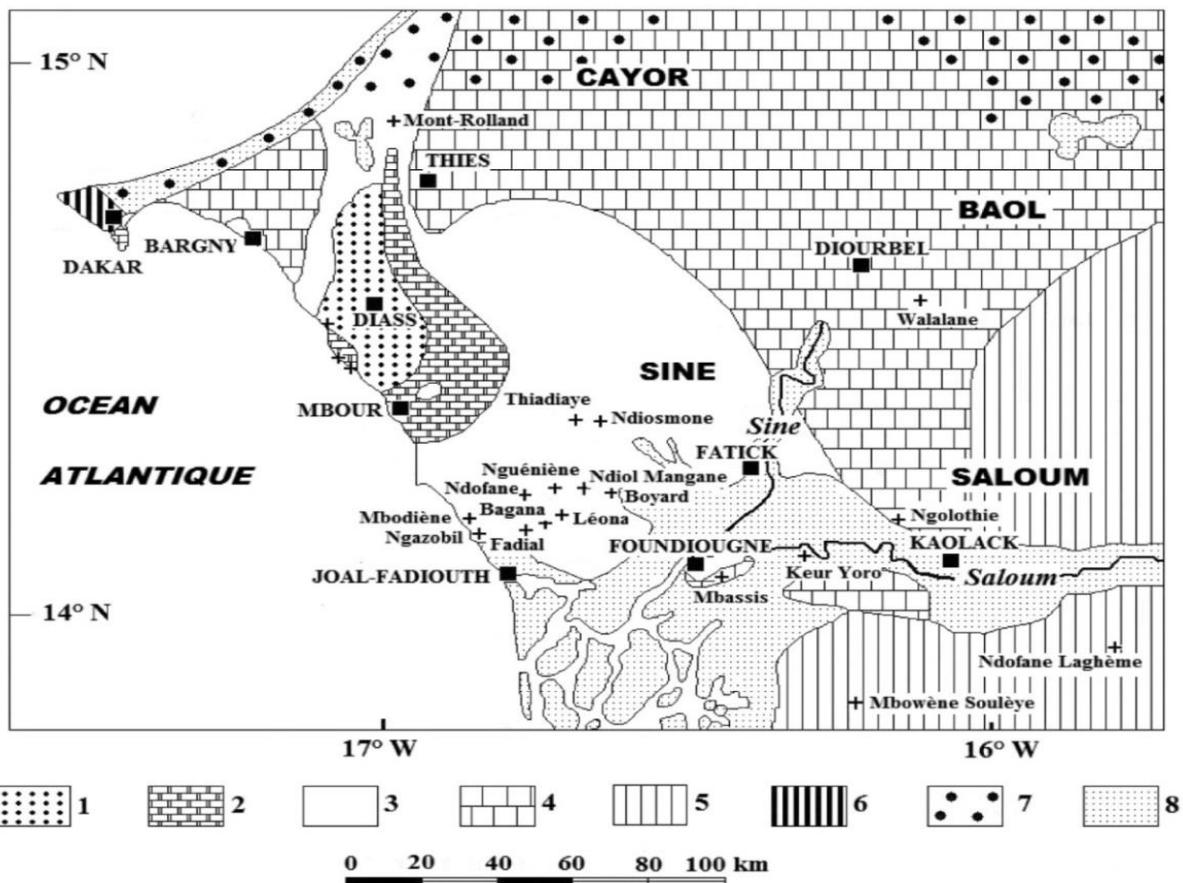
Le Tchadien (11 000 – 7 000 ans BP), est caractérisé par un climat humide avec une remontée du niveau marin vers -50m favorisant la formation de lacs et de marécages. Au Sénégal, il a permis la formation de tourbes dans les dépressions interdunaires des Niayes.

Le Nouakchottien (7 000 – 4 000 ans BP), la mer continue de remonter, atteint le maximum de transgression vers 5500 ans BP et finie par envahir les vallées du Sine-Saloum avec une sédimentation essentiellement marine.

Le Tafolien (4000 à 2000 ans BP) correspond à un épisode régressif caractérisé par un climat plus sec. Des courants de dérive littorale régularisent la côte (Elouardet *al.*, 1977 *in* Diouf 1989) et permettent la mise en place de cordons littoraux riches en minéraux lourds (ilménite, zircon, rutile et tourmaline).

3.3. Le subactuel et l'actuel

Vers la fin du Tafolien, un nouvel épisode de transgression survient. La mer s'est avancée jusqu'à la côte de +2m (Sarr, 1982). Cet épisode a été nommé le Dakarien. Il est suivi par plusieurs fluctuations mineures du niveau marin accompagnées d'un climat aride menant vers la sécheresse actuelle. De nos jours, on assisterait à une augmentation du niveau marin qui participerait au recul de la ligne de rivage au Sénégal.



1 : Groupe de Diass (Campanien terminal-Maastrichtien) : sable, grès, argiles. 2 : Formations de Ndayane et Poponguine (Paléocène) : calcaires gréseux, marnes, calcaires coquilliers. 3 : Formation de Thiès (Yprésien) : argiles, marnes et calcaires. 4 : Formations de Lam-Lam et Taïba (Lutétien-Bartonien) : marnes, calcaires, calcaires à Nummulites. 5 : Formation du Saloum (Miocène moyen à supérieur) : sable, grès, argile. Quaternaire. 6 : Basaltes et dolérites. 7 : Dunes Rouges. 8 : Alluvions récents et dépôts littoraux.

Figure 4 : carte géologique du Sénégal occidental (Sarr, 2012)

4. Tectonique

Au plan structural, la partie occidentale du bassin sédimentaire sénégalo-mauritanien est caractérisée par un système de failles normales, subméridiennes orientées NNE-SSW (figure 5). Elles déterminent un affaissement à l'Est de la presqu'île du Cap-Vert (graben de Rufisque-Bargny). Le horst de Diass s'individualise entre ce système et la faille de la falaise de Thiès située sur sa bordure orientale. Au sud du horst notamment à Joal et dans le Saloum les failles prennent une orientation NE-SW.

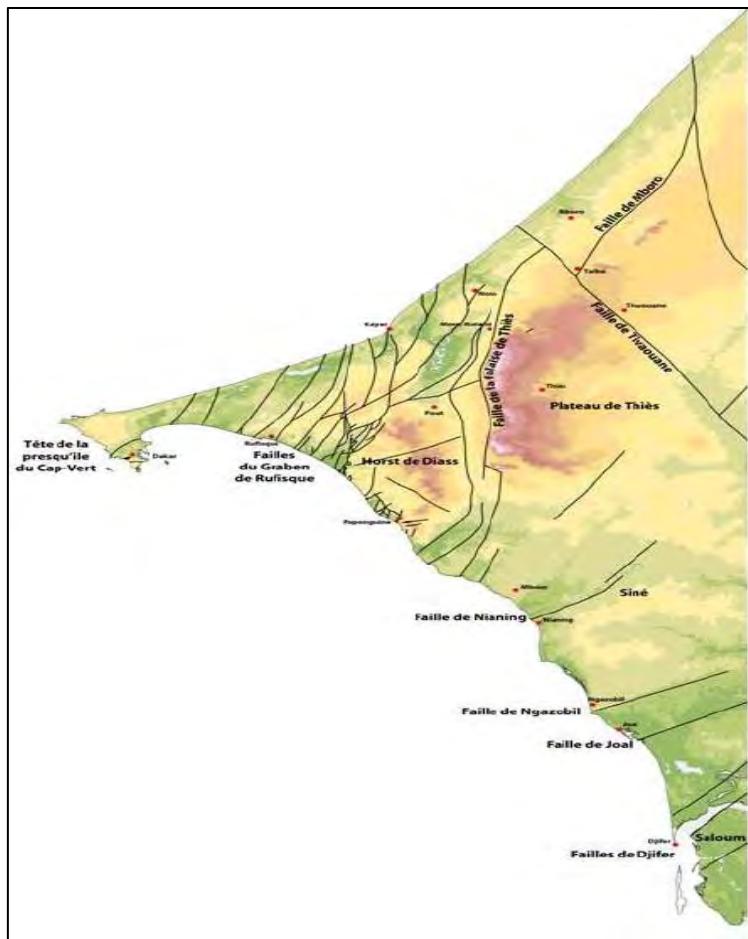


Figure 5 : Schéma structural de la partie Occidentale du bassin du Sénégal (Roger et al., 2009 in Bellion et Guiraud, 1979)

III. Cadre géomorphologique

1. Plateau continental

Sur la Petite Côte, le plateau continental s'élargit progressivement de la presqu'île du Cap-Vert vers le sud (Gambie). En effet, sa largeur minimale est située à la Presqu'île du Cap-Vert et est comprise entre 2 et 15 km et sa largeur maximale est atteinte au droit de la Gambie (80km).

2. Morphologie du littoral

La partie émergée à un relief peu accidenté ; elle est limitée à l'ouest par une côte généralement basse et sablonneuse à l'exception de quelques falaises rocheuses que l'on rencontre à Dakar et sur la Petite Côte. Le Sénégal présente un littoral de 700 km caractérisé par des côtes rocheuses (174 km environ), côtes sableuses (300 km environ) et des estuaires à mangroves sur environ 234 km (MEPN, 2005 in Sakho, 2011). En général le littoral

sénégalais comprend deux côtes aux caractéristiques morphologiques différentes situées de part et d'autre de la Presqu'île du Cap-Vert (figure 6) :

- la Grande Côte nord qui est sableuse, de direction NNE-SSW, délimité au sud par la Presqu'île du Cap-Vert et au nord par la flèche sableuse de la Langue de Barbarie ;
- la Petite Côte, parsemée de falaises, de pointes rocheuses, de plages sableuses et de systèmes estuariens, a une direction NNW-SSE.

La Petite Côte se caractérise par un déficit sédimentaire important dû à la présence des canyons de Kayar et de Dakar qui bloquent le transit sédimentaire provenant du nord. Sur ce secteur les fonds marins présentent des sédiments sableux à sablo-vaseux et des bancs rocheux.

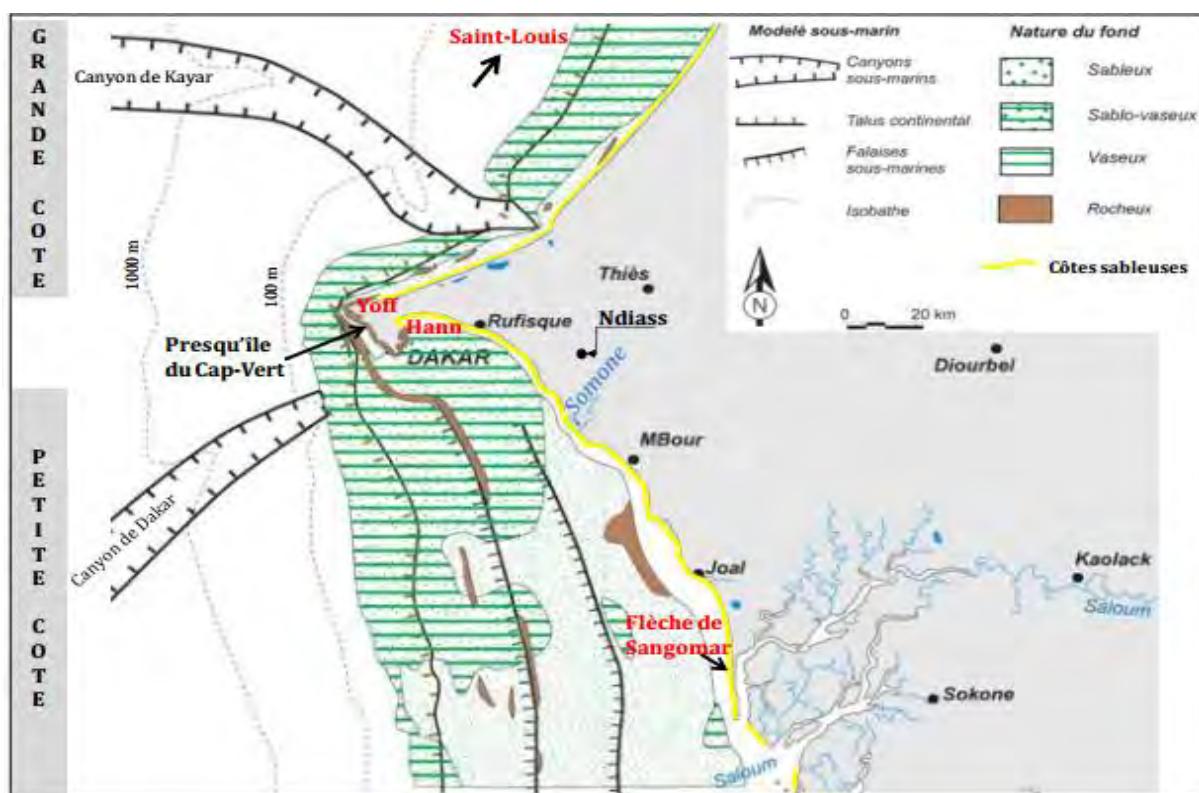


Figure 6 : Couverture sédimentaire marine de la Petite Côte du Sénégal (d'après Turmine, 2001)

IV. Hydrodynamique littorale

Les principaux agents hydrodynamiques en domaine littoral sont : la marée (flot, jusant), les courants de compensation (upwelling et downwelling) et les houles ainsi que les courants qu'elles induisent.

1. La marée

La marée désigne le mouvement oscillatoire du niveau marin causée par les attractions de la lune et du soleil sur les molécules liquides. Dans ce mouvement, lorsque le niveau de l'eau est maximal on parle de pleine mer (PM) ou marée haute. Dans le cas contraire, on parle de basse mer (BM) ou marée basse. Le marnage est la dénivellation entre PM et BM consécutives (figure. 7). La marée est de type sémi-diurne sur l'ensemble du littoral sénégalais. Le marnage moyen ou amplitude tidale moyenne est de l'ordre d'un mètre, mais il varie d'un point à l'autre de la côte sénégalaise (Diarra, 1999) (tableau 2).

Tableau 2 : variation du marnage du nord au sud sur la côte sénégambienne (Diarra, 1999).

Localisation	Amplitudes des marées en mètres	
	Vives eaux	Mortes eaux
St-Louis (fleuve Sénégal)	1,25	0,60
Dakar	1,20	0,60
Djifère (Saloum)	1,10	0,50
Banjul (fleuve Gambie)	1,60	0,70
Diogué (Casamance)	1,40	0,90

Le régime de marée est microtidal (marnage < 2m) au Sénégal. Selon Diarra (1999), l'onde de marée se propage au Sénégal depuis un point amphidromique situé à l'est de l'océan atlantique, près des Antilles. La propagation se fait du sud vers le nord sur l'ensemble de la côte ouest africaine, sur la petite côte du Sénégal, elle se fait du nord vers le sud. Le courant qui accompagne la marée montante est nommé flot et celui de la marée descendante, jusant. Ces courants ont des vitesses inférieures à 0,15 m/s, par contre elles augmentent au niveau des embouchures (0,5 m/s).

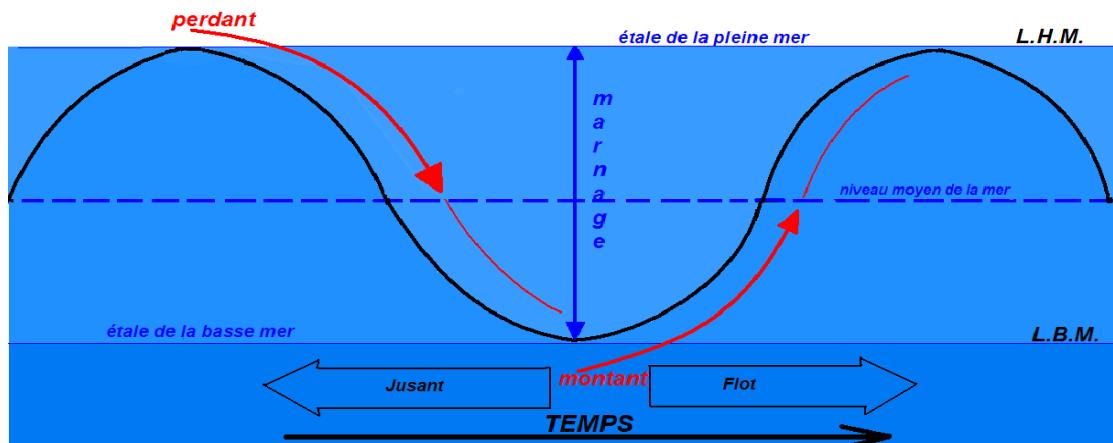


Figure 7 : Schéma de profil de marées avec leurs différentes caractéristiques (selon Bonnefille 1980) Limite Haute Mer (L.H.M), Limite Basse Mer (L.B.M.)

2. Les houles

La houle est une onde produite par l'action du vent à la surface de l'eau et dont la période est comprise entre 1 et 30s. Elle est caractérisée par la longueur d'onde (L en mètres), la hauteur (H en mètre), la période (T en secondes), la vitesse ($C = L/T$ en $m.s^{-1}$), la direction de propagation et la cambrure (H/L).

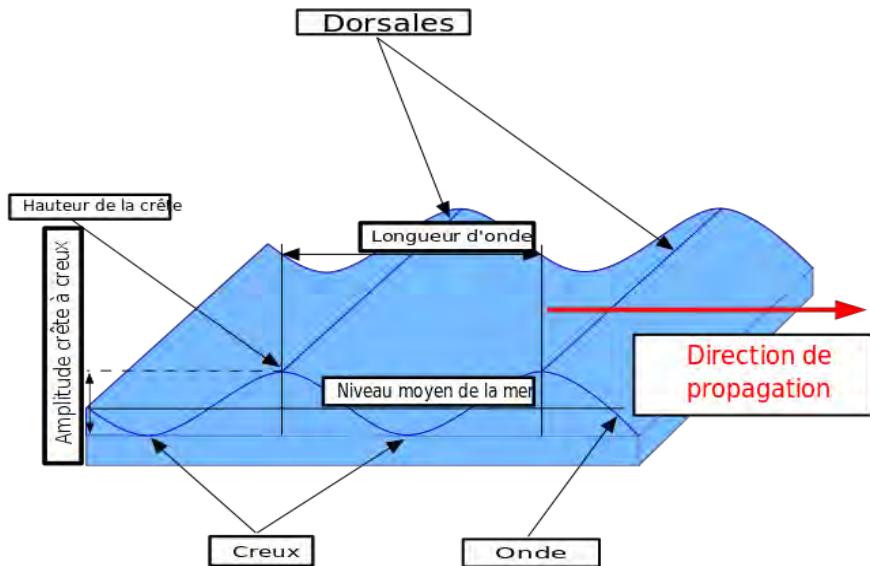


Figure 8 : Profil caractéristique de la houle

Le littoral du Sénégal est affecté par deux régimes de houles : les houles de courtes périodes et les houles longues. Les houles de courtes périodes sont générées par des vents locaux et les autres sont issues des hautes latitudes, entre 40 et 60°, dans les deux hémisphères (Niang-Diop, 1995).

Les houles longues sont de deux catégories :

- les houles de Nord-Ouest sont originaires de l'Atlantique Nord et sont présentes durant toute l'année sur les côtes sénégalaises. Des phénomènes de réfraction et de diffraction sont notés quand elles abordent la côte et au contact de la Presqu'île du Cap-Vert. Cependant l'énergie de la houle est amortie et la direction est changée en arrivant à la Petite Côte (Niang-Diop, 1995) ;
- les houles de Sud-Ouest proviennent de l'anticyclone de Sainte Hélène dans l'Atlantique Sud. Elles sont saisonnières car présentes surtout pendant l'hivernage. Ces houles n'affectent que la Petite Côte et, cette zone semble être la limite septentrionale de leur zone d'action (Niang-Diop, 1995).

En plus de ces deux houles, on peut noter des houles exceptionnelles d'Ouest (N260° à 270°E), originaires des cyclones de la mer des caraïbes. Elles sont plus énergétiques que les précédentes avec une puissance de 22,7 kW par mètre de crête de houle contre 18 kW pour les houles de NW et 11 kW pour celles du SW. Elles se produisent en octobre et décembre (figure 9) et elles pourraient avoir joué un rôle important dans la rupture de la pointe de Sangomar en février 1987 (Nardari, 1993).

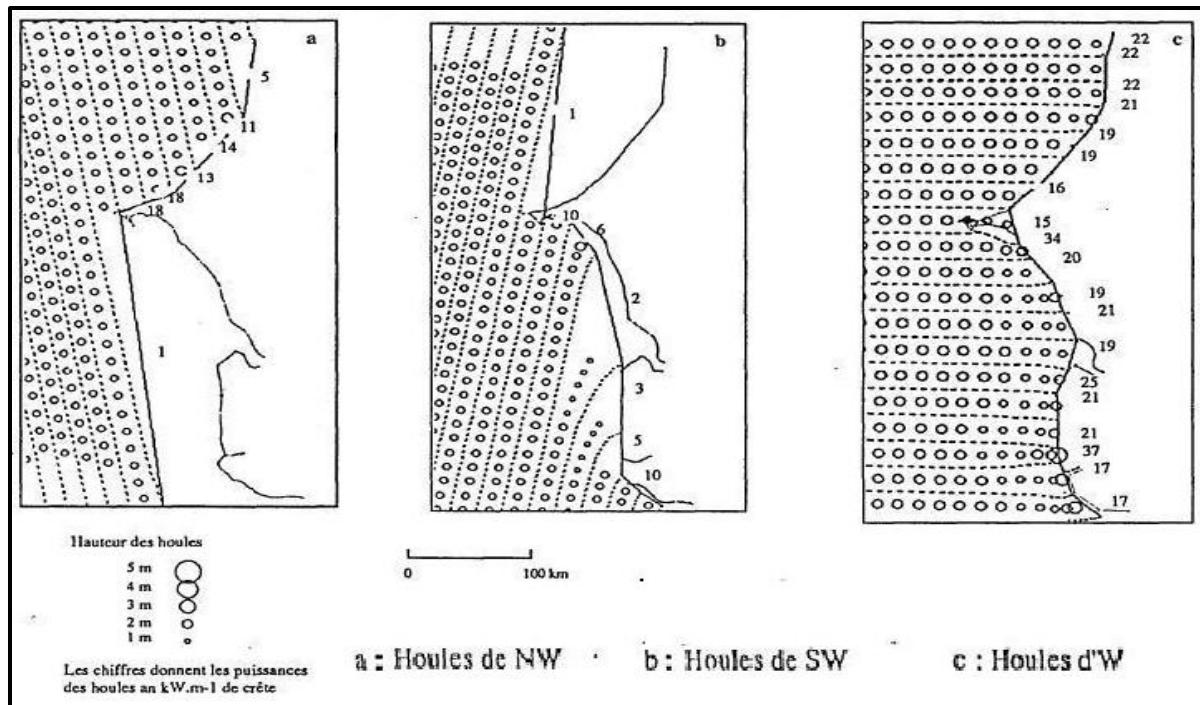


Figure 9 : Modèles de propagation des houles le long de la petite côte (d'après Nardari, 1993 ; in Niang-Diop, 1995)

La houle engendre un courant parallèle à la côte appelé la dérive littorale. Ce dernier est actif dans la zone de déferlement et elle est responsable de mouvement d'importantes quantités de sédiments le long des littoraux (Diarra, 1999). Si la dérive littorale va en direction d'un angle droit dans les terres émergées, les sédiments continuent de s'accumuler dans leur direction d'origine, ce qui crée une flèche sableuse. Le transit sédimentaire se fait N-S sur la Petite Côte. Par contre, dans ce secteur, le transit a une direction S-N pendant la saison des pluies (Diop, 1990 ; Ba *et al.*, 1996 in Sakho, 2011).

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODOLOGIE D'ETUDE

I. Localisation des stations

Au cours de notre étude, deux bases ont été installées (figure10) :

- la base de Palmarin Ngalou situé au nord ;
- la base de Diakhanor-Djifère situé au sud.

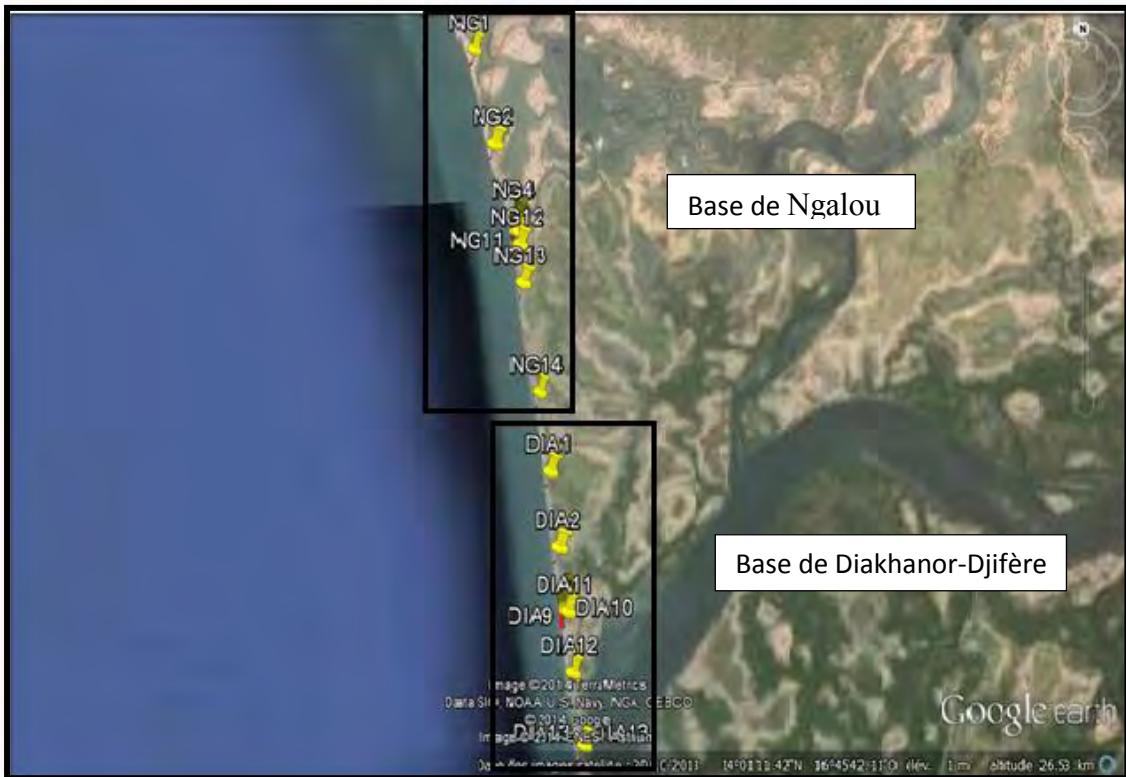


Figure 10 : Localisation des bases

1. La base de Palmarin Ngalou

Nous avons implanté dans ce secteur quatorze stations représentées chacune par une borne repère. Dix bornes constituent la base serrée et quatre bornes kilométriques encadrent la base serrée dont deux au nord et deux au sud (figure 11). La distance entre deux bornes de la base serrée est de 50m et celle des bornes kilométriques est de 1km environ.

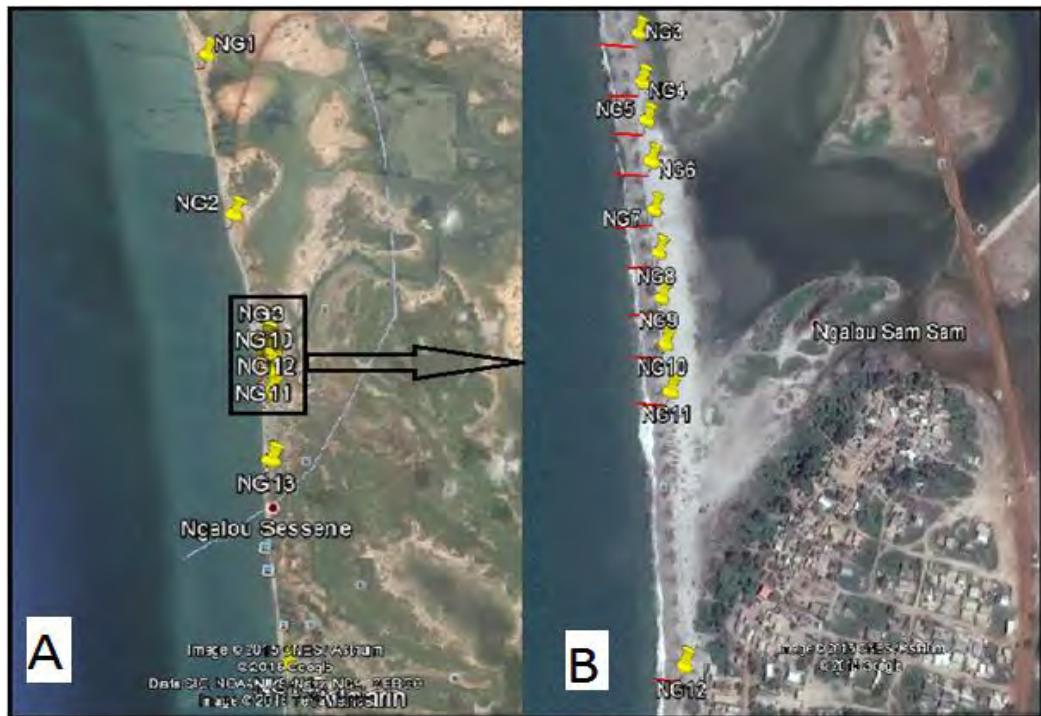


Figure 11 : Localisation des profils de Palmarin Ngalou (A) et sa base serrée (B)

2. La base de Diakhanor-Djifère

Dans ce secteur, nous avons installés treize stations dont neuf qui composent la base serrée ; de la station 3 à la station 11 et les quatre restantes constituent la base large (figure 12).

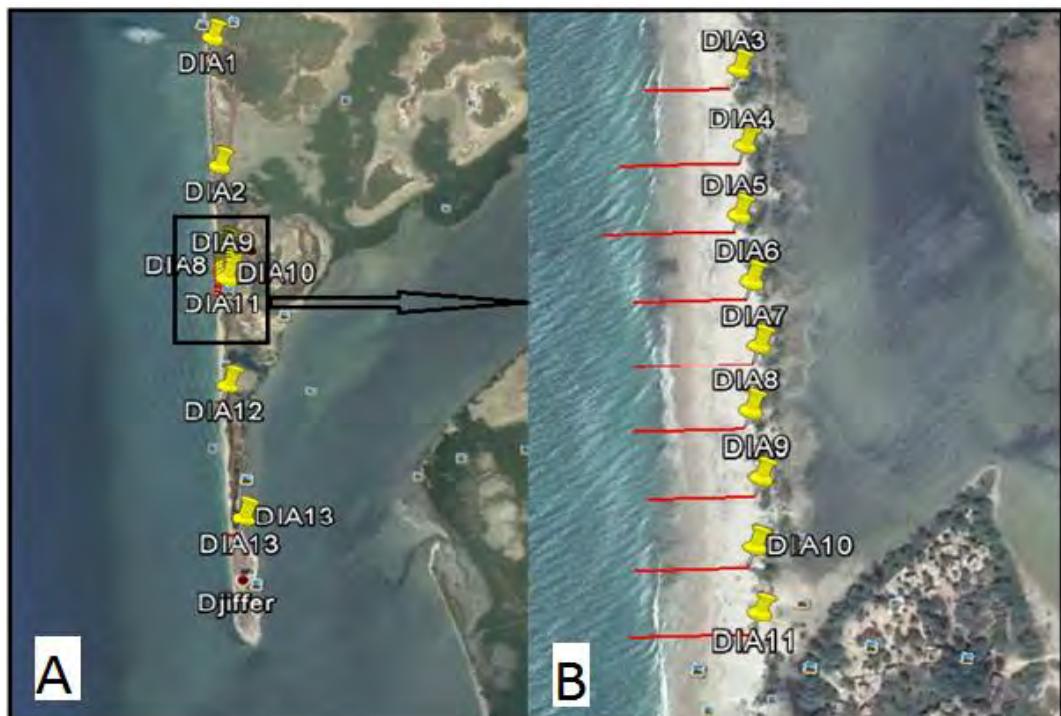


Figure 12 : Localisation des profils de Diakhanor-Djifère (A) et sa base serrée (B)

Chaque borne repère est représentée par un tube pvc de 50 cm coulé dans du mortier. Une tige métallique est placée au centre du tube en laissant affleurer 2 cm. Elle va servir de repère fixe pour les relevés topographiques. L'extrémité affleurant de la borne est peinte en rouge pour un meilleur repérage (Photo 1).

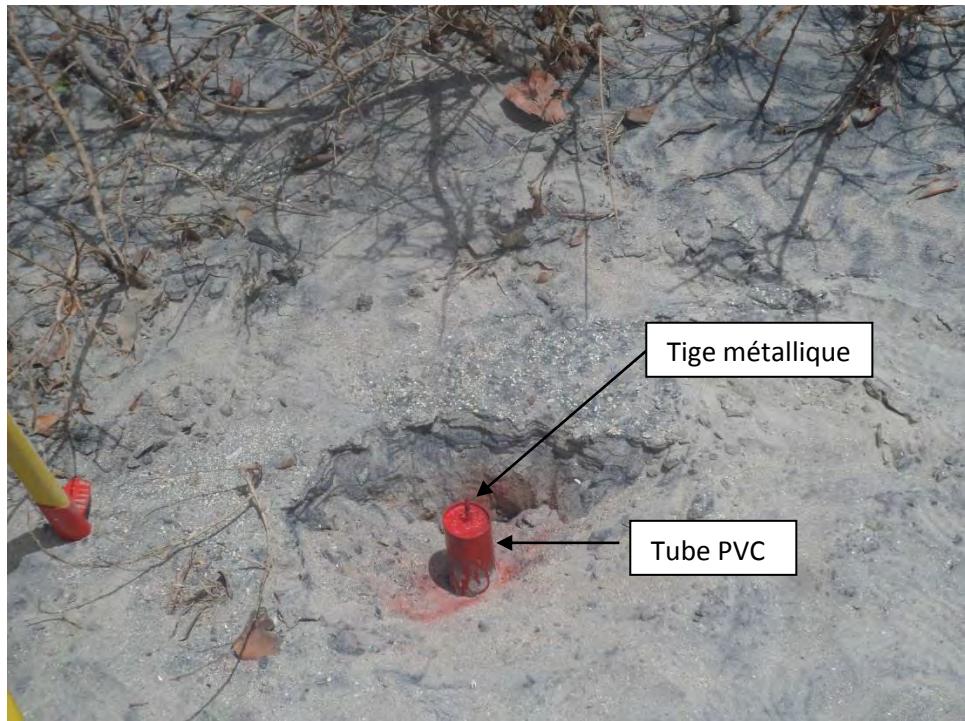


Photo 1 : Borne repère

II. Méthodes d'Acquisition des données morphosédimentaires

1. Données topographiques

Leur acquisition est faite à l'aide d'une station totale à rayon laser TS02 (photo 2). La station totale est placée sur la borne repère et permet de définir un angle de profil par rapport à un repère fixe, angle qui sera le même durant toute la période de suivi. Les changements de pente sur le profil sont marqués par un porteur de réflecteur. La distance et la dénivellation par rapport à la borne repère sont obtenues par lecture directe sur la station totale (photo 3).



Photo 2 : matériels d’acquisition de données topographiques (station totale (A) et son réflecteur (B))



Photo 3 : principe de réalisation d’un profil topographique

2. Données sédimentologiques

Elles sont obtenues grâce à l’échantillonnage le long des profils selon les unités morphologiques observées (haute plage, estran et plage sous-marine). Les prélèvements sont

faits de façon superficielle afin d'éviter de mélanger des sables de différentes périodes. Chaque échantillon a été mis dans un sachet en plastique où sont mentionnées la date, le nom du profil et l'unité morphologique correspondant à l'échantillon.

III. Traitement des données au laboratoire

1. Données morphologiques

Elles sont traitées grâce à l'utilisation du logiciel Excel. Ce logiciel permet de représenter les données morphologiques de chaque station sur un graphe indiquant la variation de la surface topographique en fonction de la distance lue sur la station totale. Pour chaque profil les pentes moyennes de chaque unité morphologique ont été calculées grâce au logiciel Profiler ou exprimées en pourcentage selon la formule :

$$P (\%) = (\Delta H / \Delta D) \times 100 \quad \text{avec } H : \text{dénivelée (m)} \text{ et } D : \text{distance (m)}$$

Les valeurs de pentes sont classées selon le tableau 3 :

Tableau 3 : classification des pentes (Ahamrouni, 1996)

Pentes (P)	Classe des pentes
$P < 2,5$	Pentes faibles
$2,5 < P < 6$	Pentes modérées
$6 < P < 12,5$	Pentes fortes
$12,5 < P < 25$	Pentes très fortes
$P > 25$	Escarpement

Les volumes sédimentaires (en mètre cube) par mètre linéaire de plage ont été quantifiés pour la haute plage et l'estran grâce au logiciel Profiler en superposant par deux les profils des différentes campagnes. Le volume de sédiments accumulé (+) ou érodé (-) est exprimé en m^3/m linéaire de plage.

2. Données sedimentologiques

Les échantillons prélevés sont traités au Laboratoire de Sédimentologie du département de Géologie de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Ils sont lavés avec l'eau de robinet afin d'éliminer le sel et certaines impuretés puis séchés à l'étuve à 70° c. Ensuite, on pèse 200 g de chaque échantillon qui seront attaqués à froid par l'acide chlorhydrique dilué à 90% jusqu'à la dissolution totale des carbonates. Après séchage, chaque échantillon est à nouveau pesé, ce qui a permis de déterminer le pourcentage de carbonate (% $CaCO_3$) de chaque échantillon. Enfin, une masse de 100g de chaque échantillon fera l'objet de tamisage (photo 4).

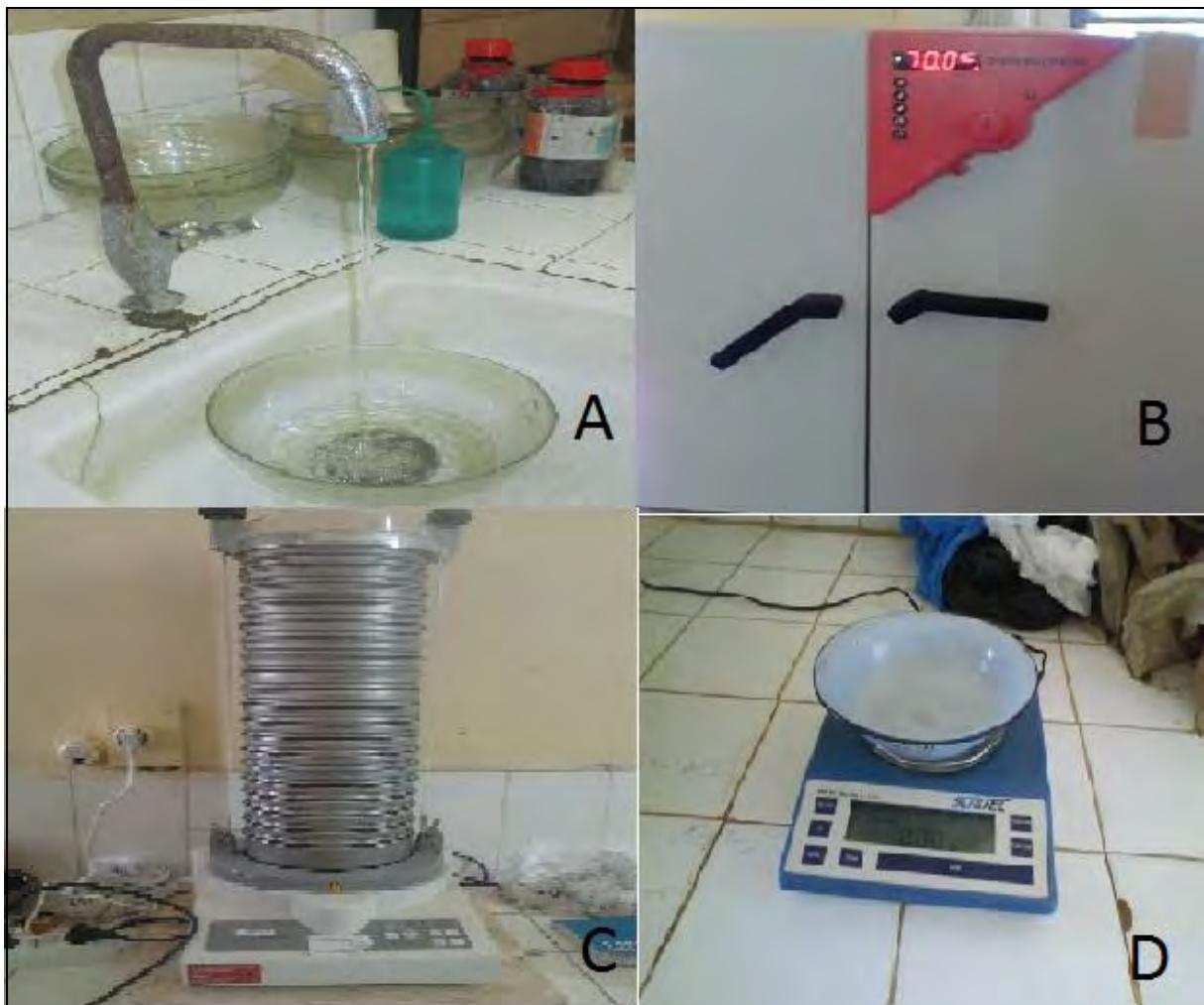


Photo 4 : Dispositif de traitement des échantillons de sables au laboratoire (robinet (A) ; étuve Binder (B) ; colonne de tamis de norme AFNOR et tamiseuse (C) ; balance électrique de précision (D))

Les échantillons de sable (fraction $> 50\mu\text{m}$) sont tamisés à l'aide d'une série de 18 tamis (2mm à 0,04mm) de norme AFNOR. La durée de tamisage est de 15 mn et l'amplitude de vibration de la tamiseuse est maintenue constante. Après tamisage, les refus cumulés des tamis sont pesés avec une balance électrique de précision (milligramme près) et les valeurs obtenues sont reportées sur une fiche de tamisage. Le logiciel Excel nous a permis de convertir en pourcentage, ces valeurs pondérales et de tracer pour chaque échantillon une courbe cumulative (sigmoïde) en coordonnées semi-logarithmiques.

A partir de ces courbes sont déterminées les quartiles ($Q_5, Q_{16}, Q_{25}, Q_{50}, Q_{75}, Q_{84}, Q_{95}$) en unités φ , avec $\varphi = \ln d / \ln 2$, d étant le diamètre des grains (mm). Les paramètres granulométriques sont calculés à partir de ces différents quartiles, en utilisant les formules de Folk et Ward (1957) :

❖ La moyenne

La moyenne correspond au diamètre moyen des particules, le type de sable est déterminé en utilisant la classification de Wentworth (Tableau 5).

$$M_z = (Q_{16} + Q_{50} + Q_{84}) / 3$$

Tableau 5 : classification granulométrique de Wentworth

2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	0,0039	(mm)
Sable très grossier	Sable grossier	Sable moyen	Sable fin	Sable très fin	Silts	Argiles	
-1	0	1	2	3	4	8	(Ø)

❖ L'indice de triage ou déviation standard de Folk et Ward

L'indice de triage détermine le degré de classement des matériaux ; plus σ_i est faible, meilleur est le classement (Tableau 6.).

$$\sigma_i = (Q_{84} - Q_{16}) / 4 + (Q_{95} - Q_5) / 6,6$$

❖ L'indice d'asymétrie ou Skewness

Il permet de mesurer le degré d'étalement des matériaux par rapport à la médiane. L'asymétrie prend des valeurs négatives lorsque l'étalement se fait du côté des sédiments grossiers et des valeurs positives lorsqu'il se fait du côté des sédiments fins (Tableau 6).

$$S_{Ki} = ((Q_{16} + Q_{84}) - 2Q_{50}) / 2(Q_{84} - Q_{16}) + ((Q_5 + Q_{95}) - 2Q_{50}) / 2(Q_{95} - Q_5)$$

❖ L'indice d'acuité ou Kurtosis

Il donne le rapport entre l'étendue de la partie centrale et l'étendue des extrémités de la distribution granulométrique et mesure le degré d'angulosité d'une distribution par rapport à la normale. Elle est dite platykurtique lorsque la courbe de fréquence est aplatie, leptokurtique lorsqu'elle est aigüe et mésokurtique lorsque la distribution est proche de la normale (Tableau 6).

$$K_G = (Q_{95} - Q_5) / 2,44(Q_{75} - Q_{25})$$

Tableau 6 : signification de quelques paramètres granulométriques des sables (D'après Folk et Ward, 1957)

Classement(σ_i)	Asymétrie (S_K)	Kurtosis (K_G)
Très bien classé ----- 0,35	----- - 1,00 Très négative ----- -0,30	Très platykurtique ----- 0,67
Bien classé ----- 0,50	Négative ----- -0,10	Platykurtique ----- 0,90
Moyennement classé ----- 1,00	Presque symétrique ----- +0,10	Mésokurtique ----- 1,11
Mal classé ----- 2,00	Positive ----- +0,30	Leptokurtique ----- 1,50
Très mal classé ----- 4,00	Très positive ----- +1,00	Très leptokurtique ----- 3,00

Les paramètres granulométriques ne permettent pas une bonne interprétation des sédiments plurimodaux. Dans ces conditions on utilise la formule modale :

- ✓ Les courbes unimodales présentent une seule sigmoïde, elles caractérisent des sédiments homogènes, constitués d'une seule population.
- ✓ Les courbes plurimodales présentent plusieurs sigmoïdes. Dans ce dernier cas, la distribution est caractérisée par un assemblage de plusieurs populations issues chacune d'un processus différent. Elles caractérisent donc des sédiments hétérogènes.

La courbe plurimodale est définie par une formule modale :

$$F = M_1 (P_1) + M_2 (P_2) + \dots + M_n (P_n)$$

M_1, M_2, \dots, M_n étant les modes des différentes populations

P_1, P_2, \dots, P_n étant leurs pourcentages dans le mélange

CHAPITRE III : PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS

I. Analyse morphologique

Seuls les profils réalisés au début et à la fin du suivi ont été présentés les autres les autre sont consignés dans l'annexe I.

1. La base de Ngalou

1.1. Stations NG1 et NG2 (nord de la base serrée)

La pente de la haute plage est modérée pour NG1 (3,27%) et faible pour NG2 (1,92%) en moyenne durant tout le suivi. L'estran présente une pente forte (8,82%) en juin 2014 devenant modérée (5,16%) en septembre 2014 et janvier 2015 (tableau 1, annexe II). Les profils sont convexes sur la haute plage et concaves sur l'estran, cependant la berme s'édifie sur le profil NG2 en juin et en septembre 2014 (figure 1, annexe I). La dynamique sédimentaire, montre un équilibre sur la haute plage pendant toute la période de suivi. Une accumulation s'installe sur l'estran entre juin et septembre 2014 (hivernage), elle est relayée par une érosion entre septembre 2014 et janvier 2015 (saison sèche). Cependant, l'inverse s'observe sensiblement sur le haut-estran. Le bilan sédimentaire (juin 2014 et janvier 2015), montre de l'érosion qui s'installe sur le bas estran au niveau du profil NG1 ($-9,669 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$) et sur le haut-estran au niveau de NG2 ($-10,894 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$) (figure 13).

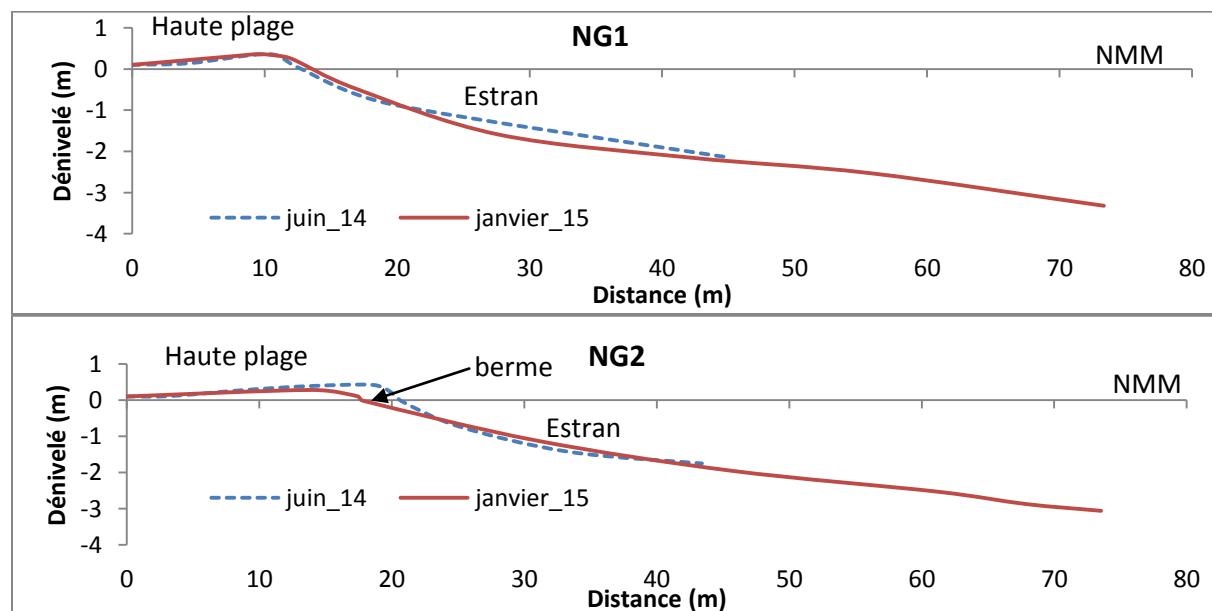


Figure 13 : Evolution morphologique des profils NG1 et NG2

NMM = Niveau marin moyen

1.2. Stations NG3 à NG7 (base serrée)

La pente est modérée sur la haute plage (2,62 %), et forte (6,20%) sur l'estran et la plage sous-marine en moyenne. Les profils ont un aspect concavo-convexe, la berme s'édifie sur tous les profils en septembre 2014 et janvier 2015, excepté le profil NG4 où elle s'édifie uniquement en septembre 2014. Les mouvements sédimentaires, montrent un équilibre relatif sur la haute plage pendant le suivi et une prédominance de l'érosion qui s'installe généralement sur le haut-estran entre juin et septembre 2014 (hivernage). Elle se poursuit en saison sèche sur l'estran et la plage sous-marine sur l'ensemble des profils exceptés les profils NG3 et NG4 où s'observe une accumulation (figure 2 et 3, annexe I). Dans l'ensemble le bilan est négatif (-4 à $-12\text{m}^3.\text{m}^{-1}$) (tableau 3a, annexe III) et l'érosion s'installe sur l'estran sauf au niveau de NG4 où on note un léger équilibre (figure 14).

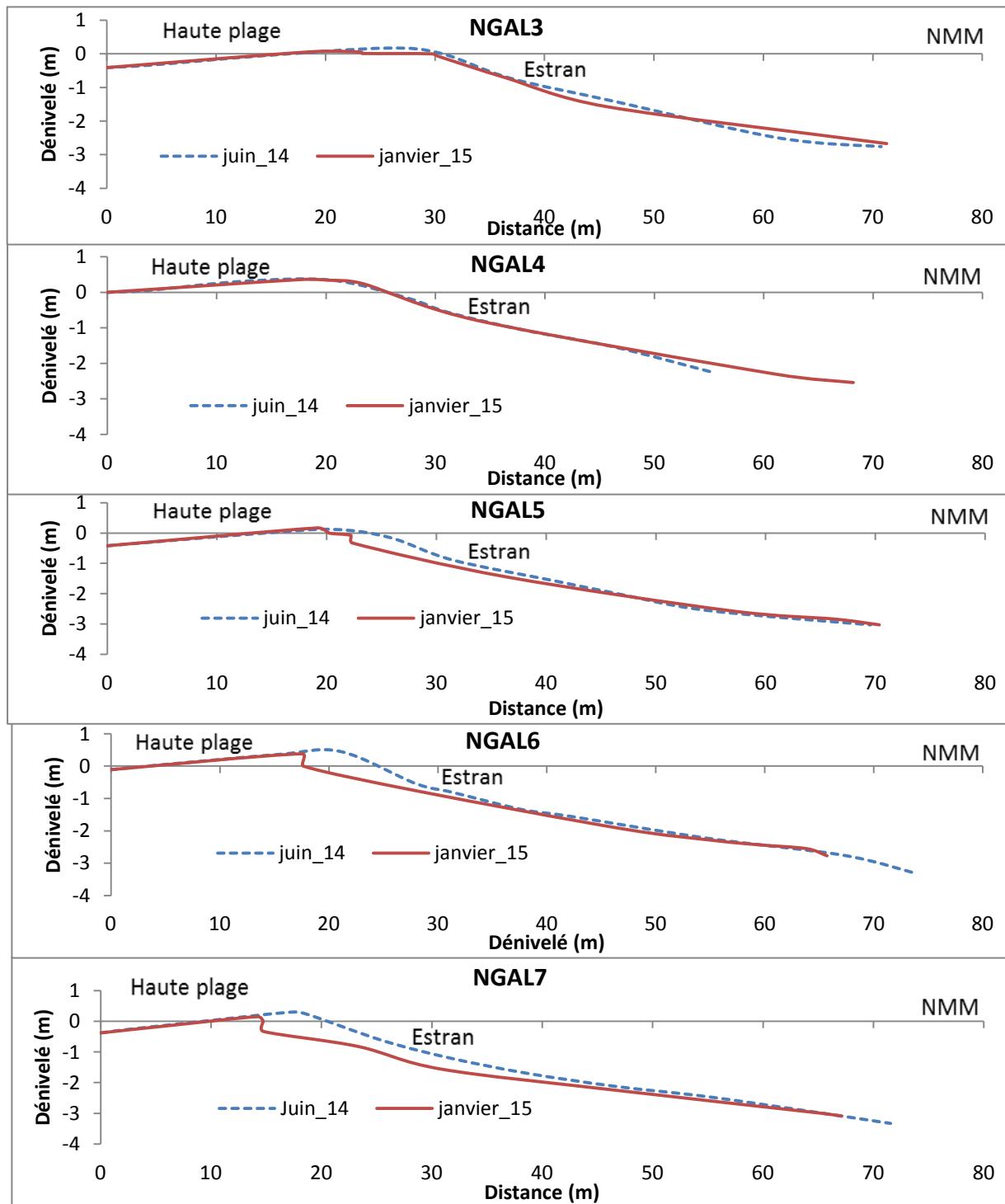


Figure14 : Evolution des profils NG3 à NG7

1.3. Station NG8 à NG12 (base serrée)

Globalement, la pente est forte sur l'estran et la plage sous-marine (8,01 %) et modérée sur la haute plage (3,61 %) à l'exception du profil NG12 où elle est très faible en septembre 2014 et janvier 2015. Les profils sont concavo-convexes, l'édification de la berme s'observe entre septembre 2014 et janvier 2015 (figure 4 à 6, annexe I). La haute plage présente un équilibre et il est généralisé sur tous les profils durant tout le suivi. On note une érosion du haut-estran

et une légère accréTION sur le bas-estran et la plage sous-marine entre juin et septembre 2014, ensuite l'inverse s'observe entre septembre 2014 et janvier 2015 avec une forte érosion sur l'estran. Le bilan sédimentaire, montre une prédominance de l'érosion (-3 à $-15\text{m}^3.\text{m}^{-1}$) (tableau 3b, annexe III) qui s'installe sur l'estran (figure 15).

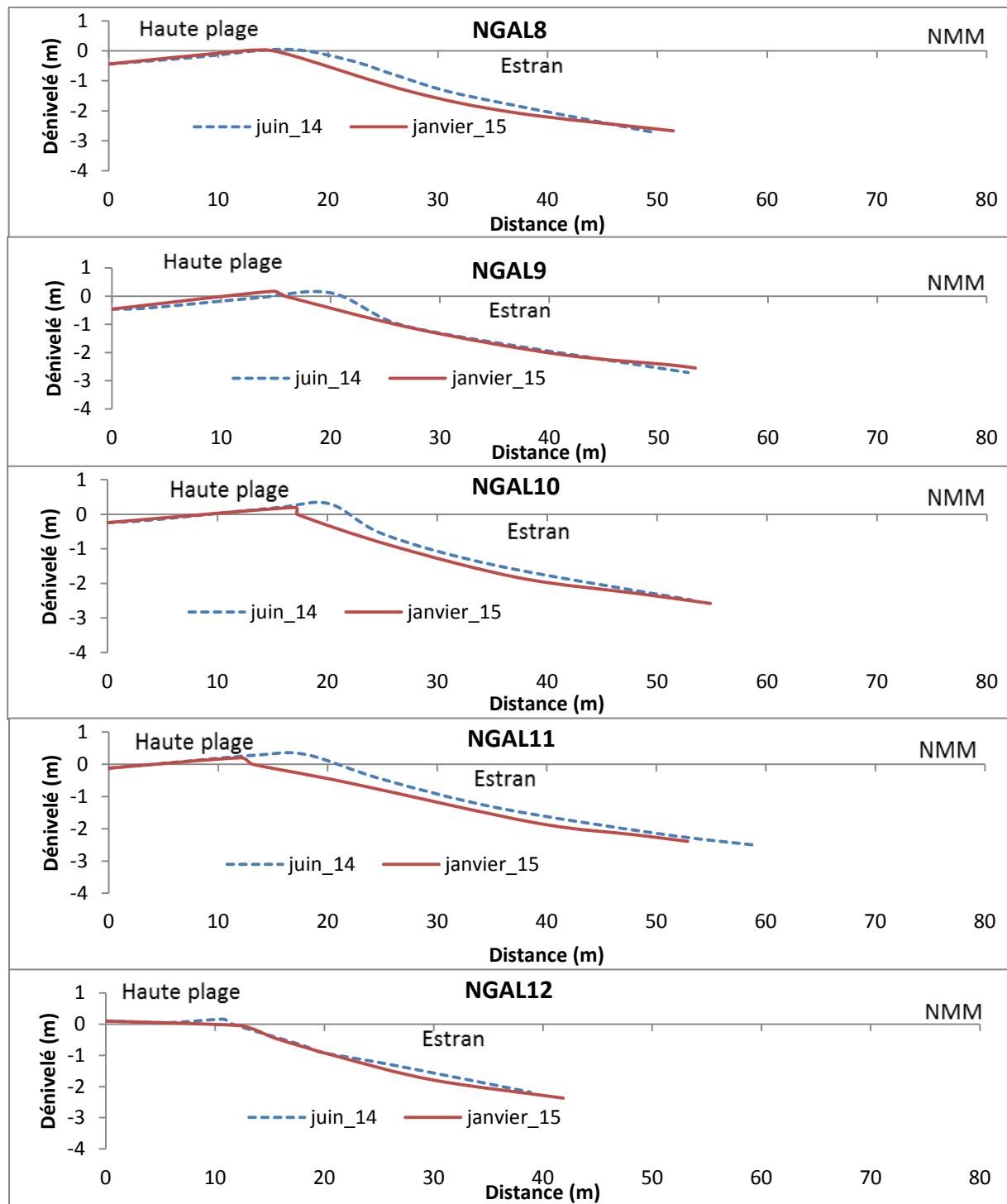


Figure15 : Evolution des profils NG8 à NG12

1.4. Stations NG13 et NG14 (sud de la base serrée)

La pente de la haute plage est modérée (3,73 %) pour NG14, par contre, on a un escarpement (68,27%) formant une microfalaise pour NG13 et l'estran présente une pente forte (7,27 %) pendant toute la période du suivi en moyenne (tableau 1, annexe II). Les profils ont un aspect concavo-convexe, cependant la berme s'édifie sur le profil NG14 en septembre 2014. La dynamique sédimentaire, montre un équilibre sensible sur la haute pour NG14 durant tout le suivi. Par contre, une érosion s'installe sur l'estran entre juin et septembre 2014 (hivernage). Sur le profil NG13, elle fait reculer la microfalaise de 3m environ. Elle est remplacée par une sédimentation qui affecte toute l'estran en saison sèche (figure 7, annexe I). Le bilan sédimentaire, montre une prédominance de l'érosion de la microfalaise sur le profil NG13 ($-6,7 \text{m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$). Alors qu'on note une légère prédominance de l'accumulation sur le profil NG14 ($+1,6 \text{m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$) (figure 16).

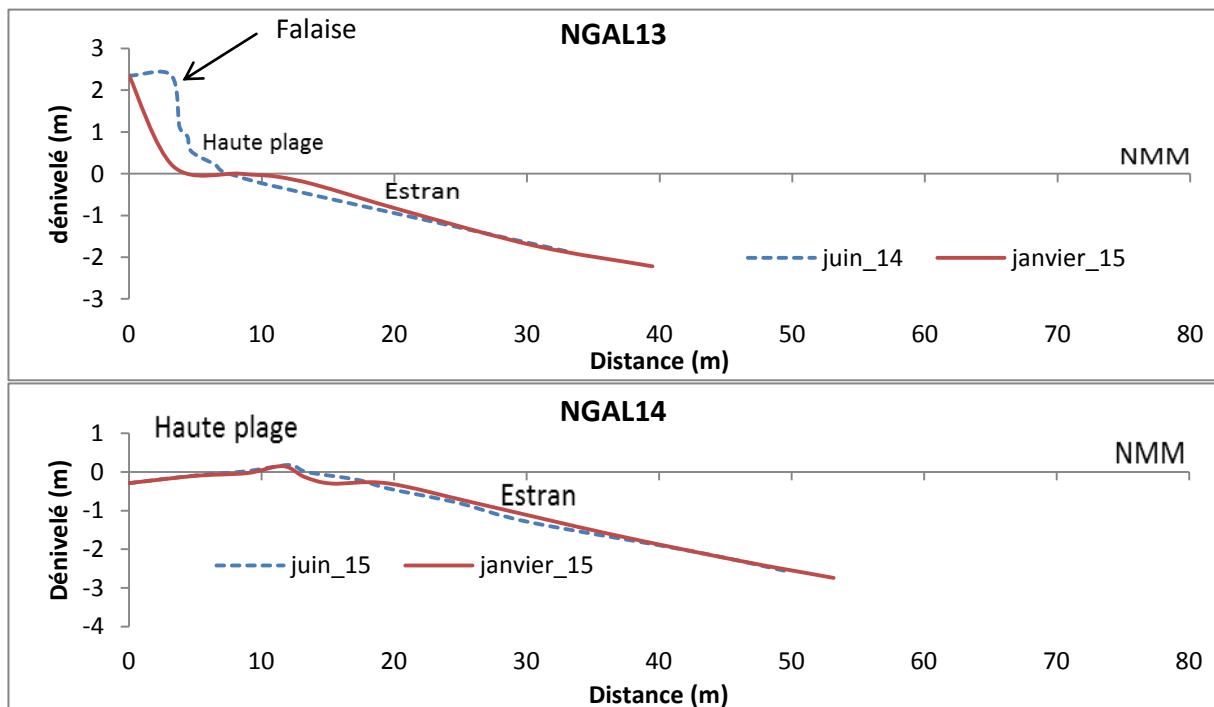


Figure 16 : Evolution des profils NG13 et NG14

1.5. Conclusion

La haute plage présente une pente modérée et elle est forte sur l'estran et la plage sous-marine en général. Les profils ont un aspect concavo-convexe. Globalement on observe une prédominance de l'érosion sur la base serrée pendant toute la période de suivi. Cependant, elle s'installe surtout en saison sèche à l'extrême nord de la base (NG1 et NG3) et en hivernage à

l'extrême sud (NG13 et NG14). L'intensité de l'érosion est plus forte sur l'estran et la plage sous-marine. La pente est modérée sur la haute plage et forte sur l'estran en général.

2. La base de Diakhanor-Djifère

2.1. Station DIA1 et DIA2 (nord de la base serrée)

La haute plage présente une pente faible à très faible (2,6 à 0,86 %) pendant la période suivi. Elle est forte sur l'estran et la plage sous-marine (6,33 %) en moyenne. Les profils sont convexes sur la haute plage et concaves sur l'estran, la berme s'édifie sur le profil DIA2 en septembre 2014 et janvier 2015. La dynamique sédimentaire montre un léger équilibre sur la haute plage et la dune durant tout le suivi. Une érosion s'observe sur l'estran entre juin et septembre 2014, elle est relayée par une accumulation entre septembre 2014 et janvier 2015 (figure 8, annexe I). Le bilan sédimentaire (juin 2014 et janvier 2015) montre une faible érosion du haut-estran et un faible ensablement et parfois un équilibre sur le bas-estran et la plage sous-marine (figure 17).

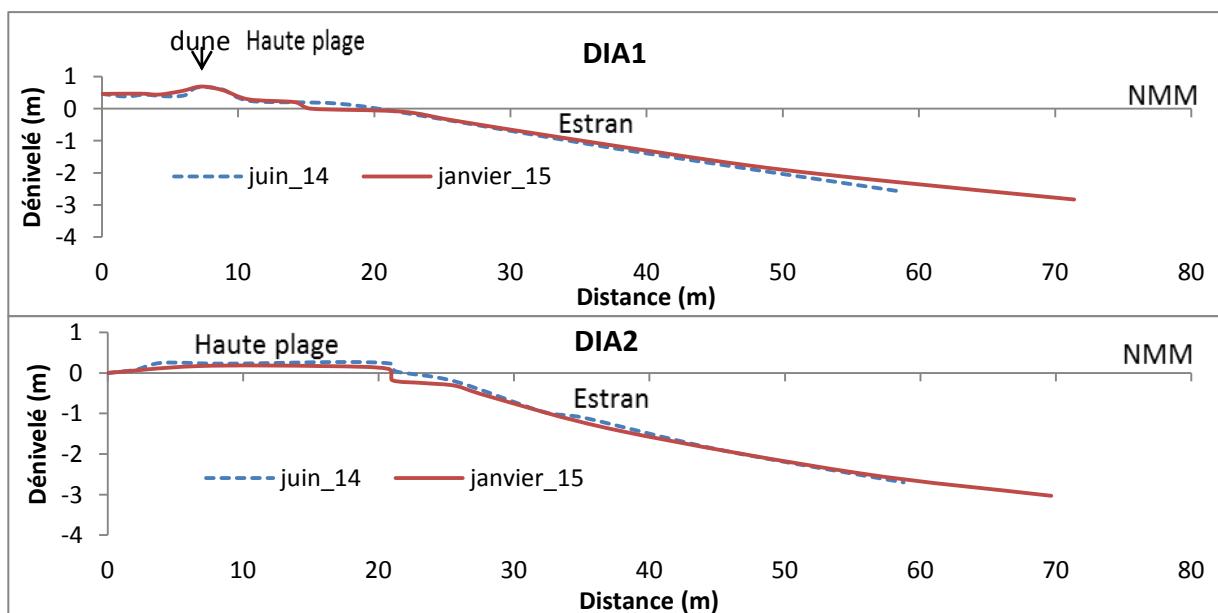


Figure 17 : Evolution des profils DIA1 et DIA2

2.2. Stations DIA3 à DIA7 (base serrée)

La pente de la haute plage est faible (1,90%) et celle de l'estran et de la plage sous-marine forte (6,57%) en moyenne (tableau 2, annexe II). Les profils ont un aspect concavo-convexe, la berme se forme sur tous les profils en septembre 2014 et janvier 2015 (figures 9, 10 et 11, annexe I). Les mouvements sédimentaires, montrent un équilibre relatif sur la haute plage durant la période le suivi. Par contre, on enregistre une érosion sur le haut-estran et une légère

accumulation sur le bas-estran et la plage sous-marine entre juin et septembre 2014, elle est suivie par une légère accumulation en saison sèche. Le bilan sédimentaire, montre une érosion sur le haut estran et une légère accumulation sur le bas-estran et la plage sous-marine sur tous les profils (figure 18).

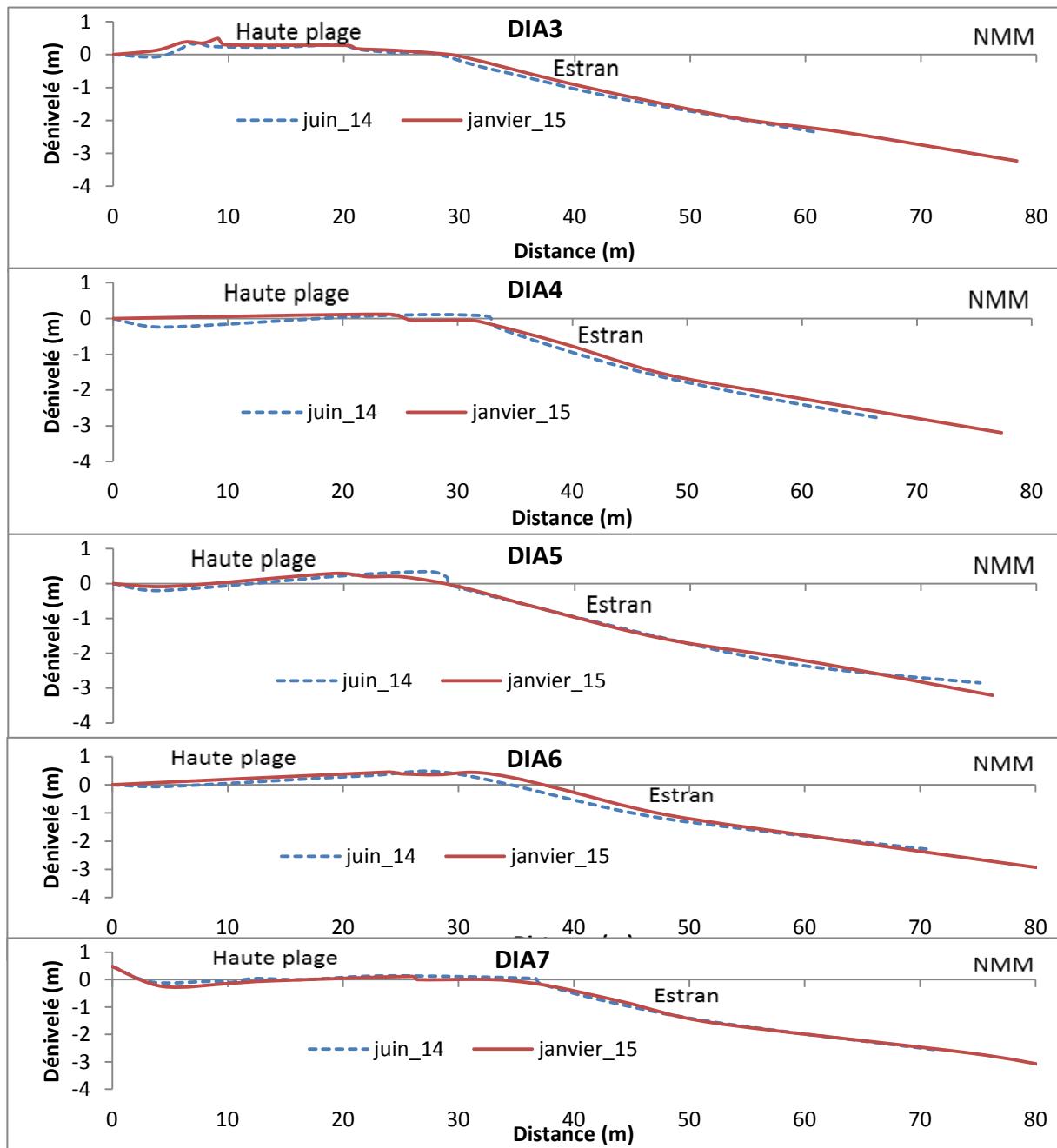


Figure 18 : Evolution des profils DIA3 à DIA7

2.3. Stations DIA8 à DIA11 (base serrée)

Dans l'ensemble la pente est faible sur la haute plage (2,39 %) et forte sur l'estran et la plage sous-marine (7,74 %) (tableau 2, annexe II). La forme des profils est concavo-convexe et la berme s'observe sur tous les profils entre septembre 2014 et janvier 2015 (figures 11, 12 et 13, annexe I). Un léger équilibre est noté durant la période de suivi sur la haute plage en général, excepté le profil DIA8 où on a une érosion en hivernage et une sédimentation en saison. On observe une érosion sur le haut-estran et une accumulation sur le bas-estran et la plage sous-marine en hivernage et l'inverse s'observe en saison sèche. Le bilan sédimentaire, montre une légère érosion sur le haut estran et une accumulation sur le reste des unités morphologiques (figure, 19).

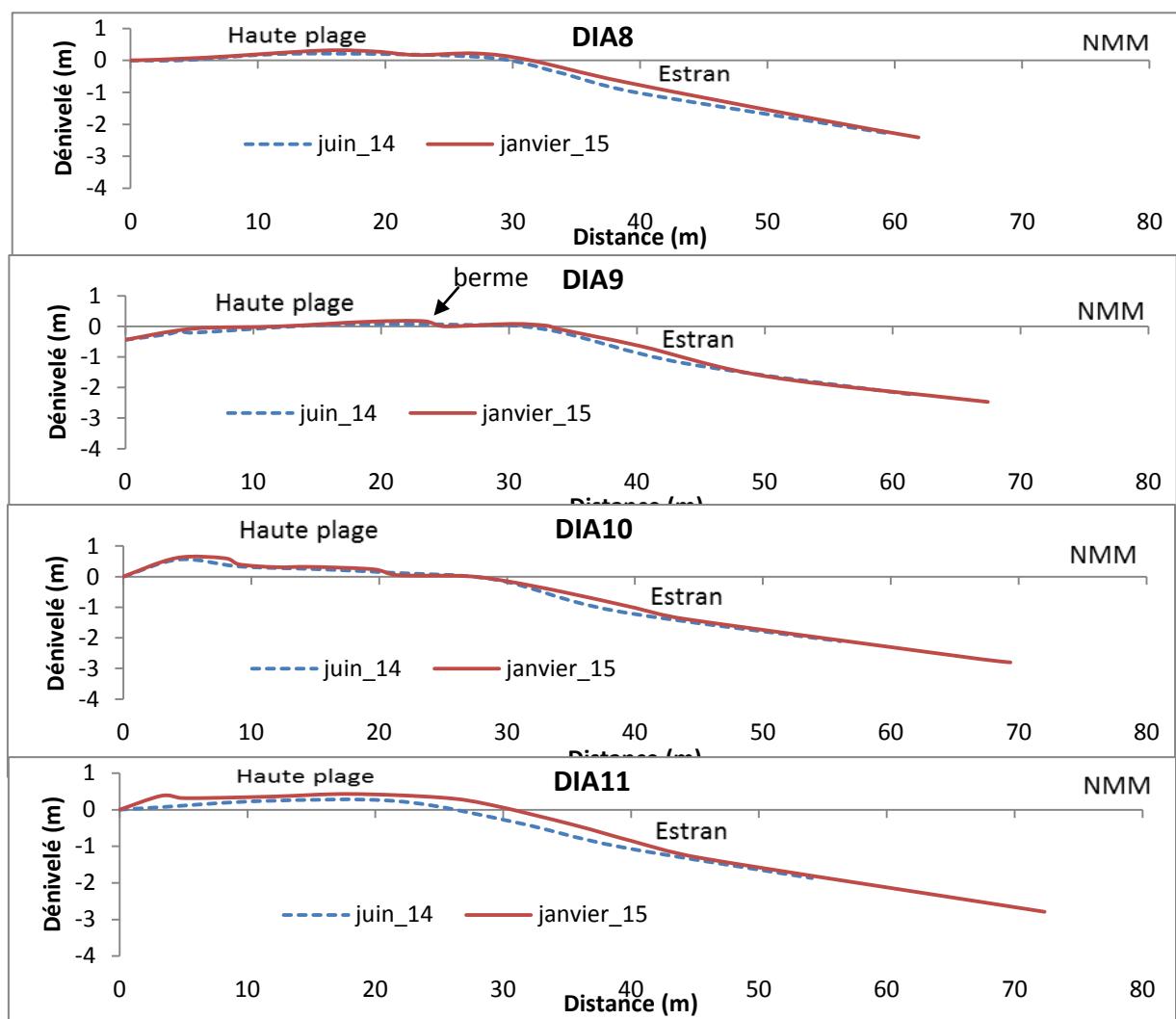


Figure 19 : Evolution des profils DIA8 à DIA11

2.4. Station DIA12 et DIA13 (sud de la base serrée)

Pour le profil DIA12, la pente de la haute plage est modérée entre juin et septembre 2014, devenant faible (1,35 %) en janvier 2015. Cependant, elle est forte sur l'estran en juin 2014 et janvier 2015 et modérée (4,03%) en septembre 2014. Sur le profil Dia13, la pente est forte sur la haute plage (10,95%) et forte à faible sur l'estran (2,6<P<9,07%) (annexe II). Les profils ont un aspect concavo-convexe. La dynamique sédimentaire montre une érosion sur la haute plage et une sédimentation sur l'estran en hivernage, Par contre on observe l'inverse en saison sèche (figure 13 et 14, annexe I). Le bilan sédimentaire montre une érosion sur l'estran (figure 20). Cependant l'érosion est plus intense au niveau de DIA13.

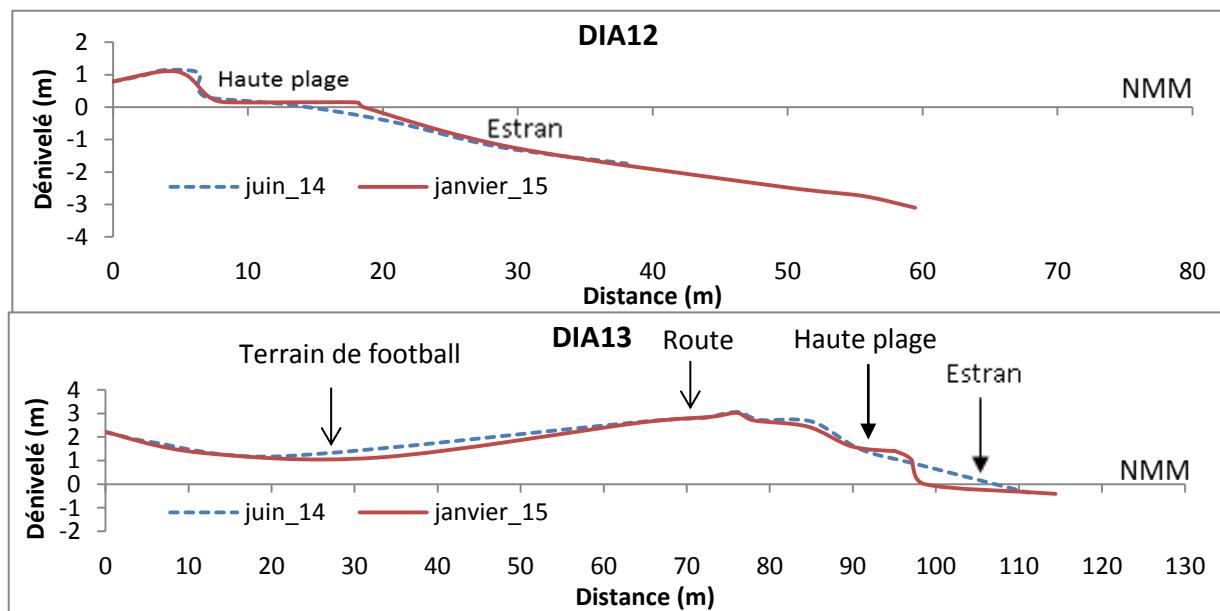


Figure 20 : Evolution des profils DIA12 et DIA13

2.5. Conclusion

La pente est faible sur la haute plage et forte sur l'estran et la plage sous-marine. Les profils ont un aspect concavo-convexe. On constate un engrangement généralisé des profils en moyenne la haute plage et sur l'estran et la plage sous-marine. Cependant, une forte érosion de l'estran s'observe sur le profil DIA13.

II. Analyse sédimentologique

1. Base de Ngalou

1.1. Stations NG1 et NG2

Les sédiments renferment un taux de carbonate relativement faible ($\leq 8\%$) sur l'estran et la plage sous-marine (tableau 5, annexe V) où les sables sont parfois hétérogènes en saison

sèche (tableau 7). Les grains sont fins ($3 < Mz < 2\phi$), cependant la moyenne décroît de la haute plage vers la plage sous-marine (figure 22). On note un affinement des sédiments sur l'estran et la plage sous-marine et un grossissement sur la haute plage au cours du temps à l'exception de la plage sous-marine sur le profil NG2 où on a un grossissement (annexe IV). Ils sont moyennement à bien classés ($0,378 < \text{Sig} < 0,763$) à l'exception des sédiments de l'estran qui sont très bien classés ($0,309 < \text{Sig} < 0,334$). Globalement les sédiments ont une distribution mésokurtique à leptokurtique ($0,9 < Kg < 1,5$) excepté quelques échantillons prélevés sur la haute plage et l'estran du profil NG1 qui montrent respectivement une tendance platykurtique et très leptokurtique. L'asymétrie est généralement positive sauf pour les échantillons prélevés sur la plage sous-marine en saison sèche (tableau 5, annexe V).

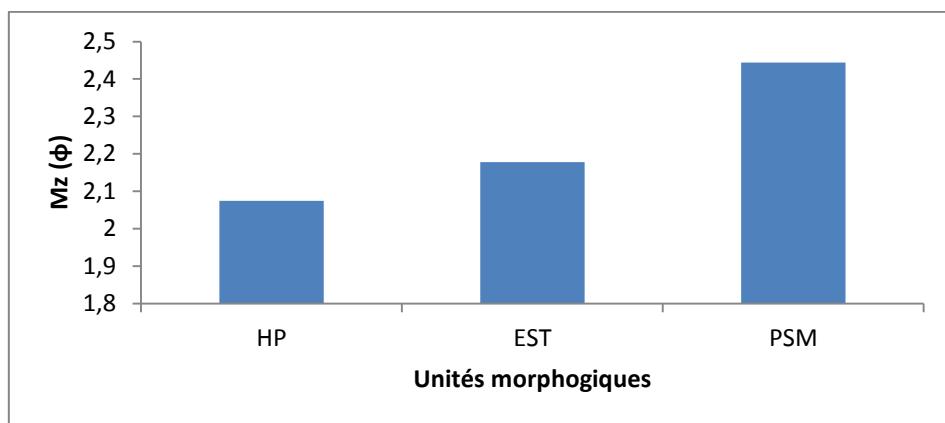


Figure 22 : Evolution de la granulométrie moyenne de NG1 à NG2

HP = haute plage ; EST = estran ; PSM = plage sous-marine

Tableau 7 : Caractéristiques des sédiments bimodaux

Echantillons	Formules modales
NG1 PSM 09_14	$F = 0,25\text{mm (65\%)} + 0,1\text{mm (35\%)}$
NG1 EST 01_15	$F = 0,2\text{mm (18\%)} + 0,125\text{mm (82\%)}$
NG1 PSM 01_15	$F = 0,25\text{mm (5\%)} + 0,1\text{mm (55\%)}$
NG2 EST 06-14	$F = 0,2\text{mm (80\%)} + 0,125\text{mm (20\%)}$
NG2 PSM 01_15	$F = 0,25\text{mm (65\%)} + 0,1\text{mm (35\%)}$

1.2. Stations NG3 à NG7

Les sables sont dans l'ensemble assez carbonatés ($0,94 < \text{CaCO} < 28,235\%$). Les sédiments bimodaux sont localisés pour la plus part sur la plage sous-marine entre juin 2014 et janvier 2015 et rarement sur l'estran (tableau 8). Dans ce segment côtier, les sables sont fins ($3 < Mz < 2\phi$) et la moyenne granulométrique augmente de la plage sous-marine vers la haute

plage (figure 23). Ils sont dans l'ensemble bien à moyennement classés ($0,357 < Mz < 0,923$), l'asymétrie est positive et la distribution est mésokurtique à leptokurtique (tableau 6, 7 et 8, annexe V).

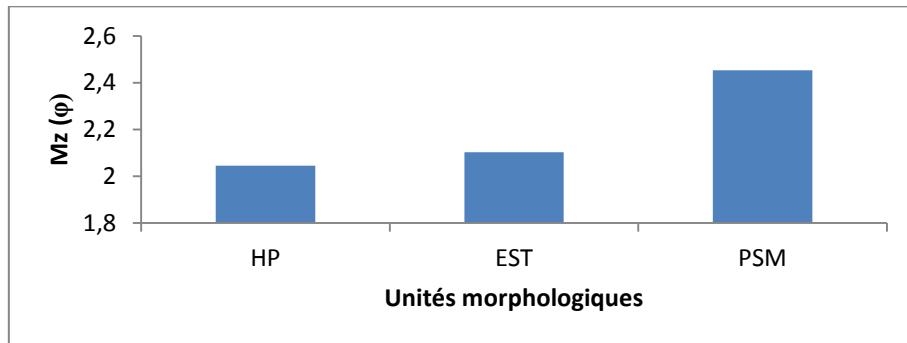


Figure 23 : Evolution de la granulométrie moyenne de NG3 à NG7

HP = haute plage ; EST = estran ; PSM = plage sous-marine

Tableau 8 : Caractéristiques des sédiments bimodaux

Echantillons	Formules modales
NG3 EST 06_14	$F = 0,315\text{mm (35\%)} + 0,2\text{mm (65\%)}$
NG3 PSM 06_14	$F = 0,2\text{mm (85\%)} + 0,1\text{mm (15\%)}$
NG3 PSM 01_15	$F = 0,2\text{mm (62\%)} + 0,1\text{mm (38\%)}$
NG4 PSM 06_14	$F = 0,25\text{mm (74\%)} + 0,1\text{mm (26\%)}$
NG4 PSM 09_14	$F = 0,25\text{mm (62\%)} + 0,125\text{mm (38\%)}$
NG4 PSM 01_15	$F = 0,25\text{mm (16\%)} + 0,16\text{mm (84\%)}$
NG5 PSM 06_14	$F = 0,2\text{mm (67\%)} + 0,1\text{mm (33\%)}$
NG5 PSM 01_15	$F = 0,25\text{mm (24\%)} + 0,125\text{mm (76\%)}$
NG6 PSM 06_14	$F = 0,2\text{mm (46\%)} + 0,125\text{mm (54\%)}$
NG6 PSM 09_14	$F = 0,2\text{mm (19\%)} + 0,1\text{mm (81\%)}$
NG6 PSM 01_15	$F = 0,2\text{mm (54\%)} + 0,125\text{mm (46\%)}$
NG7 PSM 09_14	$F = 0,2\text{mm (48\%)} + 0,125\text{mm (52\%)}$
NG7 PSM 01_15	$F = 0,2\text{mm (75\%)} + 0,125\text{mm (25\%)}$

1.3. Stations NG8 à NG12

Le taux de carbonate varie entre 0,7 et 31% et les sédiments bimodaux ont été notés pour la plus part sur la plage sous-marine en janvier 2015 (tableau 9). Les sables sont fins ($3 < Mz < 2\phi$) et la moyenne (Mz) croît de la plage sous-marine vers la haute plage (figure 24). Ils sont bien classés et la distribution est léptokurtique avec une asymétrie positive dans l'ensemble (tableaux 8, 9 et 10, annexe V).

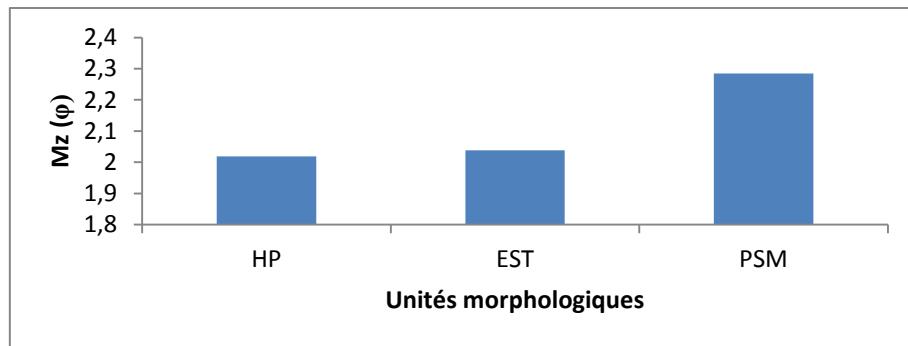


Figure 24 : Evolution de la granulométrie moyenne de NG8 à NG12

HP = haute plage ; EST = estran ; PSM = plage sous-marine

Tableau 9 : Caractéristiques des sédiments bimodaux

Echantillons	Formules modales
NG8 PSM 01_15	$F = 0,16\text{mm (74\%)} + 0,1\text{mm (26\%)}$
NG9 PSM 06_14	$F = 0,25\text{mm (66\%)} + 0,125\text{mm (34\%)}$
NG9 HP 01_15	$F = 0,4\text{mm (4\%)} + 0,25\text{mm (96\%)}$
NG9 PSM 01_15	$F = 0,2\text{mm (60\%)} + 0,125\text{mm (40\%)}$
NG10 PSM 06_14	$F = 0,2\text{mm (79\%)} + 0,1\text{mm (21\%)}$
NG10 PSM 09_14	$F = 0,25\text{mm (21\%)} + 0,16\text{mm (79\%)}$
NG10 PSM 01_15	$F = 0,315\text{mm (34\%)} + 0,2\text{mm (66\%)}$
NG11 EST 09_14	$F = 0,2\text{mm (60\%)} + 0,125\text{mm (40\%)}$
NG12 EST 06_14	$F = 0,2\text{mm (70\%)} + 0,125\text{mm (30\%)}$
NG12 PSM 01_15	$F = 0,2\text{mm (77\%)} + 0,125\text{mm (23\%)}$

1.4. Stations NG13 et NG14

Les sables sont carbonatés dans l'ensemble (0,74% et 35,51%), cependant la plage sous-marine est plus carbonatée et renferme des sédiments bimodaux en janvier 2015 (NG13) et en septembre 2014 (NG14 (tableau10). Globalement les sédiments sont moyens à fins ($2,82 < Mz < 1,65\phi$) et la granulométrie moyenne diminue de la haute plage vers la plage sous-marine (figure 25). Ils sont dans l'ensemble très bien à bien classés ($0,157 < \text{Sig} < 0,381$) et la distribution est léptokurtique à très léptokurique. L'étalement se fait du côté des sédiments fins.

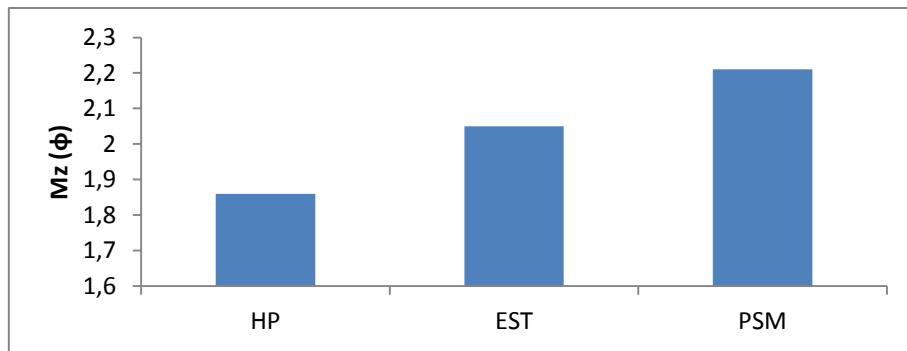


Figure 25 : Evolution de la granulométrie moyenne de NG13 à NG14

HP = haute plage ; EST = estran ; PSM = plage sous-marine

Tableau 10 : Caractéristiques des sédiments bimodaux

Echantillons	Formules modales
NG13 PSM 01_15	$F = 0,8\text{mm (8\%)} + 0,25\text{mm (57\%)} + 0,125\text{mm (25\%)}$
NG14 PSM 09_14	$F = 0,2\text{mm (80\%)} + 0,1\text{mm (20\%)}$

2. Base de Diakhano-Djifère

2.1. Stations DIA1 et DIA2

Le pourcentage de carbonates varie entre 0,995 et 18,76% et des sables bimodaux ont été notés sur la plage sous-marine excepté le profil DIA1 en juin 2014 (tableau 11). Les sédiments de ce segment sont des sables moyens à fins ($2,74 < Mz < 1,5\phi$) et l'évolution spatiale de la granulométrie moyenne montre une diminution de la haute plage vers la plage sous-marine (figure 26). Ils sont dans l'ensemble bien à moyennement classés ($0,356 < \text{Sig} < 0,616$), excepté les sables prélevés sur l'estran en janvier 2015 qui sont très bien classés ($0,329 < \text{Sig} < 0,342$). La distribution est généralement mésokurtique à leptokurtique. L'asymétrie est à dominante positive (tableau 12, annexe V).

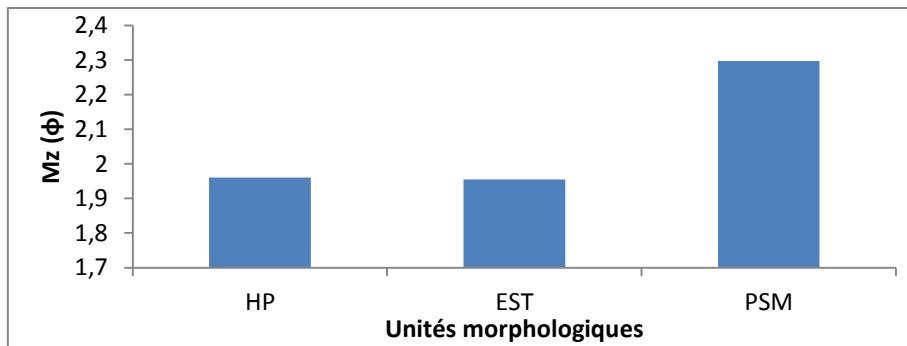


Figure 26 : Evolution de la granulométrie moyenne de DIA1 à DIA2

HP = haute plage ; EST = estran ; PSM = plage sous-marine

Tableau 11 : Caractéristiques des sédiments bimodaux

Echantillons	Formules modales
DIA1 PSM 06_14	F = 0,2mm (84%) + 0,1mm (16%)
DIA1 PSM 09_14	F = 0,2mm (22%) + 0,125mm (78%)
DIA1 PSM 01_15	F = 0,25mm (38%) + 0,125mm (62%)
DIA2 PSM 09_14	F = 0,25mm (56%) + 0,125mm (44%)
DIA2 EST 01_15	F = 0,25mm (62%) + 0,16mm (38%)
DIA2 PSM 01_15	F = 0,25mm (68%) + 0,16mm (32%)

2.2. Stations DIA3 à DIA7

Les pourcentages de carbonates sont compris entre 1,19% et 44,855% et les sédiments bimodaux sont localisés pour la majeure partie sur la plage sous-marine (tableau 12). Les sables sont moyens à fins ($2,48 < Mz < 1,48\phi$) et la moyenne de la granulométrie décroît de la haute plage vers la plage sous-marine (figure 27). Ils sont dans l'ensemble très bien à bien classés. Il existe toutefois des sables moyennement classés. La distribution est très variable mais à dominante leptokurtique à très leptokurtique. L'asymétrie est généralement positive (tableaux 13, 14 et 15, annexe V).

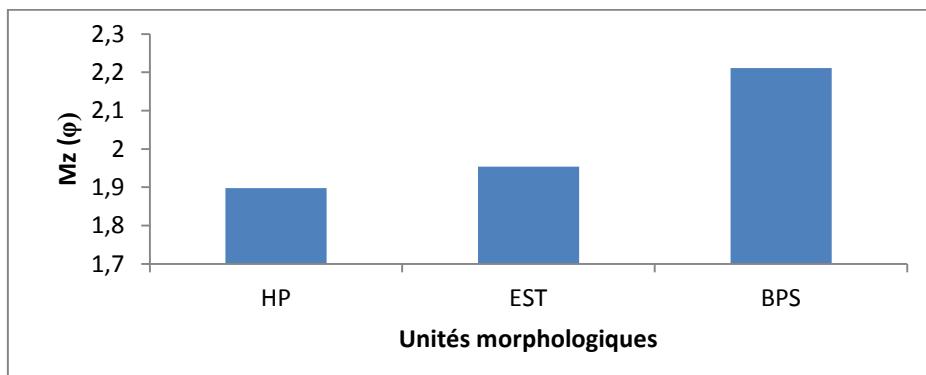


Figure 27 : Evolution de la granulométrie moyenne de DIA3 à DIA11

HP = haute plage ; EST = estran ; PSM = plage sous-marine

Tableau 12 : Caractéristiques des sédiments bimodaux

Echantillons	Formules modales
DIA3 PSM 09_14	$F = 0,2\text{mm (76\%)} + 0,1\text{mm (24\%)}$
DIA3 PSM 01_15	$F = 0,2\text{mm (50\%)} + 0,125\text{mm (50\%)}$
DIA4 EST 01_15	$F = 0,2\text{mm (15\%)} + 0,125\text{mm (85\%)}$
DIA4 PSM 01_15	$F = 0,8\text{mm (16\%)} + 0,16\text{mm (84\%)}$
DIA5 PSM 06_14	$F = 0,2\text{mm (80\%)} + 0,1\text{mm (20\%)}$
DIA6 PSM 09_14	$F = 0,2\text{mm (60\%)} + 0,125\text{mm (40\%)}$
DIA6 PSM 01_15	$F = 0,63\text{mm (20\%)} + 0,25\text{mm (54\%)} + 0,125\text{mm (26\%)}$
DIA7 PSM 09_14	$F = 0,2\text{mm (73\%)} + 0,125\text{mm (27\%)}$
DIA7 EST 01_15	$F = 0,2\text{mm (85\%)} + 0,125\text{mm (15\%)}$

2.3. Stations DIA8 à DIA11

Les pourcentages de carbonates varient entre 0,63 et 41,41%, les sédiments bimodaux ont un mode dominant dans les fins (tableau 13). Dans ce segment les sables sont moyens à fins ($2,66 < Mz < 1,56\phi$) et ils sont plus grossiers sur l'estran que sur la haute plage et la plage sous-marine (figure 28). Ils sont très bien à bien classés, l'asymétrie est positive et la distribution est leptokurtique en général (tableaux 15, 16 et 17, annexe V).

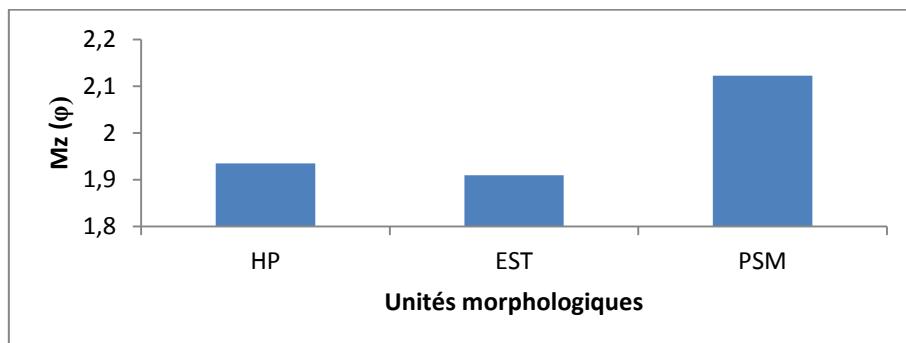


Figure 28 : Evolution de la granulométrie moyenne de DIA3 à DIA11

HP = haute plage ; EST = estran ; PSM = plage sous-marine

Tableau 13 : Caractéristiques des sédiments bimodaux

Echantillons	Formules modales
DIA8 HP 01_15	$F = 0,25\text{mm (65\%)} + 0,16\text{mm (35\%)}$
DIA8 PSM 01_15	$F = 0,63\text{mm (37\%)} + 0,16\text{mm (63\%)}$
DIA9 PSM 06_14	$F = 0,4\text{mm (66\%)} + 0,16\text{mm (34\%)}$
DIA9 PSM 09_14	$F = 0,25\text{mm (56\%)} + 0,125\text{mm (44\%)}$
DIA10 PSM 06_14	$F = 0,315\text{mm (61\%)} + 0,2\text{mm (39\%)}$
DIA10 PSM 09_14	$F = 0,2\text{mm (48\%)} + 0,125\text{mm (52\%)}$

2.4. Stations DIA12 et DIA13

Les sédiments sont dans l'ensemble carbonaté ($1,21 < \text{CaCO} < 30,71\%$) et unimodaux. Sur ce segment, les sables sont moyens à fins ($2,21 < Mz < 1,48\phi$), cependant ils sont plus grossiers sur la plage sous-marine que sur l'estran et la haute plage (figure 29). Ils sont bien à très bien classés ($0,299 < \text{Sig} < 0,484$) à l'exception de la haute plage et de la plage sous-marine où ils sont parfois moyennement classés. La distribution est mésokurtique à leptokurtique pour l'essentiel et l'asymétrie est positive.

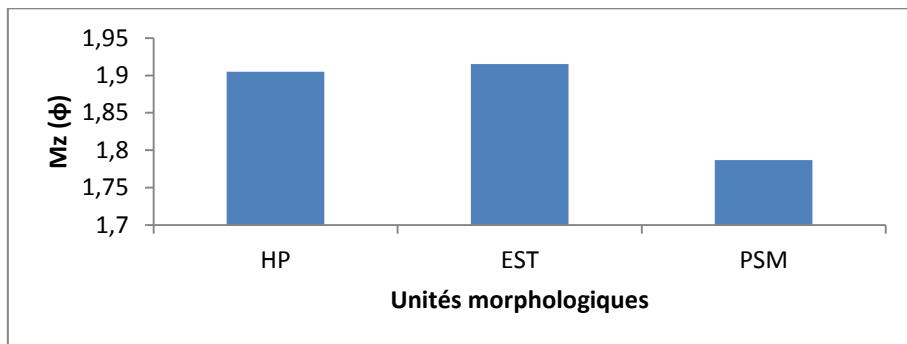


Figure 29 : Evolution de la granulométrie moyenne de DIA12 et DIA13

HP = haute plage ; EST = estran ; PSM = plage sous-marine

III. Synthèse des résultats et discussion

1. Evolution morphologique

1.1. La plage de Ngalou

L'évolution des profils de plage montre dans l'ensemble que la haute plage présente une pente modérée et l'estran et la plage sous-marine, une pente forte. Les profils ont un aspect concavo-convexe. La dynamique sédimentaire, montre léger équilibre sur la haute plage durant toute la période de suivi. On constate en général une érosion sur le haut estran et une légère accumulation sur le bas estran et la plage sous-marine entre juin et septembre 2014 (hivernage). Par contre, on enregistre une érosion sur l'estran et la plage sous-marine entre septembre 2014 et janvier 2015 (saison sèche) à l'exception des stations NG3, NG4, NG13 et NG14 où on a une accumulation ($+10,285 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$). Le bilan des mouvements sédimentaires du segment côtier de Ngalou de juin 2014 à janvier 2015 est négatif en général ($-19,035 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$). A l'exception des stations NG4, NG13 et NG14 où le bilan est positif. On note des mouvements de compensation entre la haute plage et l'estran et la plage sous-marine.

En janvier 2015, l'érosion a adouci la pente de l'estran et de la plage sous-marine et a fait reculer la ligne de rivage de 3m environ sur toute la base. La berme s'édifie entre septembre 2014 et janvier 2015. Les fortes houles de NNW seraient à l'origine de l'érosion et à l'édification de berme. Selon Diara (1999) la berme se forme chaque année pendant la période correspondant aux houles de NNW. Cette berme tend à disparaître après la saison d'hivernage durant laquelle alternent les houles NNW et SSW et réapparaît dès les fortes houles NNW en Décembre. La présence de rides sur la haute plage montre que la plage de Ngalou est soumise à l'action du vent continental.

1.2. La plage de Diakhanor

La pente de la haute plage est faible et celle de l'estran et de la plage sous-marine est forte dans l'ensemble. Les profils présentent une alternance de parties concaves et de parties convexes. Un léger équilibre est noté sur la haute plage durant toute la période de suivi. Cependant, on enregistre une érosion sur le haut-estran et une accrétion sur le bas-estran en général entre juin et septembre 2014. Pendant cette période des mouvements de compensation sont perceptibles le long des profils. Des mouvements inverses sont observés pendant la saison sèche, excepté la station de DIA2 où on a un engrangement généralisé. Les profils ont un aspect concavo-convexe. Le bilan des mouvements sédimentaires de juin 2014 à janvier 2015 est dans l'ensemble positif sur l'estran et la plage sous-marine et négatif sur la haute plage. Une légère érosion est notée sur le haut-estran, elle serait à l'origine du recul de l'estran et à la formation de berme. On note aussi une intense érosion de l'estran et de la plage sous-marine sur le profil DIA13 (Djifère) en janvier 2015, créant une microfalaise et un recul de la ligne de rivage. Cette érosion à Djifère serait causée par l'action des fortes houles et de marées. Ce phénomène a été décrit par Saos et Bâ (1993), Saos et *al.*, (1993) *in* Diarra (1999), Bâ et *al.*, (1992) Nous notons un recul de la façade maritime entre décembre et février et un recul de la pointe pendant l'hivernage. L'érosion de la haute plage serait due à l'action des vents.

2. Evolution sédimentologique

2.1. La plage de Ngalou

Le pourcentage de carbonate est inférieur à 15% sur l'ensemble des secteurs étudiés. Il peut atteindre 43% sur la plage sous-marine et décroît de cette dernière vers la haute plage. Les teneurs en carbonate les plus importantes se trouvent sur la base serrée. Au niveau de la station de NG13, la microfalaise est constituée d'amas coquillers. Cette dernière alimente la plage en débris de coquilles et augmente le taux de carbonate dans cette zone. Les sédiments

sont le plus souvent homogènes. Les 80% des sédiments hétérogènes se localisent sur la plage sous-marine, 17% sur l'estran et 3% sur la haute plage. Ils ont un mode principal dominant dans les sables fins. Ce qui veut dire que l'énergie de houles diminue de la plage sous-marine vers la haute plage. Globalement, elle présente des sables fins à moyens et la moyenne granulométrique croît de la plage sous-marine vers la haute plage. Les sables sont moyennement à bien classés, cependant les sédiments sont mieux classés sur l'estran. Ce phénomène est dû à l'action des vagues. La distribution est mesokurtique à leptokurtique et l'asymétrie est largement positive.

2.2. La plage de Diakhanor

Le pourcentage de carbonate varie entre 1% et 45% et croît de la haute plage vers la plage sous-marine. Les sédiments sont dans l'ensemble homogènes et rarement hétérogènes. Plus de 80% des sédiments bimodaux se trouvent sur la plage sous-marine en janvier 2015. Ils ont un mode dominant dans la classe des fins en général. Dans l'ensemble les sables de cette plage sont moyens à fins et la moyenne granulométrique diminue de la plage sous-marine vers la haute plage, excepté les stations de DIA12 et DIA13 situées à l'extrémité sud de la flèche où on observe l'inverse. L'affinement des sédiments sur l'estran à ce niveau serait influencé par la dérive littorale qui favorise l'apport de particules fines du nord vers le sud. Les sédiments sont bien à très bien classés et à asymétrie positive. La distribution est à dominante mésokurtique à leptokurtique. Cependant, la majeure partie des sédiments très leptokurtiques se trouvent sur l'estran.

CONCLUSION GENERALE

Le suivi morphosédimentaire des plages de Palmarin-Ngalou et de Diakhanor-Djfère nous a permis de mettre en évidence l'évolution de ce segment côtier sur deux plans :

- Sur le plan morphologique,

La plage de Ngalou présente une pente faible à modérée sur la haute plage et modérée à forte sur l'estran et la plage sous-marine. Ce pendant on a un escarpement à la station 13. Les profils ont une forme concavo-convexe. Le bilan sédimentaire est dans l'ensemble négatif. On note en général des mouvements de compensation entre la haute plage, l'estran et la plage sous-marine. L'érosion est plus intense sur l'estran et la plage sous-marine. Cet érosion a adouci la pente de l'estran et la plage sous-marine et a fait reculer la ligne de rivage de 3m environ.

Par contre, la plage de Diakhanor présente des pentes faibles sur la haute plage et forte sur l'estran et la plage sous-marine dans l'ensemble. Les profils se caractérisent par une alternance de parties concaves et de parties convexes. Le bilan sédimentaire est positif et se caractérise par des mouvements de compensation entre les unités morphologiques. Toutefois, l'érosion du haut-estran a fait reculer l'estran et a édifié des bermes.

- Sur le plan sédimentologique,

Les plages de Ngalou et Diakhanor sont caractérisées par des sédiments homogènes. Les 80% des sédiments hétérométriques se trouvent sur la plage sous-marine. Les teneurs en carbonate croient de la haute plage vers la plage sous-marine. Globalement les sables sont moyens à fins et la moyenne granulométrique décroît de la haute plage vers la plage sous-marine à Ngalou et à Diakhanor on observe l'inverse à l'exception de l'extrémité sud de la flèche où les sables de l'estran s'affinent. Les sédiments sont moyennement à bien classés et à asymétrie positive sur la base de Ngalou. Par contre à Diakhanor, ils sont bien à très bien classés dans l'ensemble et l'asymétrie reste positive.

Cette étude à court terme nous a permis d'identifier deux segments de ce littoral au fonctionnement plus ou moins opposé ; érosion au nord, transport et accumulation au sud. Il est nécessaire de continuer ce suivi et de le coupler à des mesures courantométriques et par la télédétection, afin de mieux comprendre les caractéristiques des agents dynamiques, responsables du façonnement de ce segment du littoral de la petite côte.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bâ M., Diop E. S., Diouf B., Soumaré A., Chevilotte H., Saos J. L., Barusseau J. P. (1992) – Evolution de l'embouchure du Saloum. In : Gestion des ressources côtières et littorales du Sénégal. Actes de l'Atelier de Gorée 27 – 29 Juillet 1992, 121 – 131 p.
- Barusseau J. P., Castaigne P., Duvail C., Noel B. J., Nehlig P., Roger J., Serrano O., Banton O., Comte J. C., Travi Y. (2009) – Notice explicative de la cartographie multi-couches à 1/50000 et 1/20000 de la zone d'activité du Cap-vert. Projet financé par l'Union Européenne / Direction des Mines et de la géologie (DMG), 245 p.
- Bonnefille R. (1980) - Hydrodynamique marine. Cours Masson, Paris, 173p
- Castalain J. (1965) - Aperçu stratigraphique et micropaléontologique du bassin du Sénégal occidental. Historique de la découverte paléontologique. Mémoire du BRGM n°32, 135-159 p.
- Diara M. (1999) - Formation et évolution fini - holocènes et dynamique actuelle du delta Saloum-Gambie (Sénégal - Afrique de l'ouest). Géomorphologie, stratigraphie, sédimentologie, et dynamique sédimentaire. Thèse de Doctorat, Univ. Perpignan, 161 p.
- Diop E.S. (1990)- La côte ouest africaine du Saloum (Sénégal) à la Mellacorée (République de Guinée). Collection Etudes et Thèses, éditions de l'ORSTOM, Paris, 381 p.
- Diouf M. B. (1989) - Sédimentologie, minéralogie, et géochimie des grés carbonatés quaternaire du littoral sénégal-mauritanien. Thèse Doctorat Océanologie, Univ. Perpignan, 237 p, 70 fig., 46 tab., 8 pl. ph., 2ann
- Diouf B. et Fall M. (1998) - Principaux événements paléoclimatiques dans le bassin sénégal-mauritanien depuis 125 Ka. Paléoécologie of Africa-Volume 25.13-20 p.
- Folk R.L., Ward, W.C. (1957) – Brazos river bars: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol.*, Tulsa (Okl.), 27 (1), 3-26p, 19 fig.
- Nardari B. (1993) -Analyse de la houle sur les côtes du Sénégal. Application à la pointe de Sangomar, Rapport de stage U.T.I.S., ISRA/ORSTOM, Dakar, 31 p.
- Niang Diop I. (1995) - L'érosion de la Petite Côte du Sénégal, l'exemple de Rufisque : passé, présent, futur. Thèse de doctorat, université d'Angers, 318 p.
- Roger J., Nehlic P., Serrano O., Barusseau J.P., Duvail C., Castaigne P., Noël B. J., Comte J. C., Banton O., et Travi Y. (2009) - Notice explicative commune des cartes géologiques à 1/50 000 et 1/20 000 de la zone d'activité du Cap-Vert. Projet financé par l'Union Européenne / Direction des Mines et de la géologie (DMG), 121 p.

Roger J., Serrano O., Nehlig P., Barusseau J.P., Duvail C., Noel B. J. (2009) - Notice explicative des cartes géologiques à 1/500 000 du Bassin sédimentaire sénégalais. Projet financé par l’Union Européenne / Direction des Mines et de la géologie (DMG), 49p.

Sakho I. (2011) - Evolution et fonctionnement hydro-sédimentaire de la lagune de la Somone, petite côte, Sénégal. Thèse Doctorat_en co-tutelle, Spécialité : Sédimentologie côtière, Univ de Rouen – UCAD, 252 p.

Sarr R. (1982) - Etude géologique et hydrogéologique de la région de Joal-Fadiouth (Sénégal). Thèse de troisième cycle, Faculté des Sciences et Technique de Dakar, 150-195

Sarr R. (1995) - Etude biostratigraphique et paléoenvironnementale des séries d’âge Crétacé terminal à Eocène moyen du Sénégal occidental. Systématique et migration des ostracodes. Thèse Doctorat d’Etat ès Sciences, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 335 p.

Sarr R. (2012) – Biozonation et paleoenvironnement du Paleocène du Sénégal occidentale (Afrique de l’ouest). Revue de Paleobiologie, 31 (?) : 145 - 158

Spengler A., Castelain J., Cauvin J., Leroy M., (1966) - Le bassin secondaire-tertiaire du Sénégal. In : Bassins sédimentaires du littoral africain, 1^{ère} partie : Littoral atlantique, Symposium, Reyre D. ed. Assoc. Serv. Géol. Afr. Paris, 80-94 p.

Sow E. (1992) - Etude sédimentologique et révision chronostratigraphique du Crétacé terminal du horst de Ndiass (Sénégal occidental). Thèse Doctorat de troisième cycle, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 145 p.

Tessier F. (1952) - Contribution à la stratigraphie et à la paléontologie de la partie ouest du Sénégal (Crétacé et Tertiaire). Bull. Dir. Mines AOF, 14, 2T, 571 p.

Turmine V. (2001) - Les variations spatio-temporelles des marais à mangrove et de leur hydrodynamisme en Afrique de l’Ouest entre la Petite côte et la Guinée (Géomorphologie et Télédétection). Mémoire de DEA, Université Paris VII-Denis Diderot, 106 p.

Table des matières

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	2
I. Cadre géographique	2
1. Les facteurs climatiques	3
1.1. La Pluviométrie	3
1.2. Les Températures	3
1.3. Les vents	3
2. Les sols et la végétation	4
2.1. Les sols	4
2.2. La végétation	4
II. Cadre géologique	4
1. Le secondaire	6
2. Le Tertiaire	6
3. Le Quaternaire	7
3.1. Le Pléistocène	7
3.2. Holocène (11 000 – 2 000 ans BP)	8
3.3. Le subactuel et l'actuel	8
4. Tectonique	9
III. Cadre géomorphologique	10
1. Plateau continental	10
2. Morphologie du littoral	10
IV. Hydrodynamique littorale	11
1. La marée	12
2. Les houles	13
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODOLOGIE D'ETUDE	15
I. Localisation des stations	15
1. La base de Palmarin Ngalou	15
2. La base de Diakhanor-Djifère	16
II. Méthodes d'Acquisition des données morphosédimentaires	17
1. Données topographiques	17
2. Données sédimentologiques	18
III. Traitement des données au laboratoire	19

1. Données morphologiques	19
2. Données sedimentologiques	19
CHAPITRE III : PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS	23
I. Analyse morphologique	23
1. La base de Ngalou	23
1.1. Stations NG1 et NG2 (nord de la base serrée).....	23
1.2. Stations NG3 à NG7 (base serrée).....	24
1.3. Station NG8 à NG12 (base serrée)	25
1.4. Stations NG13 et NG14 (sud de la base serrée)	27
1.5. Conclusion.....	27
2. La base de Diakhanor-Djifère	28
2.1. Station DIA1 et DIA2 (nord de la base serrée)	28
2.2. Stations DIA3 à DIA7 (base serrée).....	28
2.3. Stations DIA8 à DIA11 (base serrée)	30
2.4. Station DIA12 et DIA13 (sud de la base serrée)	31
2.5. Conclusion.....	31
II. Analyse sédimentologique	31
1. Base de Ngalou.....	31
1.1. Stations NG1 et NG2.....	31
1.2. Stations NG3 à NG7.....	32
1.3. Stations NG8 à NG12.....	33
1.4. Stations NG13 et NG14.....	34
2. Base de Diakhanor-Djifère	35
2.1. Stations DIA1 et DIA2	35
2.2. Stations DIA3 à DIA7	36
2.3. Stations DIA8 à DIA11	37
2.4. Stations DIA12 et DIA13	38
III. Synthèse des résultats et discussion	38
1. Evolution morphologique.....	38
1.1. La plage de Ngalou.....	38
1.2. La plage de Diakhanor.....	39
2. Evolution sédimentologique	39
2.1. La plage de Ngalou.....	39
2.2. La plage de Diakhanor.....	40

CONCLUSION GENERALE	41
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	42

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 : Carte de localisation du site d'étude.
- Figure 2 : Carte géologique du bassin sédimentaire sénégalo-mauritanien
- Figure 3 : Coupe schématique Est-Ouest du bassin sénégalo-mauritanien
- Figure 4 : Carte géologique du Sénégal occidental.
- Figure 5 : Schéma structural de la partie Occidentale du bassin du Sénégal
- Figure 6 : Couverture sédimentaire marine de la Petite Côte du Sénégal
- Figure 7 : Schéma de profil de marées avec leurs différentes caractéristiques Limite Haute Mer (L.H.M), Limite Basse Mer (L.B.M.).
- Figure 8 : Profil caractéristique de la houle
- Figure 9 : Modèles de propagation des houles le long de la petite côte
- Figure 10 : Localisation des bases.
- Figure 11 : Base de Palmarin Ngalou (A) et sa base serrée (B).
- Figure 12 : Base de Diakhanor-Djifère (A) et sa base serrée (B).
- Figure 13 : Evolutions des profils NG1 et NG2.
- Figure 14 : Evolutions des profils NG3 à NG7.
- Figure 15 : Evolutions des profils NG8 à NG12.
- Figure 16 : Evolution des profils NG13 et NG14
- Figure 17 : Evolution des profils DIA1 et DIA2
- Figure 18 : Evolution des profils DIA3 à DIA7
- Figure 19 : Evolution des profils DIA8 à DIA11
- Figure 20 : Evolution des profils DIA12 et DIA13
- Figure 22 : Evolution de la granulométrie moyenne de NG1 à NG2
- Figure 23 : Evolution de la granulométrie moyenne de NG3 à NG7
- Figure 24 : Evolution de la granulométrie moyenne de NG8 à NG12
- Figure 25 : Evolution de la granulométrie moyenne de NG13 à NG14
- Figure 26 : Evolution de la granulométrie moyenne de DIA1 à DIA2
- Figure 27 : Evolution de la granulométrie moyenne de DIA3 à DIA11
- Figure 28 : Evolution de la granulométrie moyenne de DIA3 à DIA11
- Figure 29 : Evolution de la granulométrie moyenne de DIA12 et DIA13

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Moyenne pluviométrique annuelle (en mm) entre 1927 et 1992

Tableau 2 : variation du marnage du nord au sud sur la côte sénégalienne

Tableau 3 : classification des pentes

Tableau 5 : classification granulométrique de Wentwork

Tableau 6 : signification de quelques paramètres granulométriques des sables

Tableau 7 : Caractéristiques des sédiments bimodaux

Tableau 8 : Caractéristiques des sédiments bimodaux

Tableau 9 : Caractéristiques des sédiments bimodaux

Tableau 10 : Caractéristiques des sédiments bimodaux

Tableau 11 : Caractéristiques des sédiments bimodaux

Tableau 12 : Caractéristiques des sédiments bimodaux

Tableau 13 : Caractéristiques des sédiments bimodaux

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Borne repère

Photo 2 : matériels d'acquisition de données topographiques (station totale (A) et son réflecteur (B))

Photo 3 : principe de réalisation d'un profil topographique

Photo 4 : Dispositif de traitement des échantillons de sables au laboratoire (robinet (A) ; étuve Binder (B) ; colonne de tamis de norme AFNOR et tamiseuse (C) ; balance électrique de précision (D))

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

Annexe I

Figure 1 : Evolution des profils NG1 et NG2 sur la base de Ngalou

Figure 2 : Evolution des profils NG3 et NG4 sur la base de Ngalou

Figure 3 : Evolution des profils NG5 et NG6 sur la base de Ngalou

Figure 4 : Evolution des profils NG7 et NG8 sur la base de Ngalou

Figure 5 : Evolution des profils NG9 et NG10 sur la base de Ngalou

Figure 6 : Evolution des profils NG11 et NG12 sur la base de Ngalou

Figure 7 : Evolution des profils NG13 et NG14 sur la base de Ngalou

Figure 8 : Evolution des profils DIA1 et DIA2 sur la base de Diakhanor

Figure 9 : Evolution des profils DIA3 et DIA4 sur la base de Diakhanor

Figure 10 : Evolution des profils DIA5 et DIA6 sur la base de Diakhanor

Figure 11 : Evolution des profils DIA7 et DIA8 sur la base de Diakhanor

Figure 12 : Evolution des profils DIA9 et DIA10 sur la base de Diakhanor

Figure 13 : Evolution des profils DIA11 et DIA12 sur la base de Diakhanor

Figure 14 : Evolution du profil DIA13 sur la base de Diakhanor

Annexe II

Tableau 1 : Evolution des pentes des unités morphologiques de la base de Ngalou

Tableau 2 : Evolution des pentes des unités morphologiques de la base de Diakhanor

Annexe III

Tableau 3a : volumes sédimentaires ($m^3.m^{-1}$) des unités morphologiques des stations NG1 à NG7

Tableau 3b : volumes sédimentaires ($m^3.m^{-1}$) des unités morphologiques des stations NG8 à NG14

Tableau 4 : Volumes sédimentaires ($m^3.m^{-1}$) des unités morphologiques de la base de Diakhanor

Annexe IV

- Figure 15 : Courbes granulométriques aux stations de NG1, NG2 et NG3
- Figure 16 : Courbes granulométriques aux stations de NG4, NG5 et NG6
- Figure 17 : Courbes granulométriques aux stations de NG7, NG8 et NG9
- Figure 18 : Courbes granulométriques aux stations de NG10, NG12 et NG13
- Figure 19 : Courbes granulométriques aux stations de NG13 et NG14
- Figure 20 : Courbes granulométriques aux stations de DIA1, DIA2 et DIA3
- Figure 21 : Courbes granulométriques aux stations de DIA4, DIA5 et DIA6
- Figure 22 : Courbes granulométriques aux stations de DIA7, DIA8 et DIA9
- Figure 23 : Courbes granulométriques aux stations de DIA10, DIA11 et DIA12
- Figure 24 : Courbes granulométriques aux stations de DIA13

Annexe V

Tableau 5 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de NG1 et NG2

Tableau 6 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de NG3 et NG4

Tableau 7 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de NG5 et NG6

Tableau 8 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de NG7 et NG8

Tableau 9 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de NG9 et NG10

Tableau 10 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de NG11 et NG12

Tableau 11 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de NG13 et NG14

Tableau 12 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de DIA1 et DIA2

Tableau 13 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de DIA3 et DIA4

Tableau 14 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de DIA5 et DIA6

Tableau 15 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de DIA7 et DIA8

Tableau 16 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de DIA9 et DIA10

Tableau 17 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de DIA11 et DIA12

Tableau 18 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates à la station de DIA13

ANNEXE I

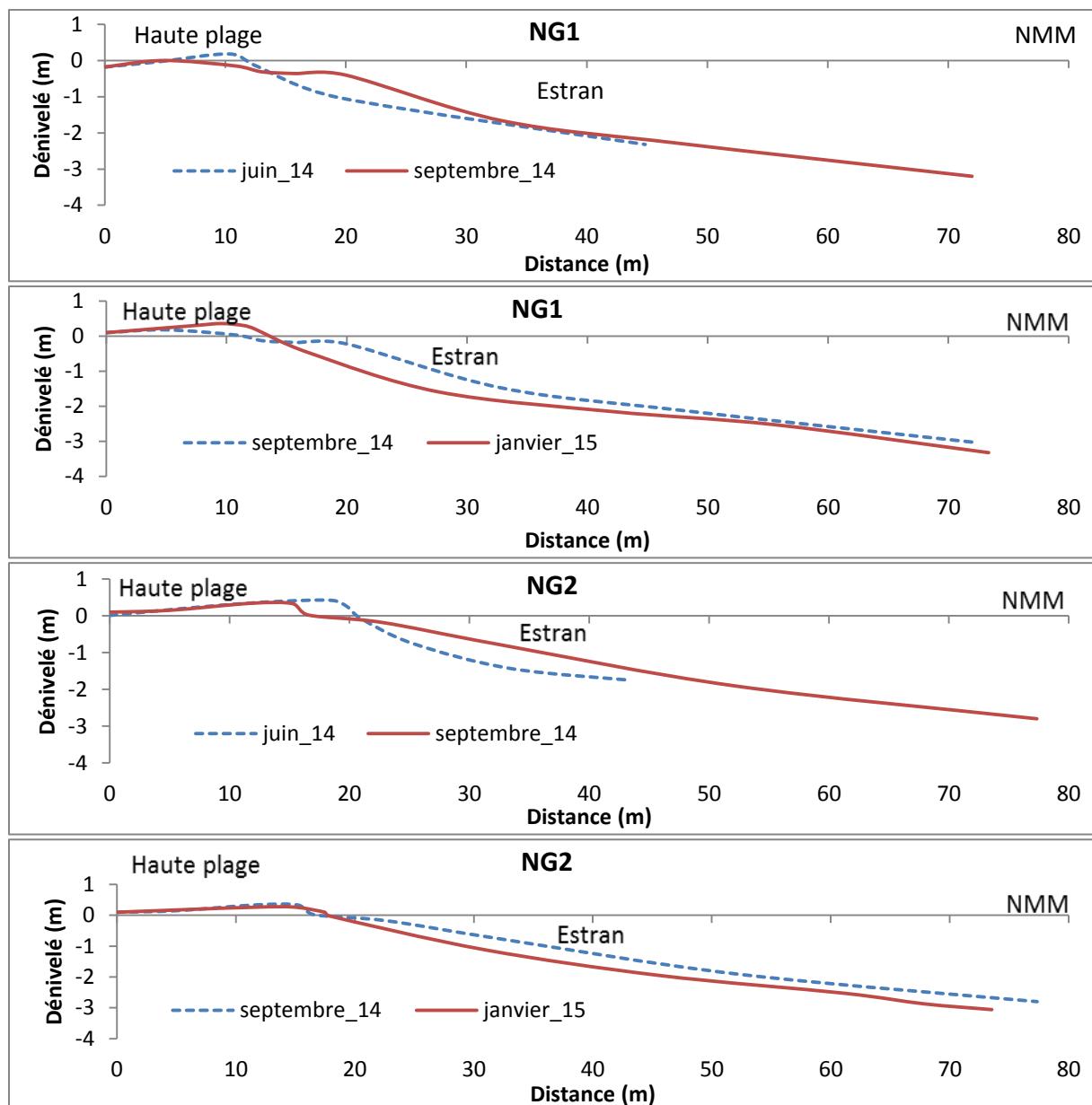


Figure 1 : Evolution des profils NG1 et NG2 sur la base de Ngalou

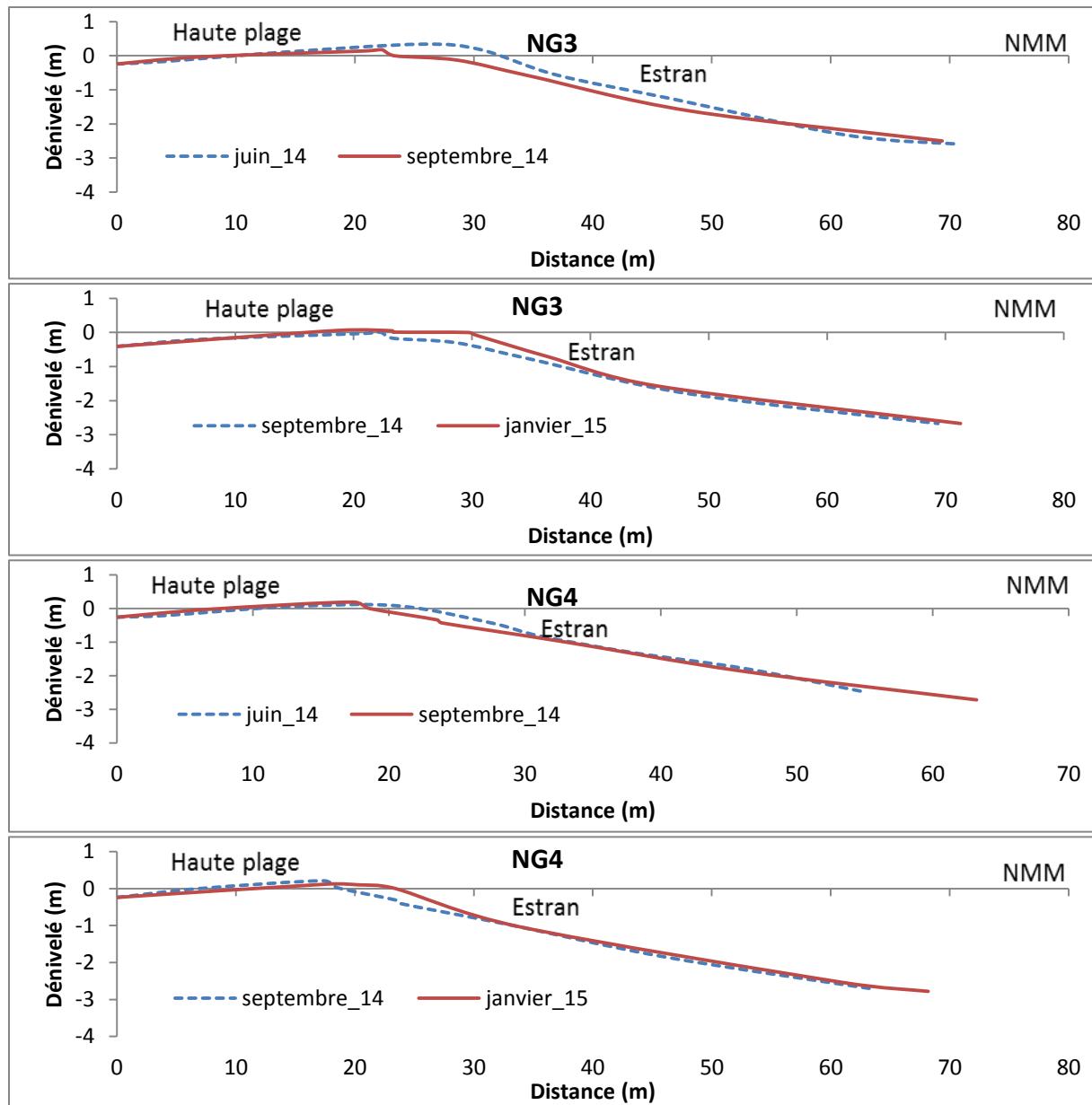


Figure 2 : Evolution des profils NG3 et NG4 sur la base de Ngalou

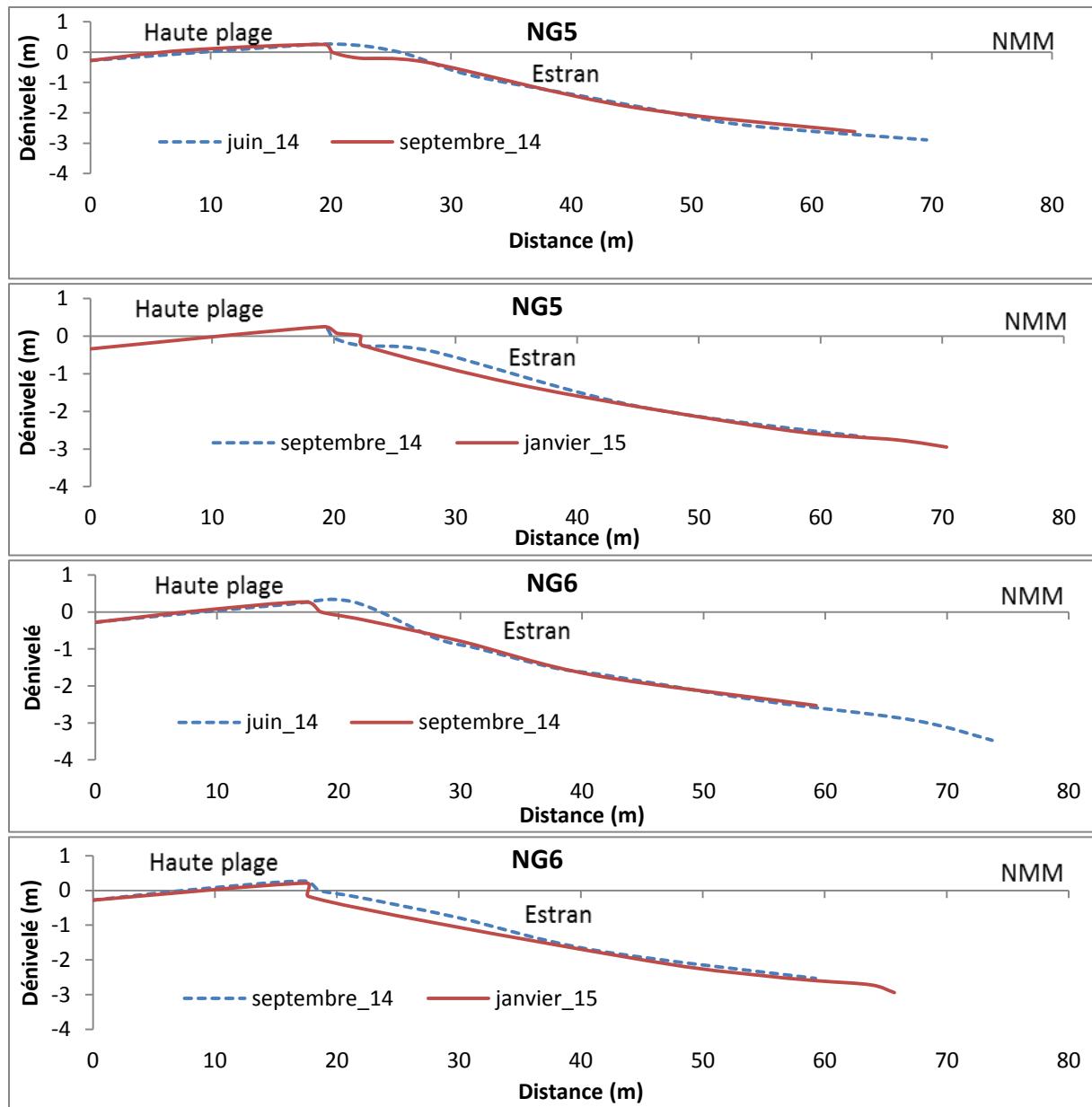


Figure 3 : Evolution des profils NG5 et NG6 sur la base de Ngalou

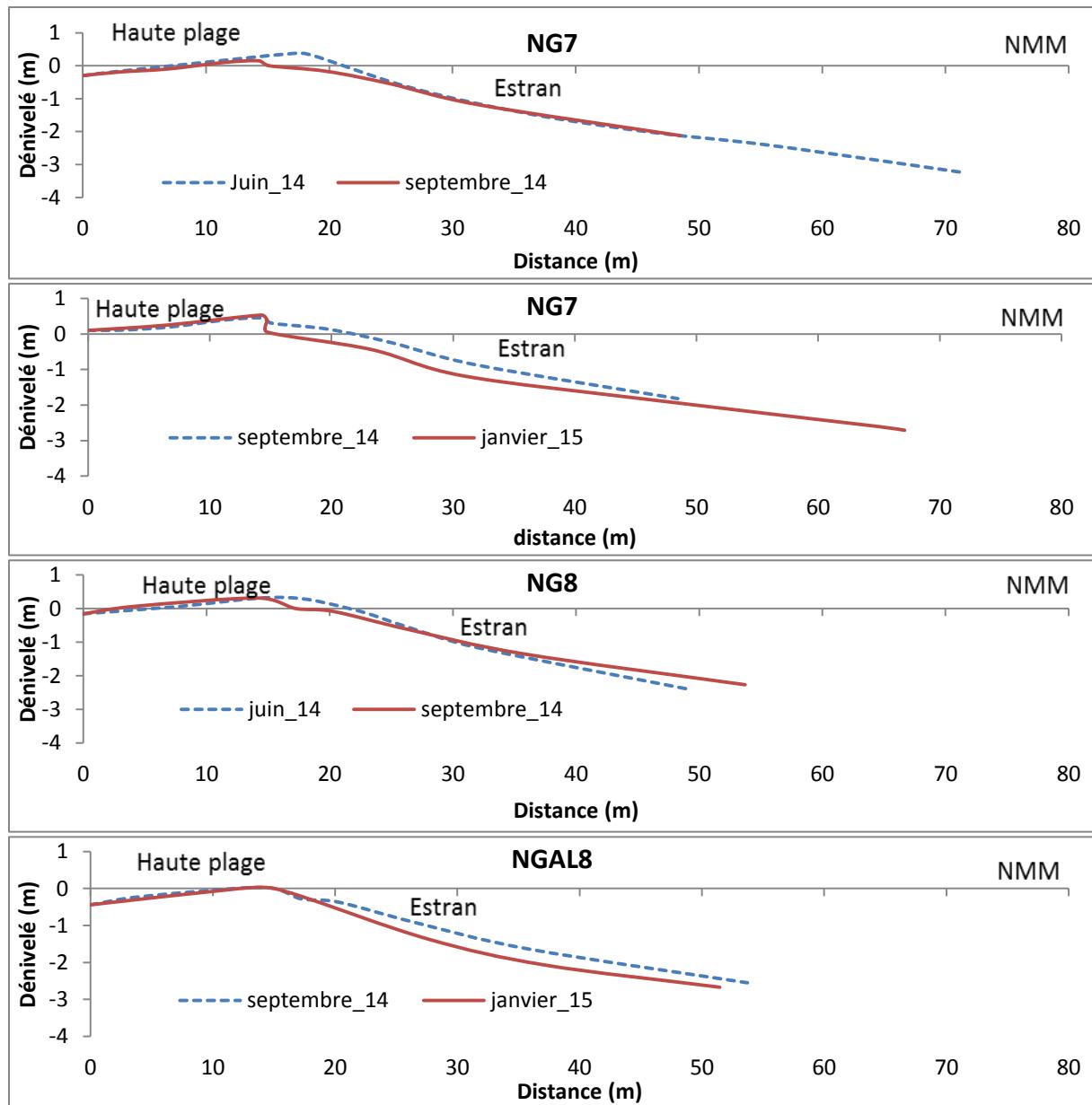


Figure 4 : Evolution des profils NG7 et NG8 sur la base de Ngalou

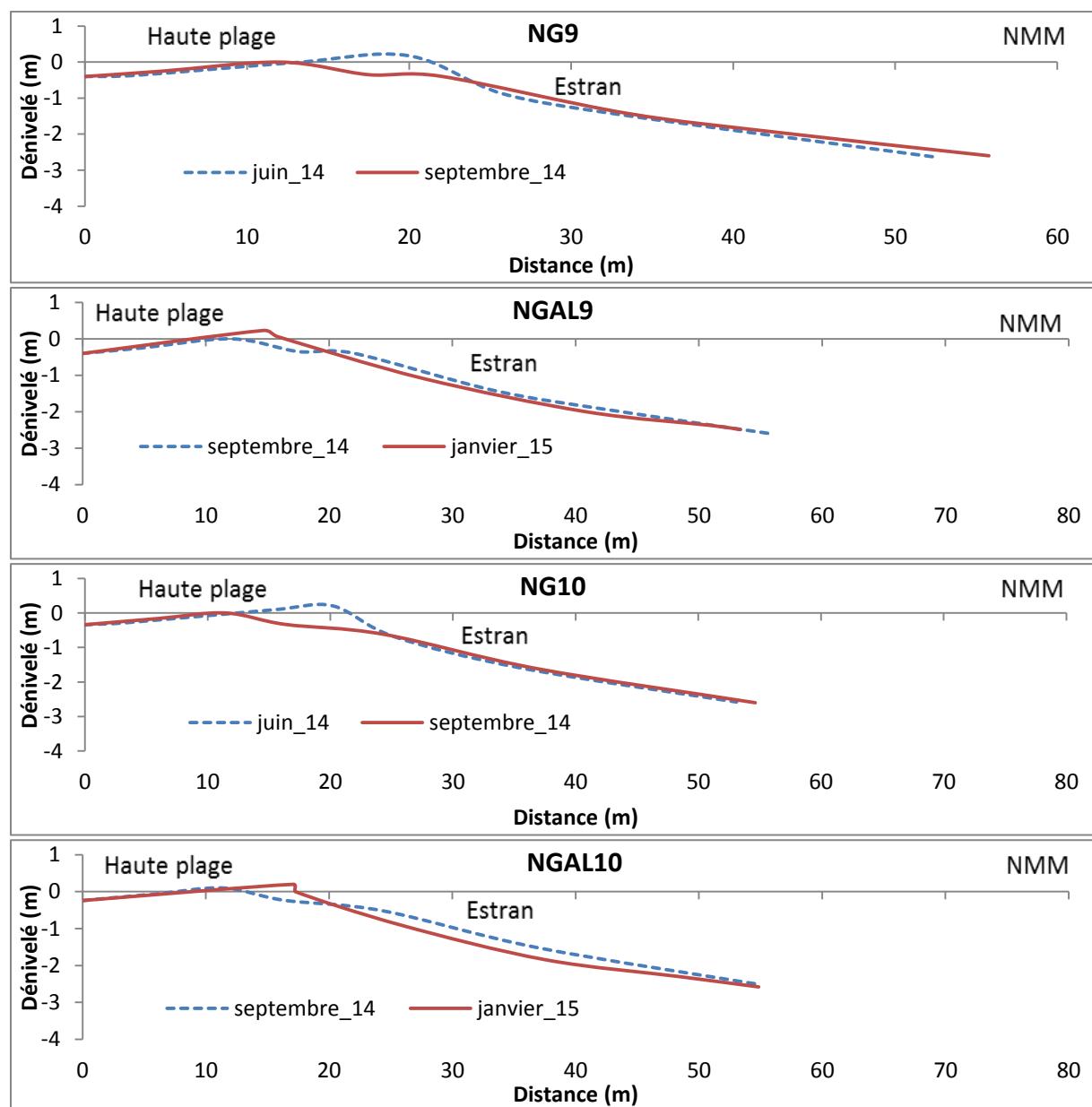


Figure 5 : Evolution des profils NG9 et NG10 sur la base de Ngalou

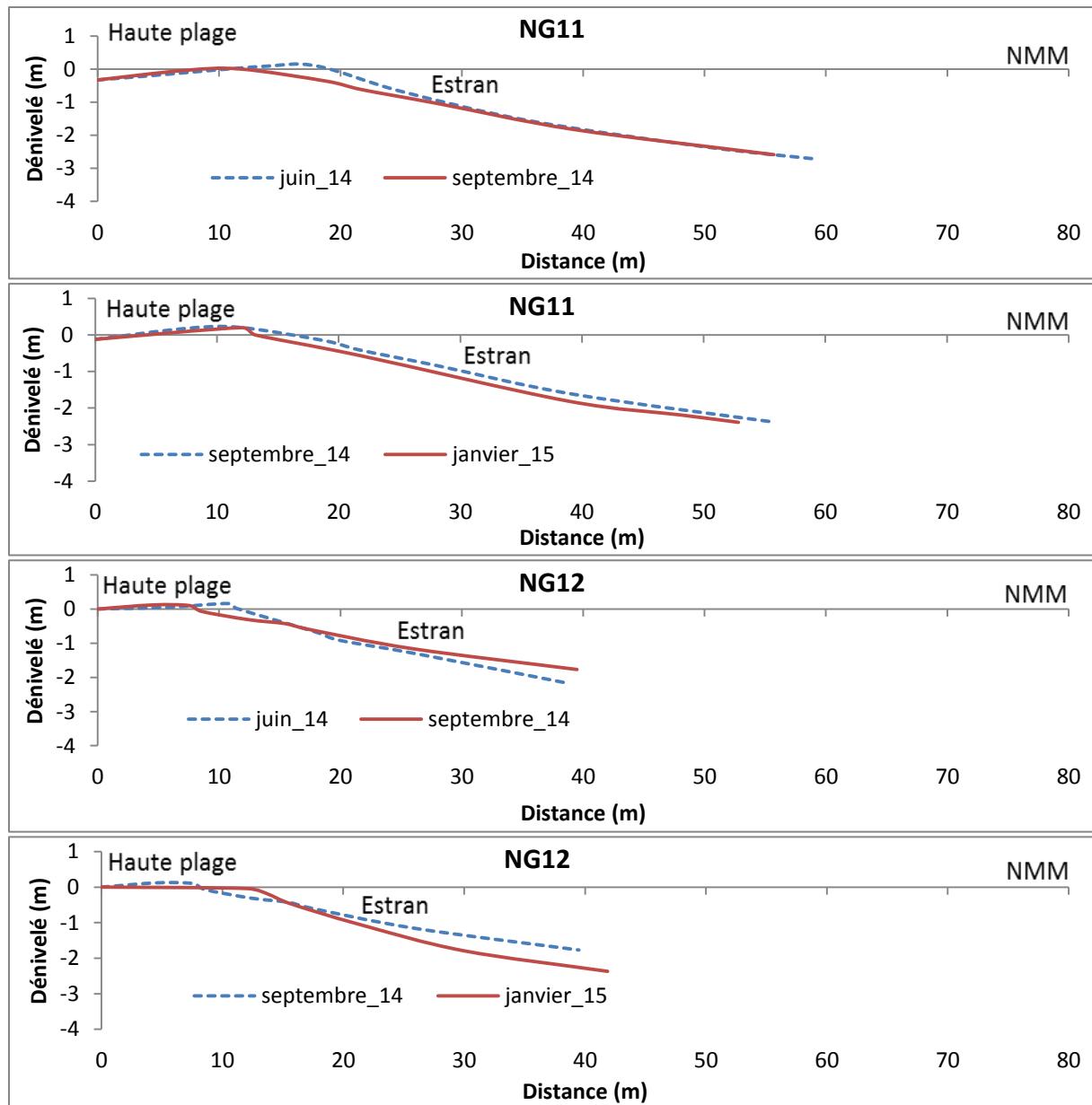


Figure 6 : Evolution des profils NG11 et NG12 sur la base de Ngalou

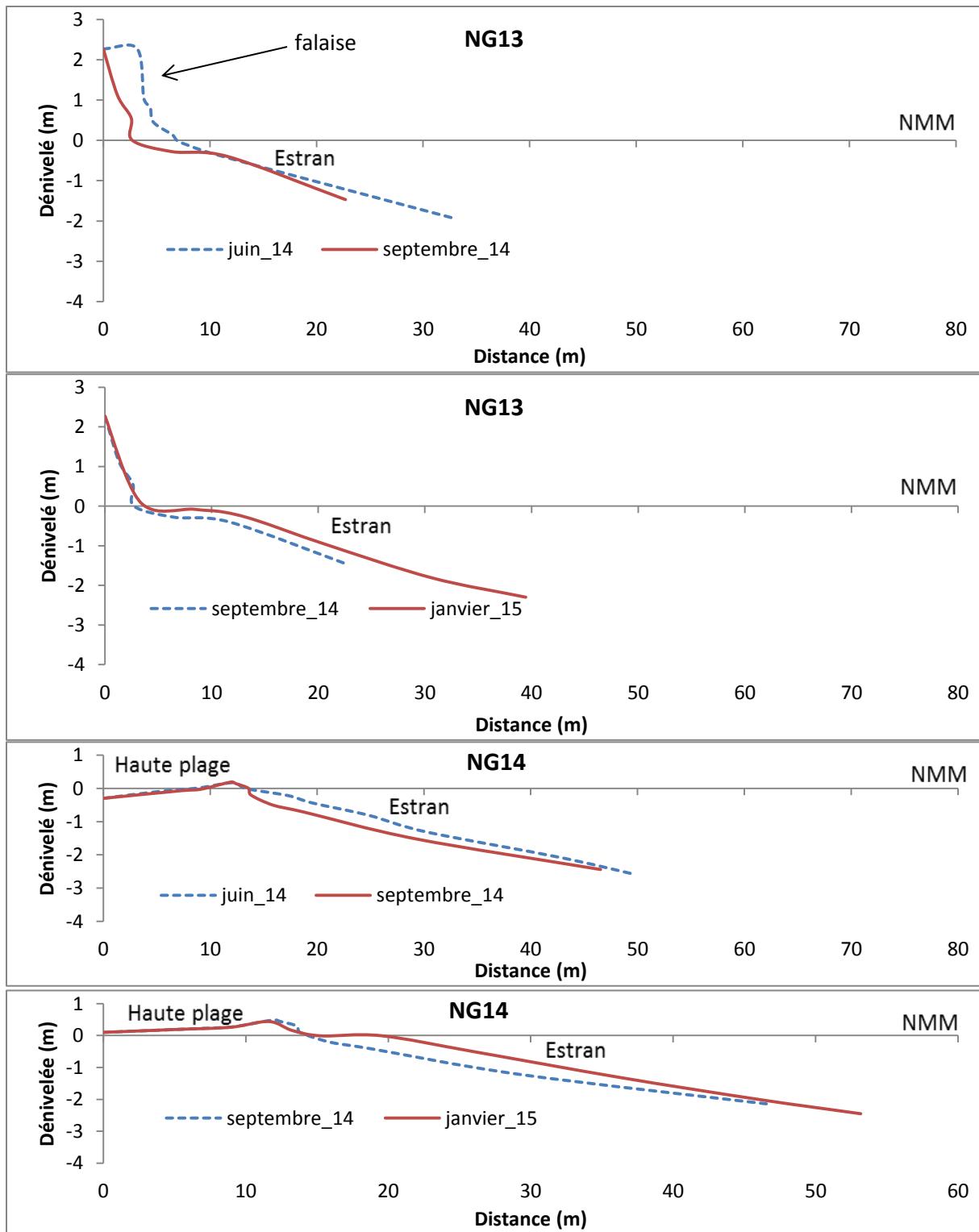


Figure 7 : Evolution des profils NG13 et NG14 sur la base de Ngalou

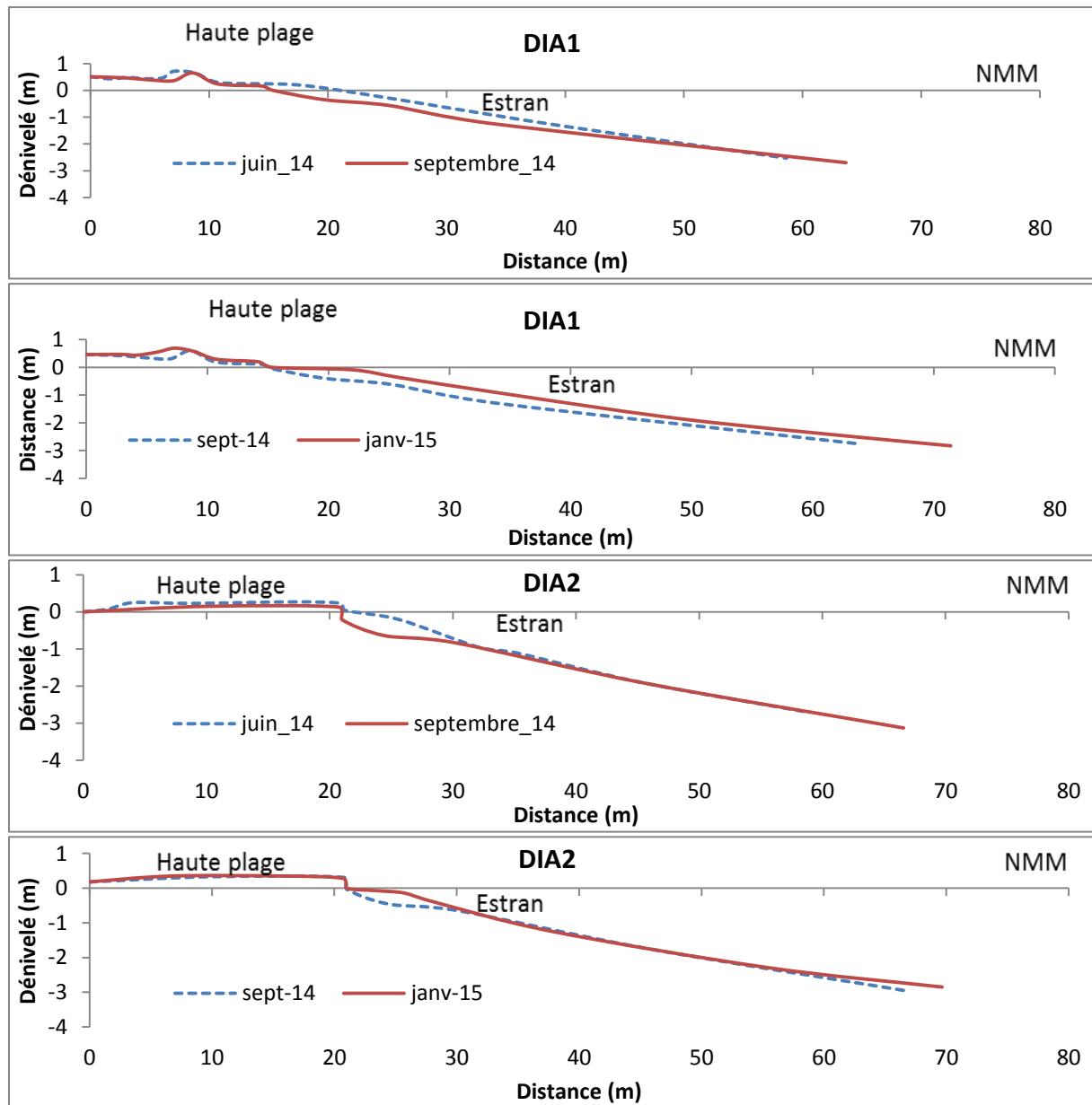


Figure 8 : Evolution des profils DIA1 et DIA2 sur la base de Diakhanor

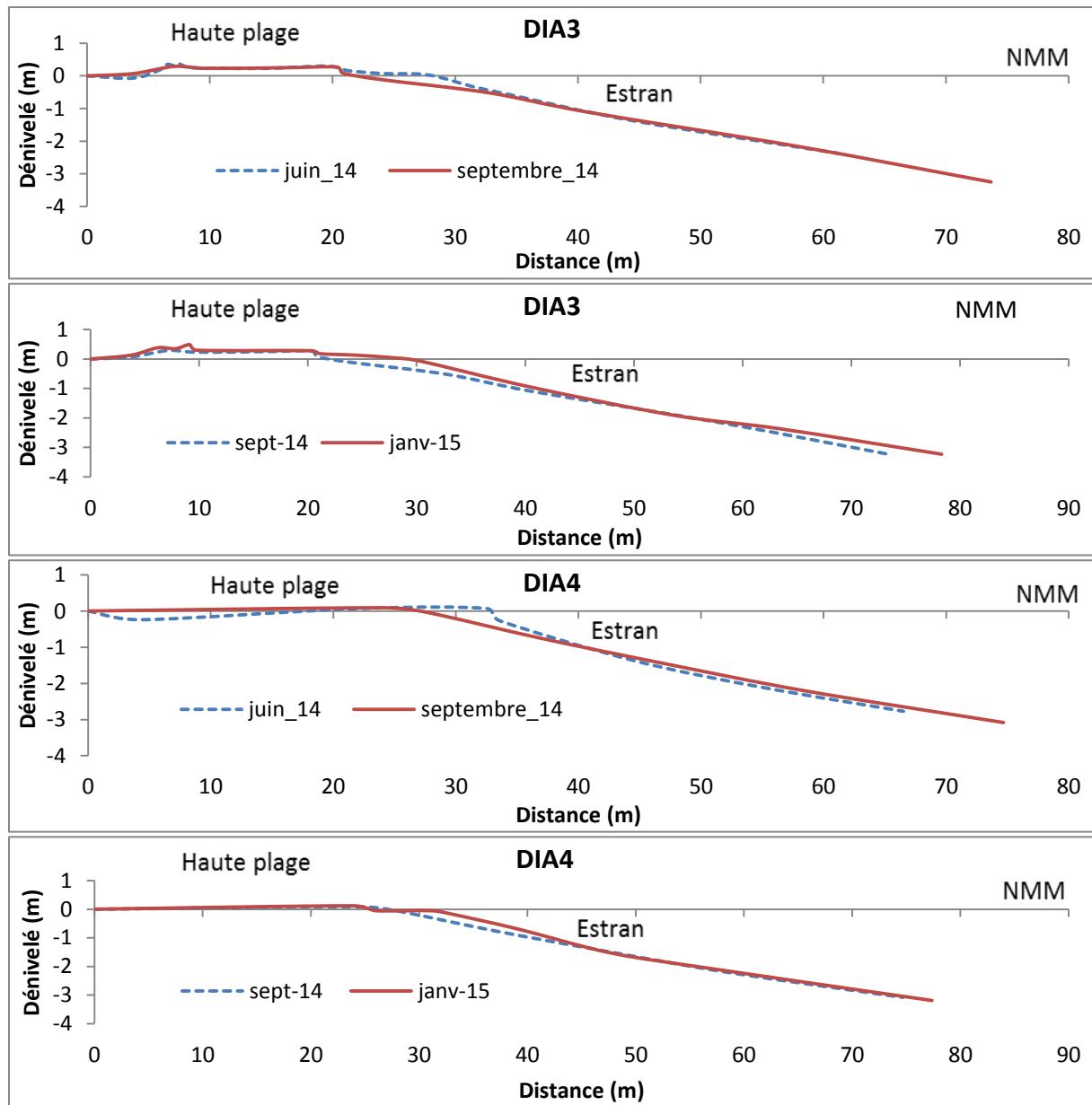


Figure 9 : Evolution des profils DIA3 et DIA4 sur la base de Diakhonor

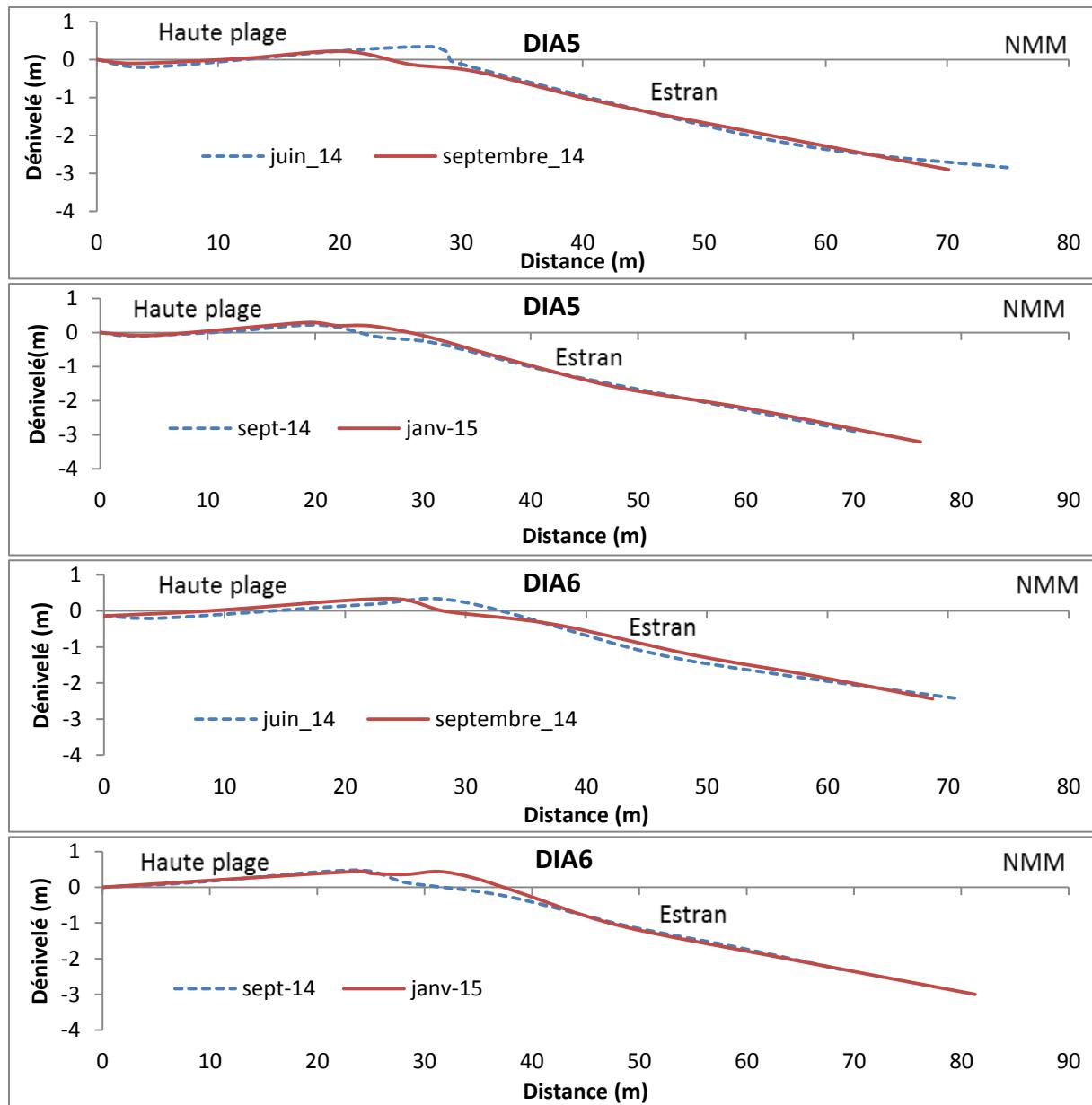


Figure 10 : Evolution des profils DIA5 et DIA6 sur la base de Diakhanor

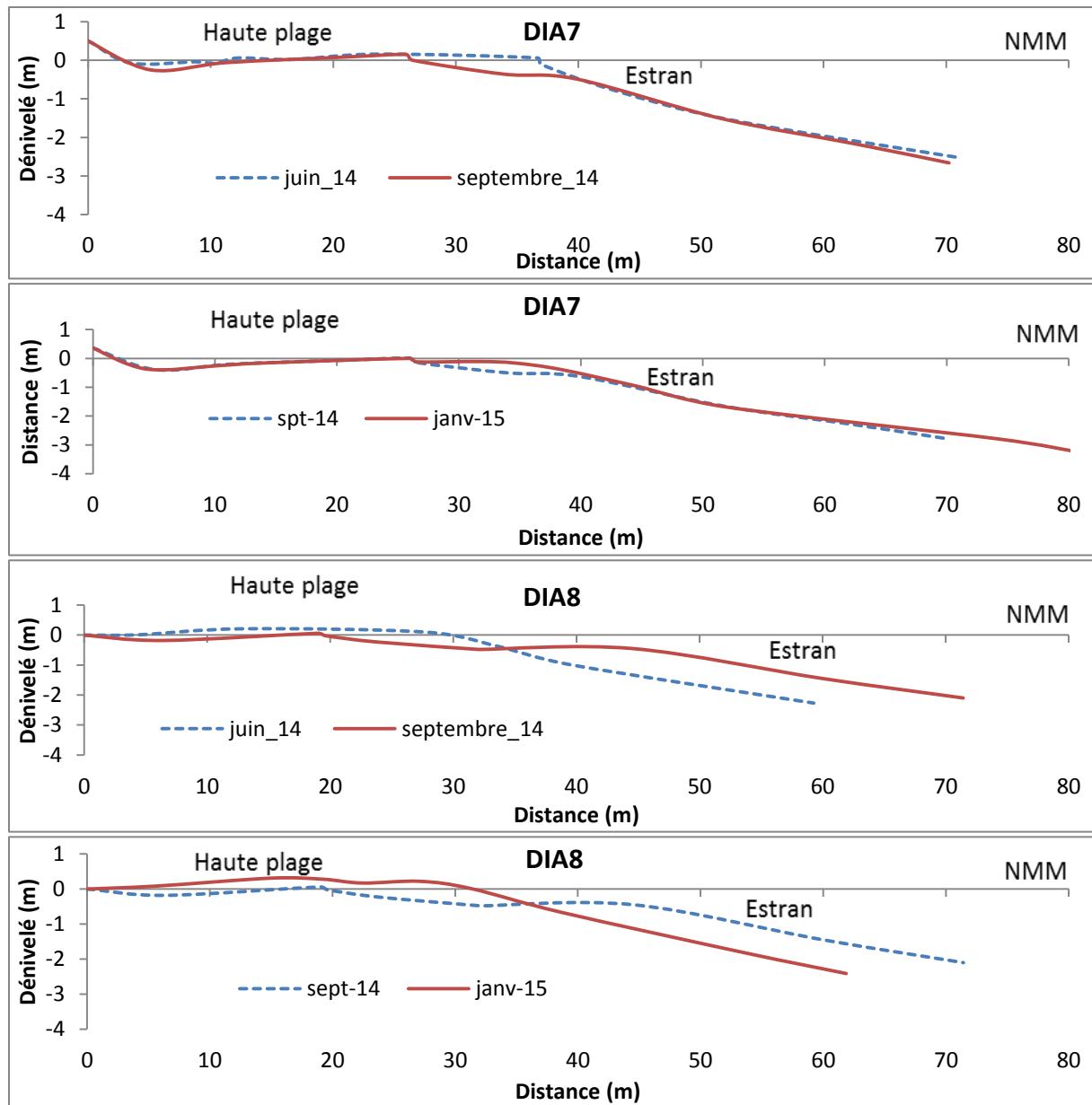


Figure 11 : Evolution des profils DIA7 et DIA8 sur la base de Diakhanor

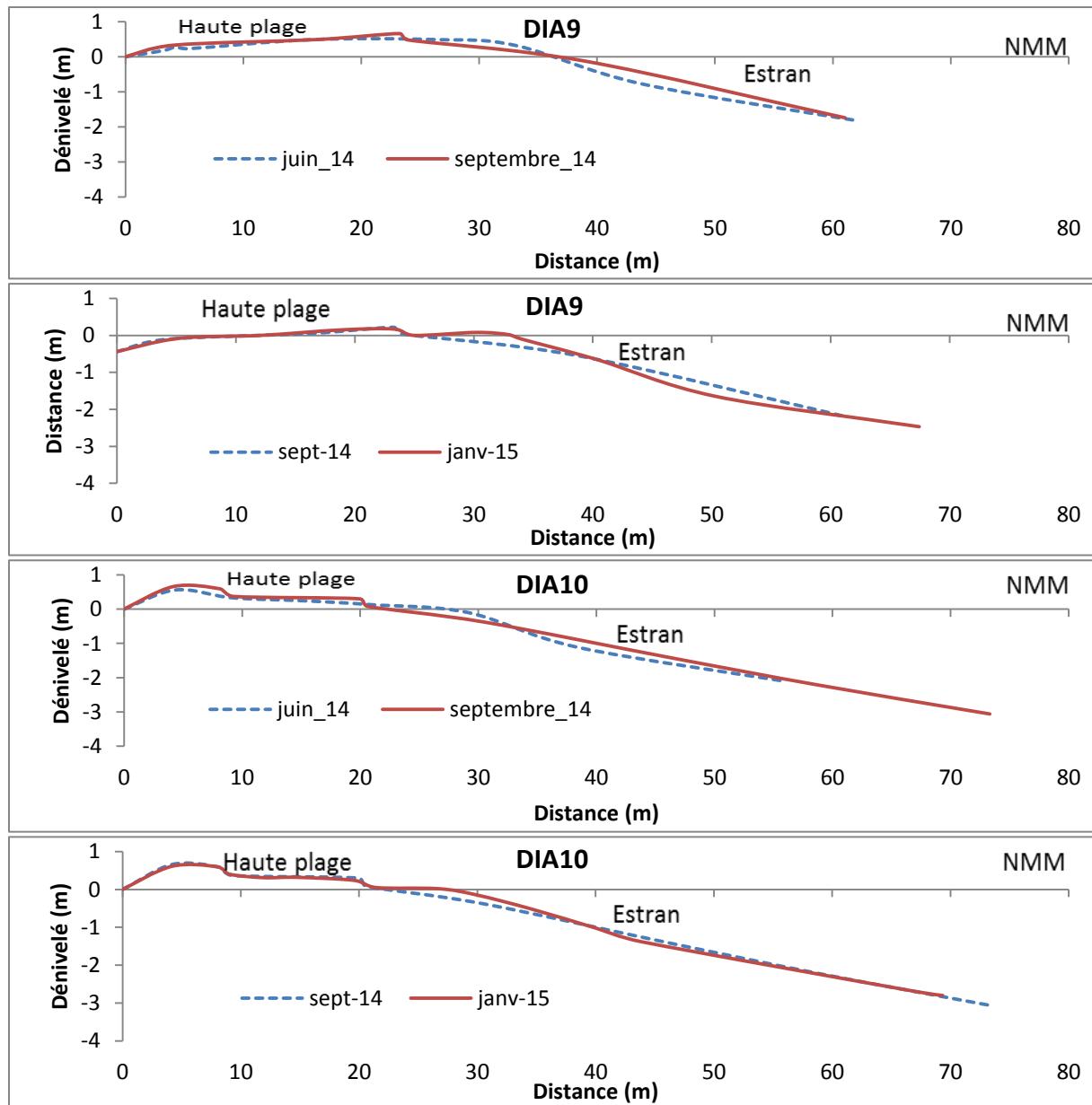


Figure 12 : Evolution des profils DIA9 et DIA10 sur la base de Diakhano

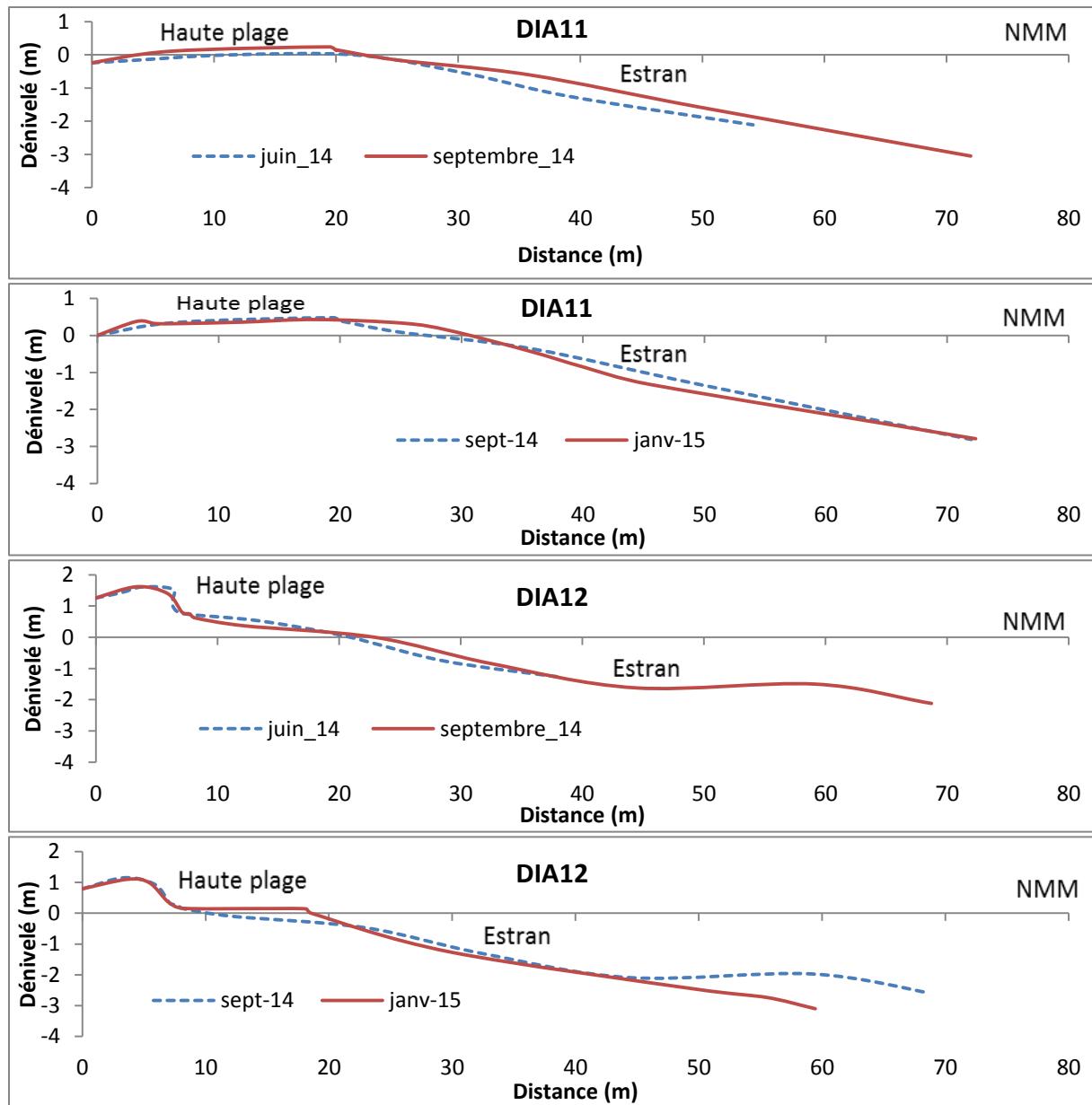


Figure 13 : Evolution des profils DIA11 et DIA12 sur la base de Diakhanor

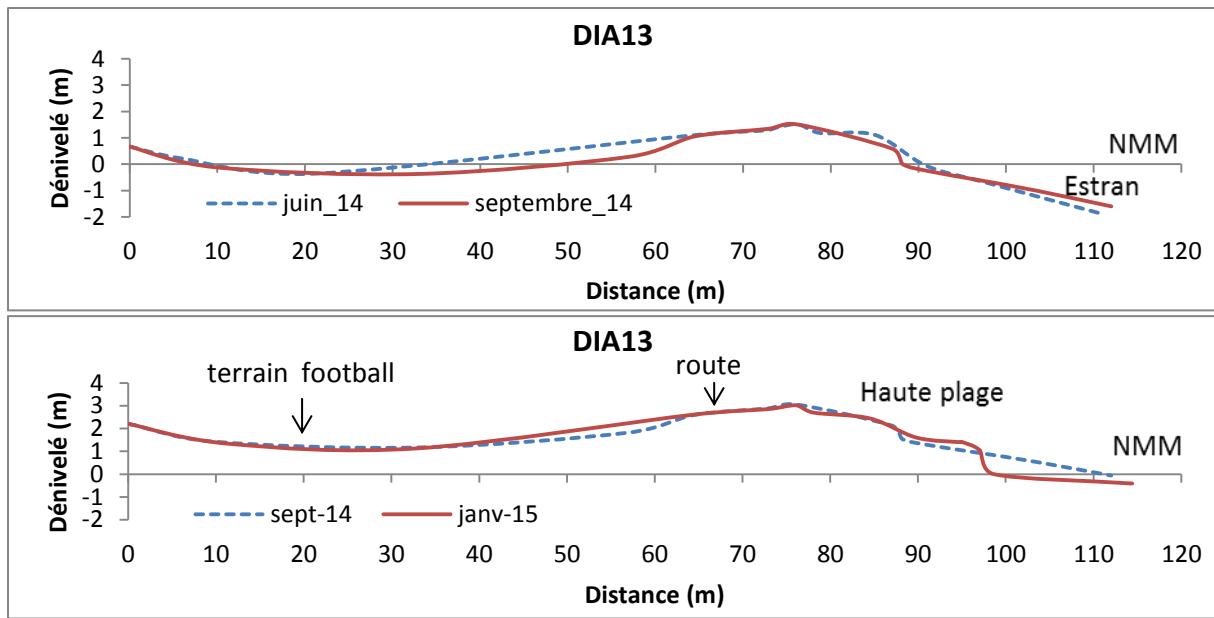


Figure 14 : Evolution du profil DIA13 sur la base de Diakhanor

ANNEXE II

Tableau 1 : Evolution des pentes des unités morphologiques de la base de Ngalou

Stations	Périodes	Pentes (%)	
		Haute plage	Estran et Basse plage
NG1	Juin_14	3,48	6,86
	Septembre_14	3,68	5,16
	Janvier_15	2,66	5,88
NG2	Juin_14	2,06	8,82
	Septembre_14	1,89	4,81
	Janvier_15	1,83	5,54
NG3	Juin_14	2,31	6,9
	Septembre_14	1,74	5,72
	Janvier_15	1,96	6,37
NG4	Juin_14	1,8	7,19
	Septembre_14	2,54	6,12
	Janvier_15	1,8	6,06
NG5	Juin_14	2,65	6,5
	Septembre_14	2,64	6,25
	Janvier_15	2,52	5,91
NG6	Juin_14	2,71	5,68
	Septembre_14	3,16	6,39
	Janvier_15	2,79	5,55
NG7	Juin_14	3,83	6,26
	Septembre_14	3,19	6,6
	Janvier_15	3,63	5,49
NG8	Juin_14	3,04	8,47
	Septembre_14	3,15	6,42
	Janvier_15	3,61	7,51
NG9	Juin_14	3,06	8,01
	Septembre_14	3,13	6,18
	Janvier_15	4,3	6,61
NG10	Juin_14	2,83	8,01
	Septembre_14	3,02	6,09
	Janvier_15	2,57	6,73
NG11	Juin_14	2,47	6,72
	Septembre_14	4,02	6,07
	Janvier_15	2,66	6,14
NG12	Juin_14	2,18	7,74
	Septembre_14	0,66	5,59
	Janvier_15	0,41	7,71
NG13	Juin_14	74,05	7,89
	Septembre_14	65,7	7,25
	Janvier_15	65,07	7,61
NG14	Juin_14	3,76	7,16
	Septembre_14	3,77	7,02
	Janvier_15	3,66	6,72

ANNEXE III

Tableau 3a : volumes sédimentaires ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$) des unités morphologiques des stations NG1 à NG7

Périodes	Haute plage	Estran et Plage sous-marine
	Bilan	Bilan
NG1 juin_14-septembre_14	+0,029	+6,32
NG1 septembre_14-janvier_15	+1,476	-15,989
NG1 juin_14-janvier_15	+1,505	-9,669
NG2 juin_14-septembre_14	-0,596	+8,141
NG2 septembre_14-janvier_15	-0,402	-19,035
NG2 juin_14-janvier_15	-0,998	-10,894
NG3 juin_14-septembre_14	-0,847	-6,855
NG3 septembre_14-janvier_15	+1,19	+6,325
NG3 juin_14-janvier_15	+0,343	-0,53
NG4 juin_14-septembre_14	-2,671	+1,141
NG4 septembre_14-janvier_15	-1,291	+5,387
NG4 juin_14-janvier_15	-3,962	+6,528
NG5 juin_14-septembre_14	+0,579	+0,317
NG5 septembre_14-janvier_15	-0,461	-4,326
NG5 juin_14-janvier_15	+0,118	-4,009
NG6 juin_14-septembre_14	+0,266	-0,764
NG6 septembre_14-janvier_15	-1,389	-6,414
NG6 juin_14-janvier_15	-1,123	-7,178
NG7 juin_14-septembre_14	-1,308	-2,445
NG7 septembre_14-janvier_15	+0,255	-9,588
NG7 juin_14-janvier_15	-1,053	-12,033

Tableau 3b : volumes sédimentaires ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-1}$) des unités morphologiques des stations NG8 à NG14

Périodes	Haute plage	Estran et plage sous-marine
	Bilan	Bilan
NG8 juin_14-septembre_14	+0,836	+1,632
NG8 septembre_14-janvier_15	-0,275	-9,603
NG8 juin_14-janvier_15	+0,561	-7,971
NG9 juin_14-septembre_14	+0,466	-0,275
NG9 septembre_14-janvier_15	+2,157	-2,974
NG9 juin_14-janvier_15	+2,623	-3,249
NG10 juin_14-septembre_14	+0,293	-3,232
NG10 septembre_14-janvier_15	+1,427	-6,828
NG10 juin_14-janvier_15	+1,72	-10,06
NG11 juin_14-septembre_14	-3,193	-8,907
NG11 septembre_14-janvier_15	-0,665	-7,085
NG11 juin_14-janvier_15	-3,858	-15,992
NG12 juin_14-septembre_14	-0,048	-2,996
NG12 septembre_14-janvier_15	+0,545	-7,228
NG12 juin_14-janvier_15	+0,497	-10,224
NG13 juin_14-septembre_14	-6,945	-1,084
NG13 septembre_14-janvier_15	+0,241	+3,608
NG13 juin_14-janvier_15	-6,704	+2,524
NG14 juin_14-septembre_14	-0,267	-8,599
NG14 septembre_14-janvier_15	-0,223	+10,285
NG14 juin_14-janvier_15	-0,49	+1,686
Moyenne	-0,77292857	-5,79078571

ANNEXE IV

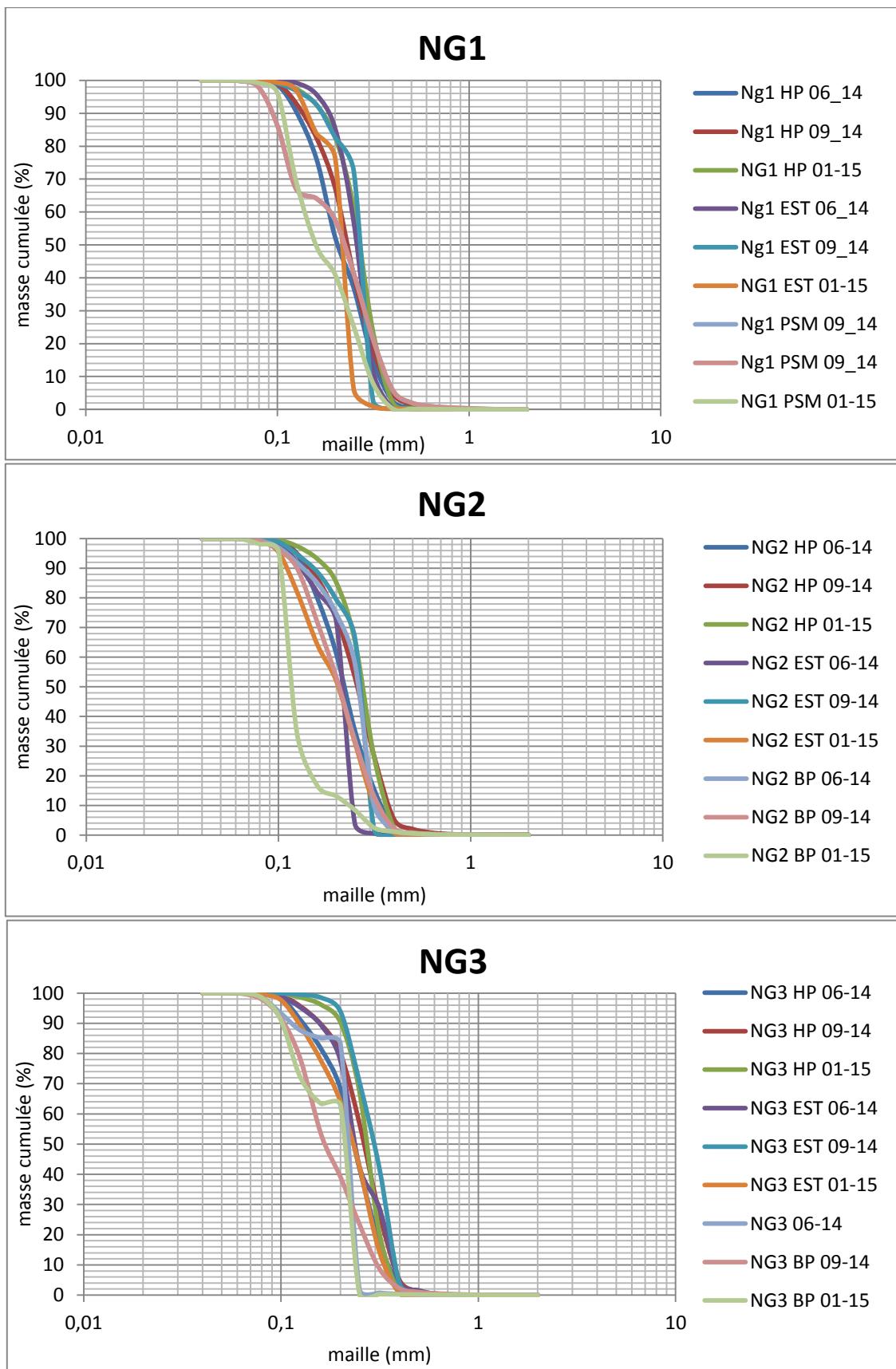


Figure 15 : Courbes granulométriques aux stations de NG1, NG2 et NG3

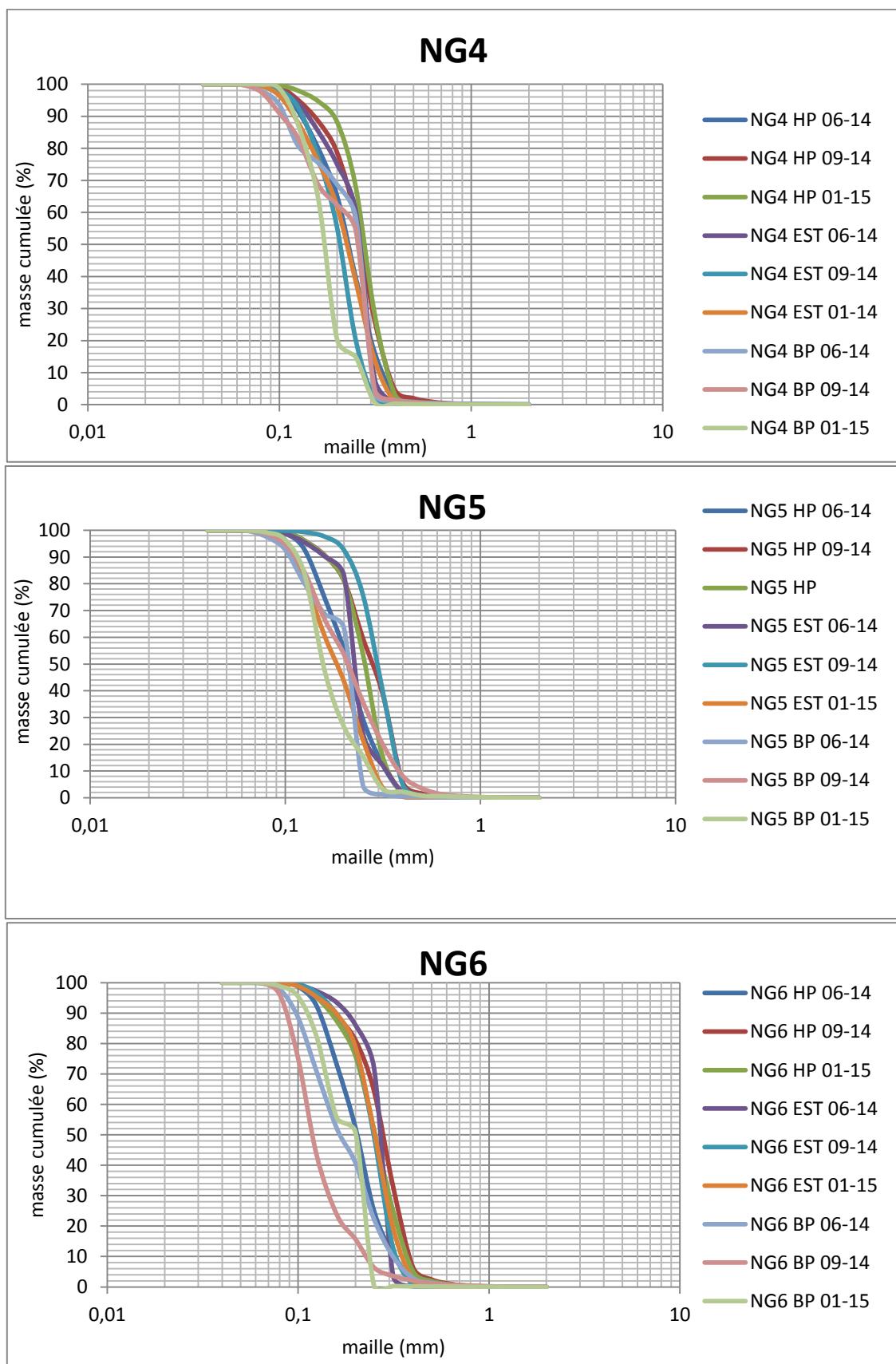


Figure 16 : Courbes granulométriques aux stations de NG4, NG5 et NG6

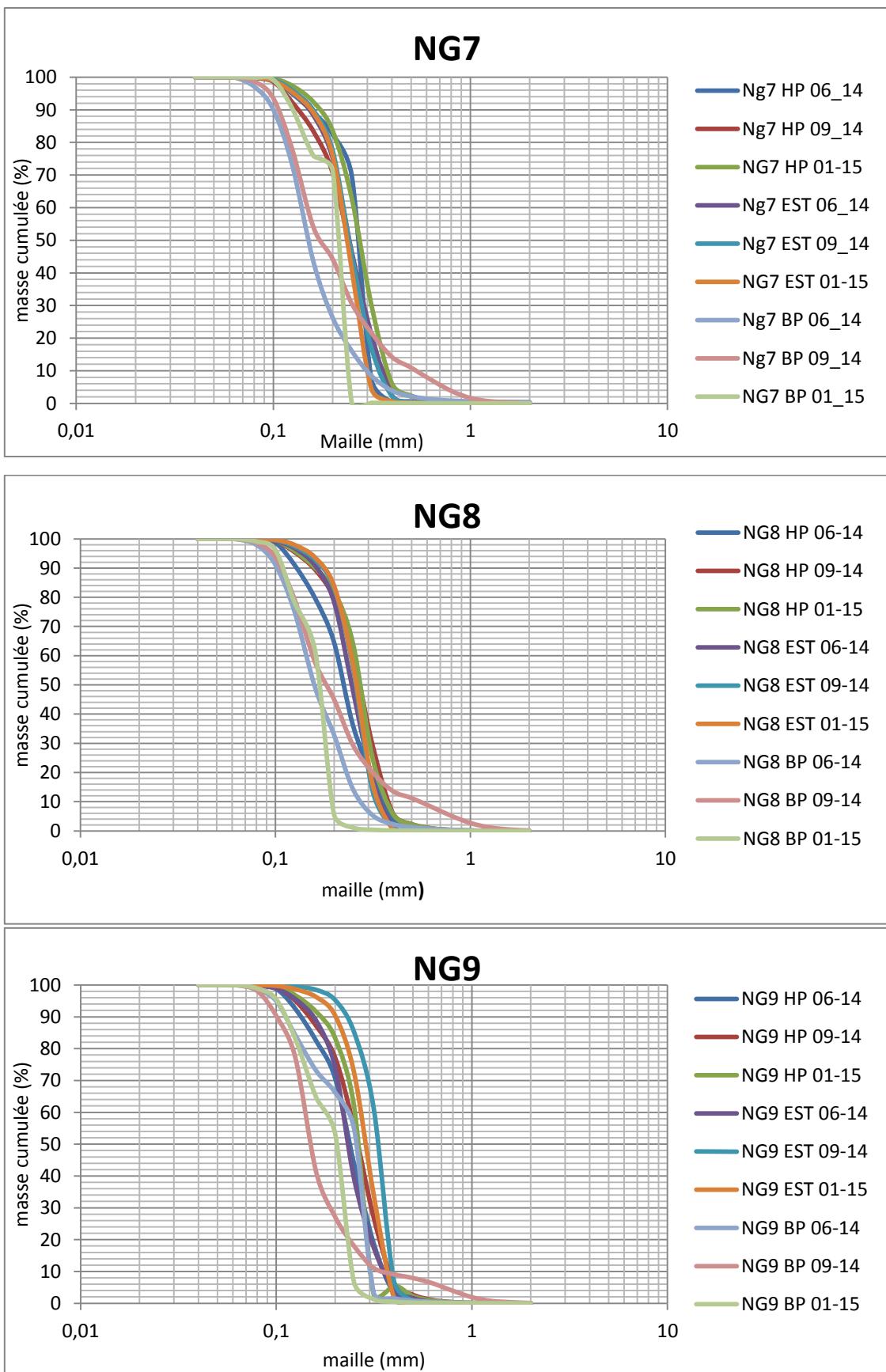


Figure 17 : Courbes granulométriques aux stations de NG7, NG8 et NG9

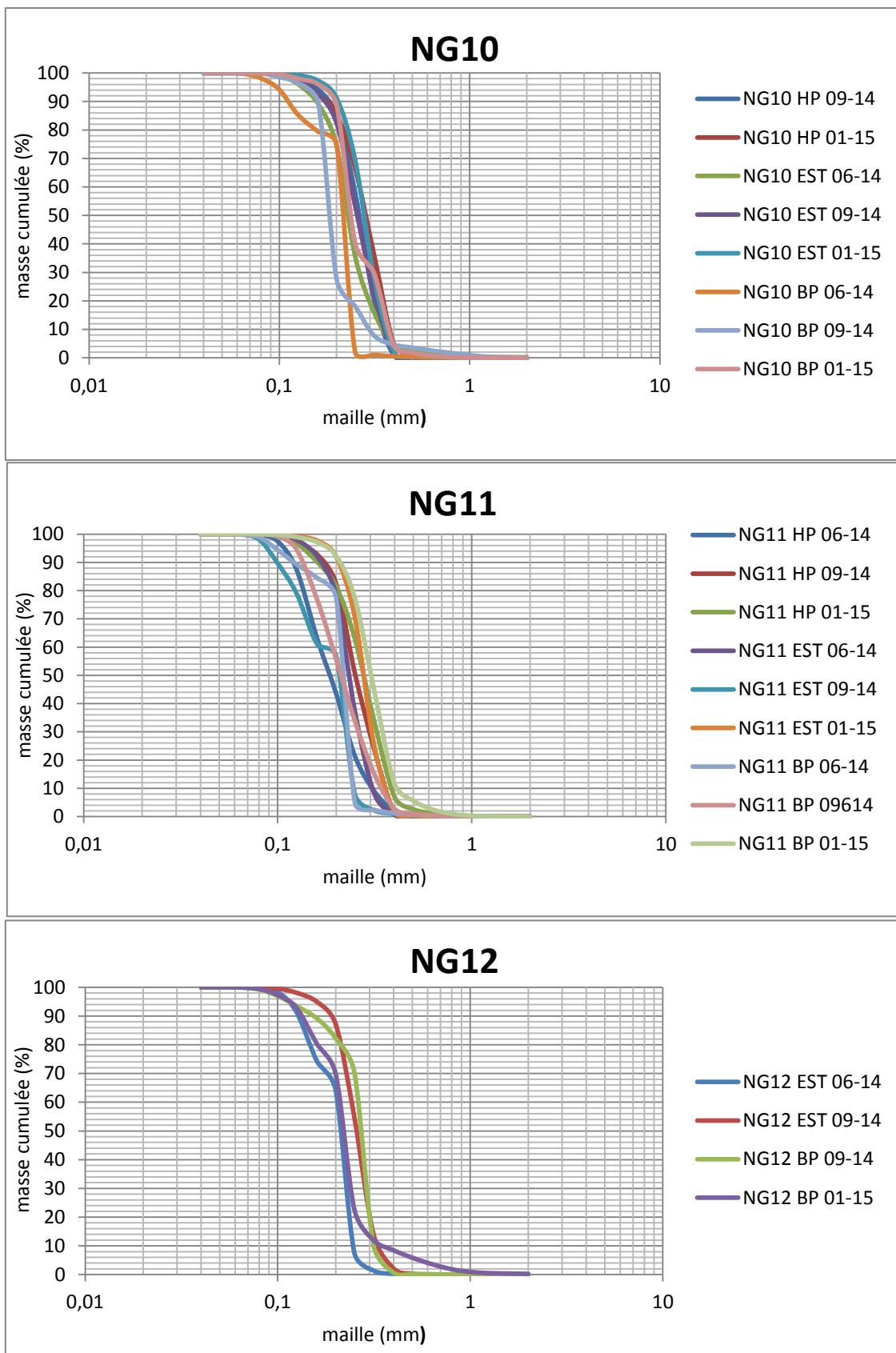


Figure 18 : Courbes granulométriques aux stations de NG10, NG12 et NG13

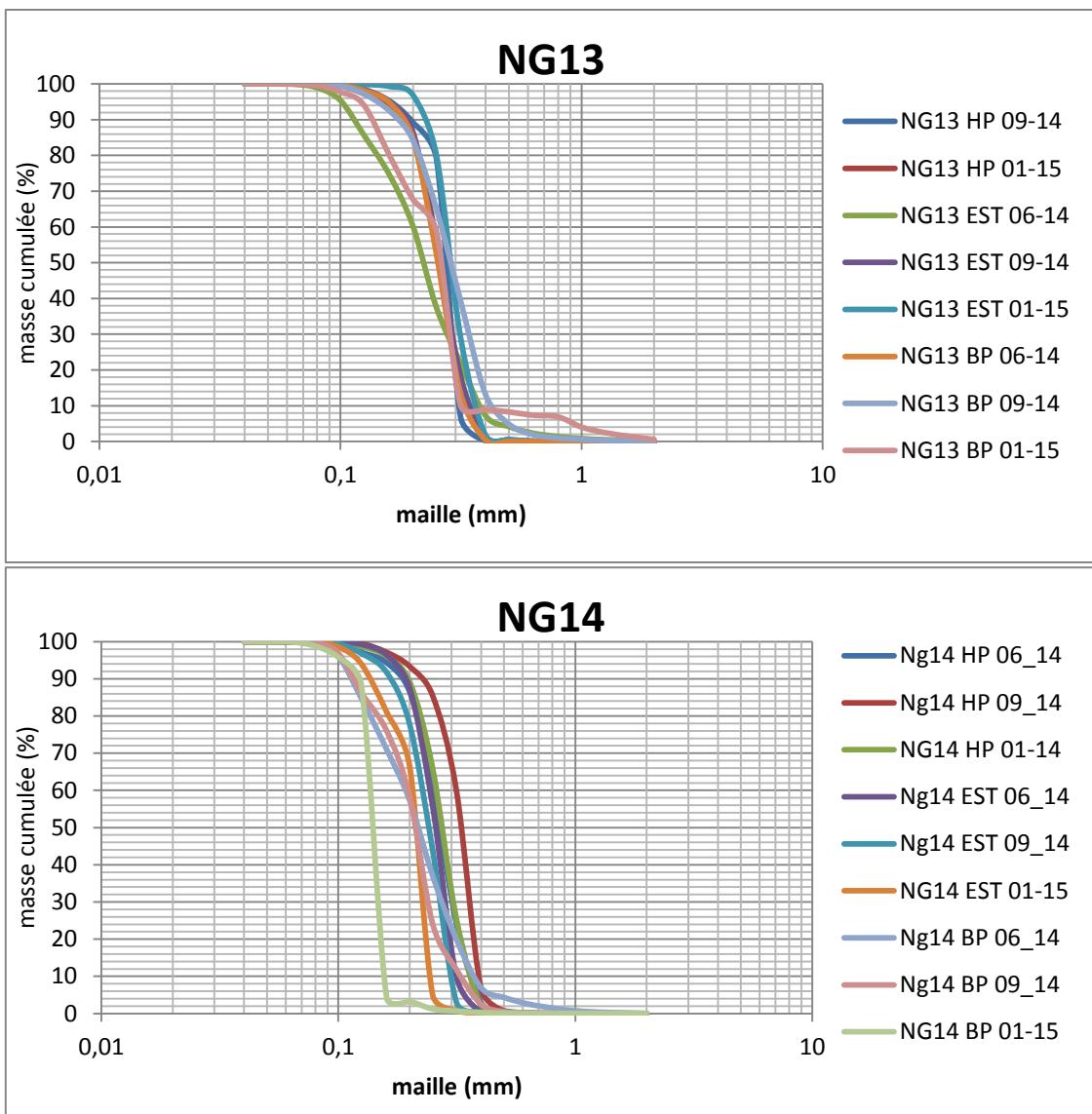


Figure 19 : Courbes granulométriques aux stations de NG13 et NG14

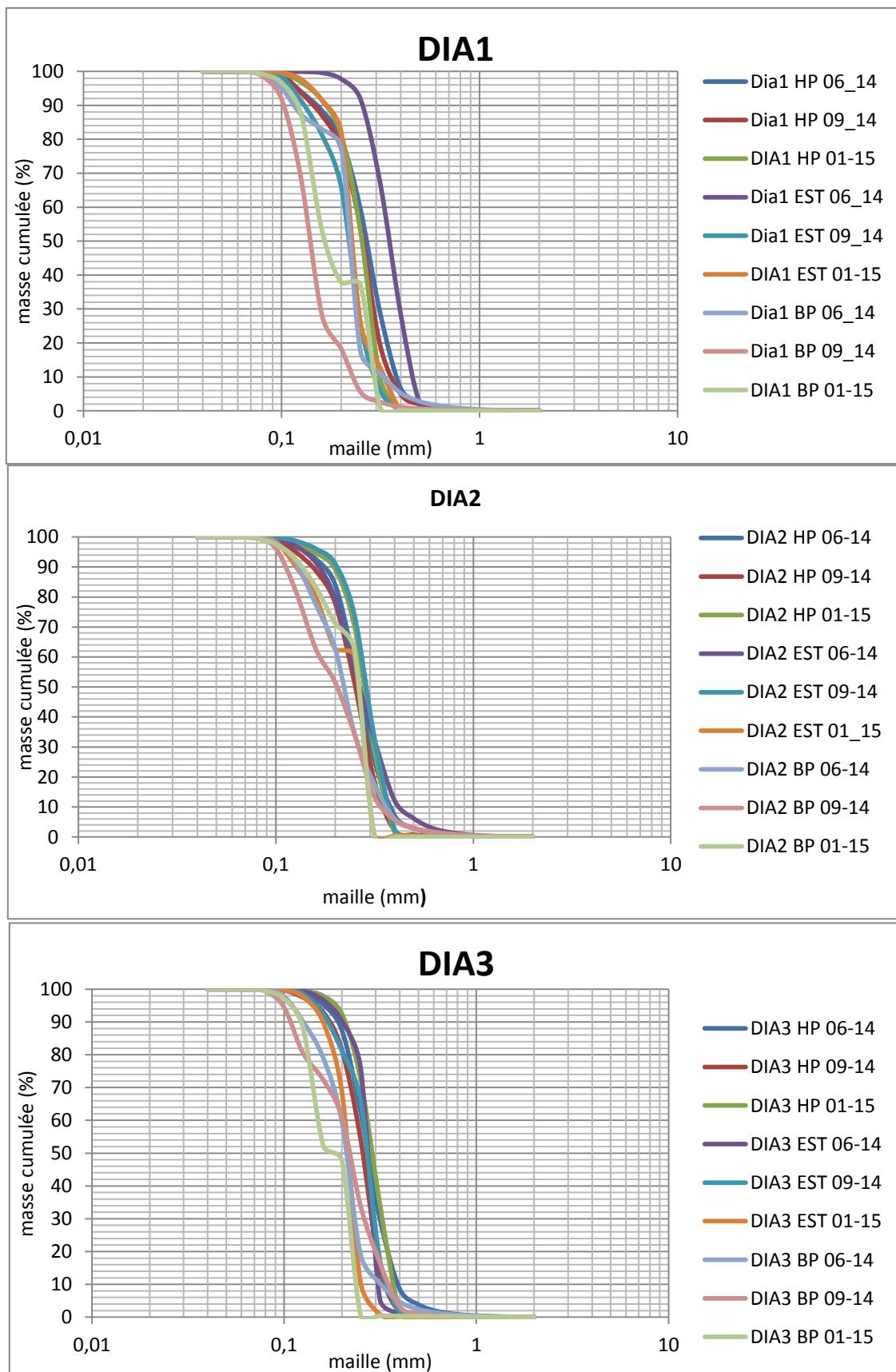


Figure 20 : Courbes granulométriques aux stations de DIA1, DIA2 et DIA3

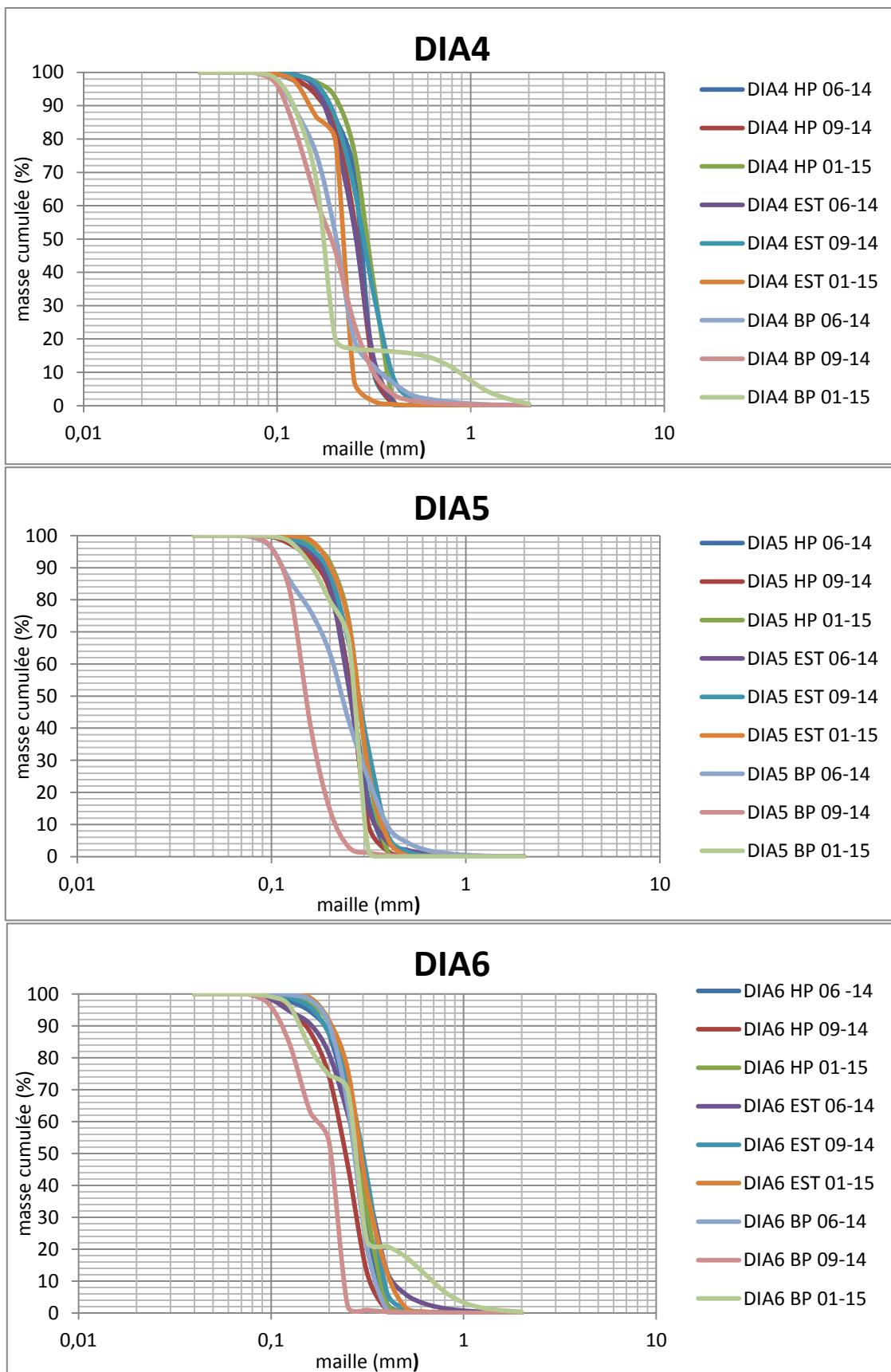


Figure 21 : Courbes granulométriques aux stations de DIA4, DIA5 et DIA6

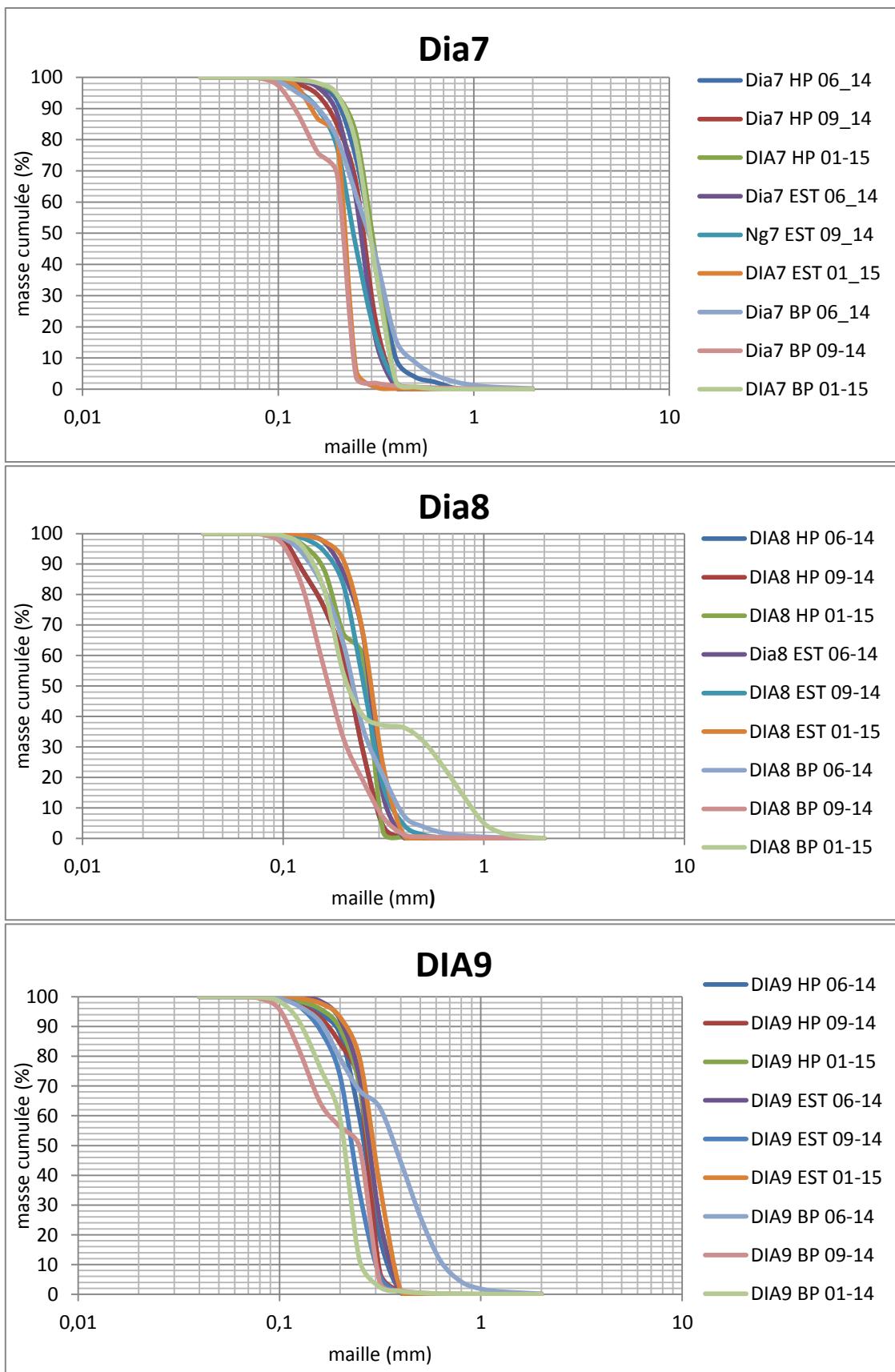


Figure 22 : Courbes granulométriques aux stations de DIA7, DIA8 et DIA9

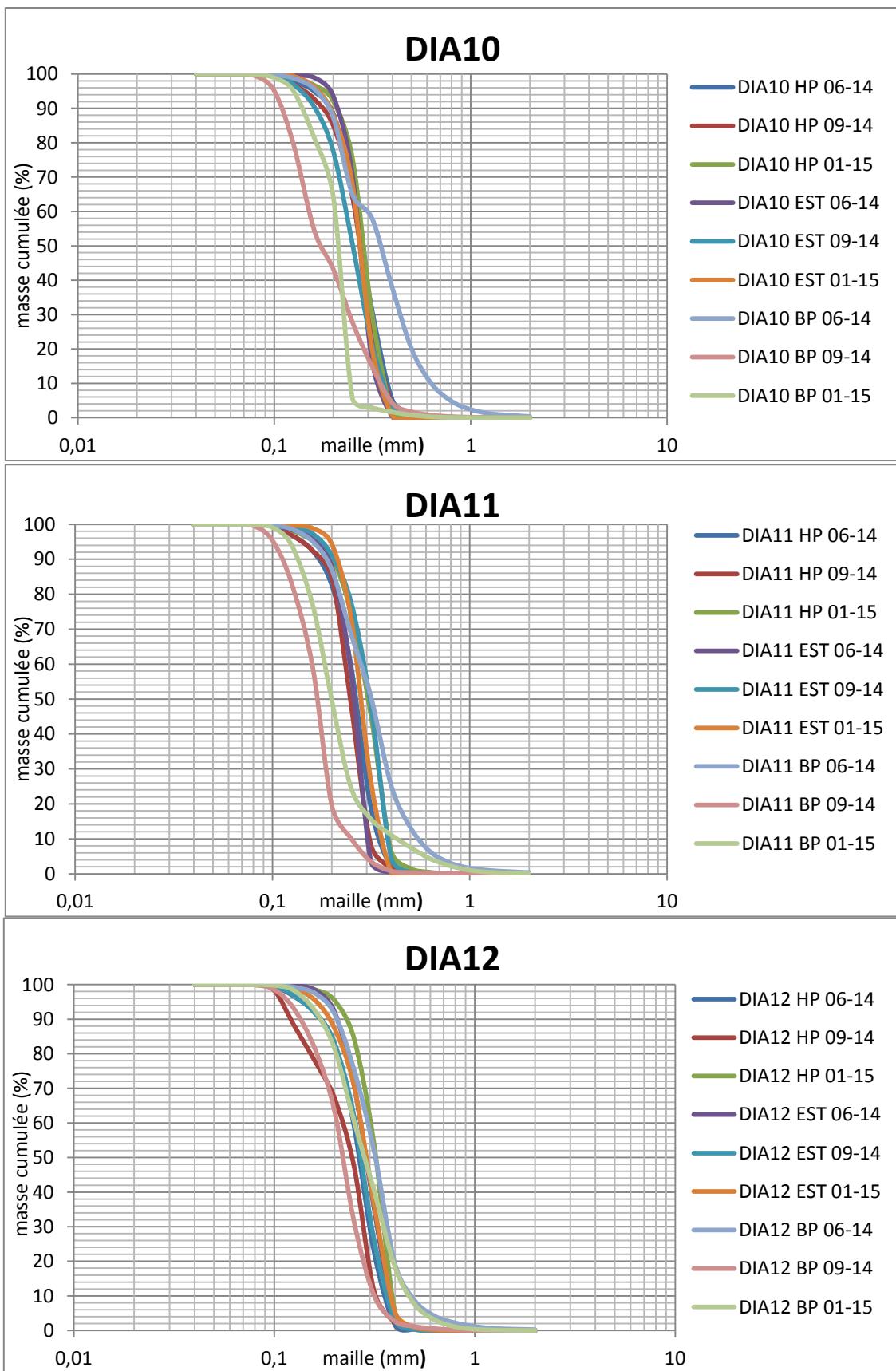


Figure 23 : Courbes granulométriques aux stations de DIA10, DIA11 et DIA12

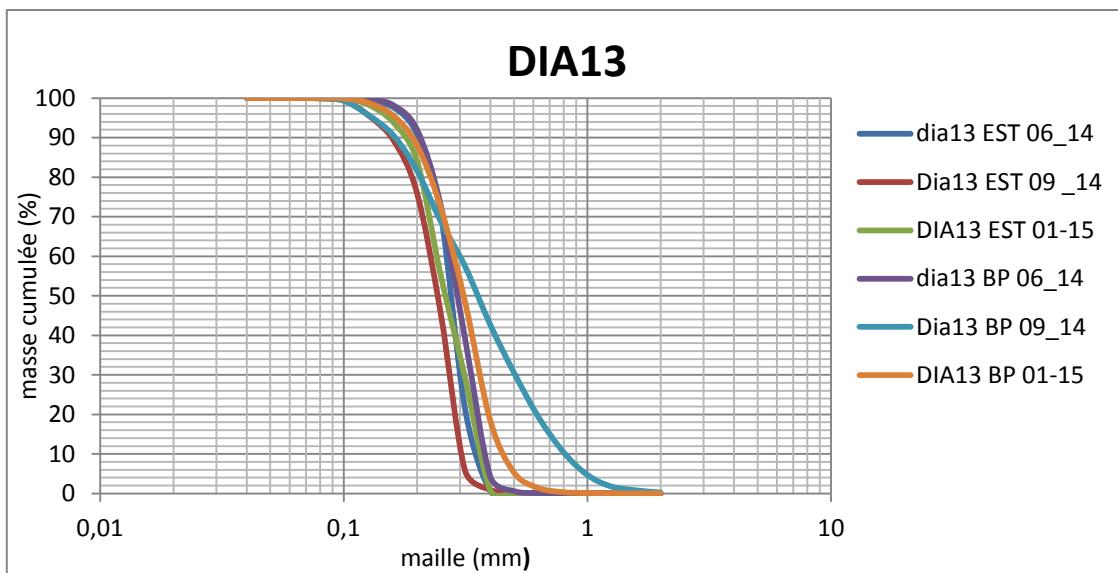


Figure 24 : Courbes granulométriques aux stations de DIA13

ANNEXE V

Tableau 5 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de NG1 et NG2
/ = échantillon perdu ; * = zone anthropisée

Stations	Echantillons	Taux de carbonate (%)	Indices granulométriques			
			Mz	sigma	Ski	Kg
NG1	HP 06_14	2,945	2,25	0,534	-0,008	0,855
	HP 09_14	5,24	2,14	0,529	0,069	1,097
	HP 01_15	2,21	1,94	0,406	0,19	1,096
	EST 06_14	1,11	1,98	0,309	0,225	1,222
	EST 09_14	2,215	2	0,334	0,665	1,852
	EST 01_15	3,205	2,35	0,317	0,666	2,408
	BP 06_14	/	/	/	/	/
	BP 09_14	8,43	2,32	0,763	0,279	0,659
	BP 01_15	2,845	2,54	0,585	-0,251	0,656
NG2	HP 06_14	3,025	2,20	0,494	0,061	0,904
	HP 09_14	7,79	2,02	0,525	0,187	0,998
	HP 01_15	4,3	1,90	0,396	0,228	1,256
	EST 06_14	0,67	2,34	0,322	0,624	1,879
	EST 09_14	1,06	2,05	0,378	0,614	1,591
	EST 01_15	2,685	2,35	0,574	0,196	0,751
	BP 06_14	4,865	2,09	0,471	0,507	1,225
	BP 09_14	3,885	2,29	0,562	0,064	0,938
	BP 01_15	7,205	2,98	0,378	-0,491	1,850

Tableau 6 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de NG3 et NG4

Stations	Echantillons	Taux de carbonate (%)	Indices granulométriques			
			Mz	sigma	Ski	Kg
NG3	HP 06_14	4,335	2,14	0,537	0,168	1,058
	HP 09_14	3,615	1,95	0,475	0,201	1,165
	HP 01_15	1,415	1,89	0,310	0,188	1,241
	EST 06_14	3,295	2,03	0,480	-0,060	0,946
	EST 09_14	1,875	1,77	0,332	0,203	0,836
	EST 01_15	2,55	2,20	0,547	0,295	0,898
	BP 06_14	3,725	2,19	0,274	0,430	2,977
	BP 09_14	7,94	2,50	0,591	-0,160	0,893
	BP 01_15	7,415	2,51	0,493	0,706	0,613
NG4	HP 06_14	7,525	2,19	0,542	0,187	1,038
	HP 09_14	7,87	1,97	0,479	0,248	1,082
	HP 01_15	2,095	1,87	0,372	0,131	1,329
	EST 06_14	2,465	2,10	0,434	0,538	1,123
	EST 09_14	1,02	2,32	0,405	0,251	0,979
	EST 01_15	3,54	2,22	0,567	0,265	0,901
	BP 06_14	6,135	2,27	0,923	0,789	2,024
	BP 09_14	4,22	2,23	0,589	0,703	0,777
	BP 01_15	4,055	2,51	0,415	-0,090	1,478

Tableau 7 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de NG5 et NG6

Stations	Echantillons	Taux de carbonate (%)	Indices granulométriques			
			Mz	sigma	Ski	Kg
NG5	HP 06_14	2,795	2,10	0,495	0,054	0,892
	HP 09_14	5,485	1,90	0,480	0,230	0,897
	HP 01_15	2,565	2,46	0,410	0,267	1,339
	EST 06_14	5,615	2,46	0,357	-0,011	2,508
	EST 09_14	1,925	1,75	0,331	0,169	0,989
	EST 01_15	3,77	2,46	0,541	0,043	0,810
	BP 06_14	/	2,46	0,809	0,814	2,120
	BP 09_14	13,295	2,27	0,691	0,010	0,881
	BP 01_15	3,26	2,53	0,546	-0,383	1,449
NG6	HP 06_14	4,64	2,30	0,478	0,014	0,941
	HP 09_14	8,025	1,91	0,492	0,294	1,237
	HP 01_15	5,975	2,02	0,510	0,182	1,043
	EST 06_14	2,13	1,96	0,295	0,523	1,953
	EST 09_14	0,94	2,06	0,398	0,261	1,276
	EST 01_15	3,525	2,03	0,453	0,182	1,253
	BP 06_14	7,7	2,56	0,988	0,196	1,752
	BP 09_14	8,13	2,94	0,532	-0,320	1,063
	BP 01_15	2,695	2,48	0,412	0,560	0,801

Tableau 8 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de NG7 et NG8

Stations	Echantillons	Taux de carbonate (%)	Indices granulométriques			
			Mz	sigma	Ski	Kg
NG7	HP 06_14	1,61	2,00	0,377	0,623	2,103
	HP 09_14	8,325	2,10	0,527	0,122	3,005
	HP 01_15	7,33	1,89	0,442	0,162	1,134
	EST 06_14	3,55	2,04	0,479	0,119	1,132
	EST 09_14	1,455	2,04	0,437	0,119	1,230
	EST 01_15	2,755	2,10	0,369	0,324	1,158
	BP 06_14	9,145	2,62	0,609	-0,226	1,210
	BP 09_14	28,235	2,35	0,709	-0,753	0,711
	BP 01_15	2,975	2,37	0,351	0,669	1,265
NG8	HP 06_14	4,38	2,18	0,560	0,106	1,042
	HP 09_14	7,12	1,93	0,487	0,240	1,097
	HP 01_15	7,61	1,94	0,462	0,246	1,388
	EST 06_14	8,18	2,03	0,416	0,157	1,208
	EST 09_14	0,91	1,99	0,351	0,279	1,342
	EST 01_15	2,215	1,96	0,351	0,362	1,259
	BP 06_14	8,59	2,60	0,547	-0,131	0,948
	BP 09_14	43,22	2,33	0,859	-0,336	1,230
	BP 01_15	3,015	2,67	0,351	0,362	1,259

Tableau 9 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de NG9 et NG10

Stations	Echantillons	Taux de carbonate (%)	Indices granulométriques			
			Mz	sigma	Ski	Kg
NG9	HP 06_14	5,55	2,13	0,537	0,213	1,125
	HP 09_14	7,605	2,00	0,506	0,266	1,101
	HP 01_15	6,635	2,03	0,324	0,507	1,473
	EST 06_14	5,335	2,08	0,458	0,027	1,237
	EST 09_14	1,885	1,66	0,310	0,374	1,184
	EST 01_15	3,655	1,82	0,344	0,142	1,125
	BP 06_14	7,575	2,23	0,542	0,712	0,749
	BP 09_14	23,8	2,59	0,753	-0,429	1,764
	BP 01_15	2,805	2,42	0,424	0,727	0,739
NG10	HP 06_14	/	/	/	/	/
	HP 09_14	0,68	1,97	0,406	0,010	1,139
	HP 01_15	3,355	1,77	0,361	-0,017	1,125
	EST 06_14	10,7	2,09	0,434	-0,060	1,255
	EST 09_14	1,145	2,33	0,396	-0,466	2,475
	EST 01_15	0	1,84	0,330	0,120	1,140
	BP 06_14	6,275	2,40	0,413	0,771	2,755
	BP 09_14		2,33	0,406	0,003	1,114
	BP 01_15	4,805	1,95	0,387	-0,355	0,826

Tableau 10 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de NG11 et NG12

Stations	Echantillons	Taux de carbonate (%)	Indices granulométriques			
			Mz	sigma	Ski	Kg
NG11	HP 06_14	2,995	2,40	0,506	-0,096	0,936
	HP 09_14	0,955	1,96	0,406	0,003	1,114
	HP 01_15	7,315	1,90	0,482	0,190	1,095
	EST 06_14	2,65	2,10	0,338	0,108	1,216
	EST 09_14	6,385	2,47	0,504	0,614	0,841
	EST 01_15	3,015	1,84	0,300	0,031	1,184
	BP 06_14	6,84	2,28	0,346	0,648	2,848
	BP 09_14	3,265	2,21	0,494	0,012	0,859
	BP 01_15	18,295	1,73	0,400	0,001	1,308
NG12	HP 06_14	*	*	*	*	*
	HP 09_14	*	*	*	*	*
	HP 01_15	*	*	*	*	*
	EST 06_14	0,965	2,37	0,374	0,579	0,930
	EST 09_14	0,915	1,96	0,329	0,145	1,362
	EST 01_15	/	/	/	/	/
	BP 06_14	/	/	/	/	/
	BP 09_14	2,145	1,98	0,415	0,549	2,681
	BP 01_15	31,6	2,26	0,542	0,053	2,139

Tableau 11 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de NG13 et NG14

Stations	Echantillons	Taux de carbonate (%)	Indices granulométriques			
			Mz	sigma	Ski	Kg
NG13	HP 06_14	/	/	/	/	/
	HP 09_14	0,74	1,89	0,239	0,409	2,561
	HP 01_15	1,795	1,97	0,365	0,205	1,202
	EST 06_14	27,325	2,22	0,677	0,072	0,974
	EST 09_14	1,11	1,94	0,336	0,087	1,181
	EST 01_15	2,035	1,78	0,248	-0,051	1,259
	BP 06_14	0,885	1,99	0,332	0,140	1,231
	BP 09_14	14,115	1,82	0,515	0,092	1,171
	BP 01_15	35,51	2,11	0,688	0,192	1,651
NG14	HP 06_14	2,605	1,92	0,381	0,107	1,193
	HP 09_14	1,27	1,65	0,313	0,386	1,166
	HP 01_15	1,615	1,87	0,344	0,115	1,151
	EST 06_14	1,14	1,98	0,276	0,133	1,068
	EST 09_14	1,09	2,06	0,337	0,464	0,512
	EST 01_15	3,855	2,32	0,314	0,544	1,242
	BP 06_14	20,715	2,23	0,657	0,069	0,909
	BP 09_14	4,155	2,33	0,546	0,214	1,309
	BP 01_15	4	2,82	0,157	0,112	1,667

Tableau 12 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de DIA1 et DIA2

Stations	Echantillons	Taux de carbonate (%)	Indices granulométriques			
			Mz	sigma	Ski	Kg
DIA1	HP 06_14	8,47	1,93	0,503	0,273	1,210
	HP 09_14	6,175	2,03	0,480	0,297	1,313
	HP 01_15	0,995	2,02	0,356	0,388	1,259
	EST 06_14	2,015	1,50	0,329	0,163	0,853
	EST 09_14	1,715	2,26	0,444	0,271	1,291
	EST 01_15	3,575	2,09	0,324	-0,055	2,016
	BP 06_14	11,06	2,30	0,495	0,291	3,191
	BP 09_14	8,865	2,74	0,451	-0,132	1,405
	BP 01_15	3,745	2,42	0,485	-0,321	0,597
DIA2	HP 06_14	6,97	1,91	0,529	-0,061	1,090
	HP 09_14	4,03	2,02	0,453	0,236	1,185
	HP 01_15	1,82	1,85	0,358	0,197	1,289
	EST 06_14	18,76	1,92	0,565	0,047	1,033
	EST 09_14	2,375	1,81	0,342	0,131	1,163
	EST 01_15	3,65	2,15	0,463	0,708	0,808
	BP 06_14	10,465	1,86	0,420	0,012	1,056
	BP 09_14	13,445	2,34	0,616	0,059	0,832
	BP 01_15	3,275	2,12	0,435	0,690	0,939

Tableau 13 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de DIA3 et DIA4

Stations	Echantillons	Taux de carbonate (%)	Indices granulométriques			
			Mz	sigma	Ski	Kg
DIA3	HP 06_14	11,225	1,86	0,420	0,012	1,056
	HP 09_14	1,985	2,00	0,374	0,272	1,332
	HP 01_15	2,47	1,81	0,323	0,093	1,060
	EST 06_14	1,35	1,92	0,227	0,326	1,657
	EST 09_14	2,44	1,98	0,402	0,363	1,317
	EST 01_15	2,97	2,26	0,257	0,215	1,396
	BP 06_14	11,085	2,32	0,483	0,186	1,509
	BP 09_14	4,835	2,29	0,645	0,208	0,879
	BP 01_15	4,925	2,48	0,376	0,370	0,712
DIA4	HP 06_14	1,89	1,96	0,311	0,398	1,716
	HP 09_14	1,45	2,01	0,341	0,344	1,260
	HP 01_15	1,615	1,78	0,318	0,121	1,034
	EST 06_14	2,1	2,02	0,356	0,219	1,031
	EST 09_14	3,365	1,86	0,339	-0,089	0,671
	EST 01_15	3,915	2,22	0,233	0,427	1,963
	BP 06_14	13,33	2,36	0,533	0,001	1,401
	BP 09_14	8,465	2,40	0,716	-0,176	1,363
	BP 01_15	44,855	2,22	0,912	-0,597	4,201

Tableau 14 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de DIA5 et DIA6

Stations	Echantillons	Taux de carbonate (%)	Indices granulométriques			
			Mz	sigma	Ski	Kg
DIA5	HP 06_14	2,605	1,96	0,361	0,149	1,220
	HP 09_14	1,985	2,01	0,341	0,344	1,172
	HP 01_15	2,325	1,85	0,293	0,132	1,358
	EST 06_14	9,385	1,99	0,350	0,139	1,305
	EST 09_14	3,82	1,84	0,383	0,094	1,053
	EST 01_15	2,235	1,83	0,334	0,057	1,309
	BP 06_14		2,19	0,691	0,108	0,967
	BP 09_14	6,65	2,69	0,340	-0,140	1,170
	BP 01_15	6,115	2,02	0,334	0,663	1,454
DIA6	HP 06_14	3,115	1,88	0,383	0,161	1,248
	HP 09_14	1,52	2,08	0,429	0,262	1,213
	HP 01_15	2,77	1,84	0,329	0,117	1,130
	EST 06_14	13,875	1,88	0,568	0,166	1,224
	EST 09_14	4,04	1,80	0,411	0,303	1,506
	EST 01_15	2,77	1,76	0,365	-0,102	0,999
	BP 06_14	1,635	1,91	0,304	0,106	1,159
	BP 09_14	5,535	2,45	0,416	0,571	0,741
	BP 01_15	31,495	1,81	0,864	-0,149	1,670

Tableau 15 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de DIA7 et DIA8

Stations	Echantillons	Taux de carbonate (%)	Indices granulométriques			
			Mz	sigma	Ski	Kg
DIA7	HP 06_14	5,56	1,78	0,379	-0,024	1,042
	HP 09_14	1,7	1,91	0,372	0,253	1,239
	HP 01_15	2,025	1,74	0,278	0,162	1,003
	EST 06_14	1,195	1,94	0,308	0,050	1,216
	EST 09_14	4,09	1,84	0,410	0,063	0,922
	EST 01_15		2,17	0,117	-0,027	0,799
	BP 06_14	21,29	1,87	0,609	0,089	1,286
	BP 09_14	6,045	2,40	0,379	0,672	1,008
	BP 01_15	2,015	1,76	0,076	1,433	-0,475
DIA8	HP 06_14	1,125	2,29	0,458	0,225	0,865
	HP 09_14	2,115	1,76	0,429	0,322	1,103
	HP 01_15	0,63	2,07	0,385	0,625	0,820
	EST 06_14	1,17	1,94	0,296	0,279	1,346
	EST 09_14	3,18	1,98	0,384	0,054	1,211
	EST 01_15	1,62	1,86	0,300	0,059	1,072
	BP 06_14	16,505	2,16	0,564	-0,057	1,072
	BP 09_14	8,24	2,49	0,527	-0,170	0,943
	BP 01_15	41,41	1,78	1,016	-0,571	0,667

Tableau 16 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de DIA9 et DIA10

Stations	Echantillons	Taux de carbonate (%)	Indices granulométriques			
			Mz	sigma	Ski	Kg
DIA9	HP 06_14	1,275	1,95	0,343	0,121	1,210
	HP 09_14	1,85	1,98	0,320	0,535	1,947
	HP 01_15	2,01	1,85	0,336	0,183	1,343
	EST 06_14	1,49	1,86	0,282	0,111	1,195
	EST 09_14	2,465	2,15	0,358	0,160	1,127
	EST 01_15	1,625	1,76	0,297	0,054	1,072
	BP 06_14	37,775	1,56	0,783	0,200	0,833
	BP 09_14	4,82	2,26	0,543	0,616	0,643
	BP 01_15	3,745	2,36	0,387	0,374	1,021
DIA10	HP 06_14	4,62	1,87	0,390	0,072	1,040
	HP 09_14	3,87	1,90	0,414	0,226	1,274
	HP 01_15	2	1,80	0,309	0,047	1,048
	EST 06_14	1,33	1,91	0,246	0,112	1,213
	EST 09_14	3,43	2,02	0,449	0,117	1,086
	EST 01_15	1,53	1,90	0,323	0,197	1,398
	BP 06_14	34,35	1,58	0,683	0,025	0,910
	BP 09_14	7,225	2,43	0,641	-0,244	0,859
	BP 01_15	3,675	2,33	0,304	0,455	1,171

Tableau 17 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates aux stations de DIA11 et DIA12

Stations	Echantillons	Taux de carbonate (%)	Indices granulométriques			
			Mz	sigma	Ski	Kg
DIA11	HP 06_14	2,405	1,98	0,401	0,219	1,275
	HP 09_14	2,4	2,02	0,338	0,201	1,291
	HP 01_15	3,745	1,75	0,376	0,249	1,053
	EST 06_14	1,41	1,99	0,247	0,370	1,123
	EST 09_14	3,16	1,73	0,345	0,319	1,134
	EST 01_15	1,655	1,82	0,270	0,010	1,036
	BP 06_14	29,625	1,66	0,610	0,006	1,152
	BP 09_14	5,585	2,60	0,421	0,100	1,288
	BP 01_15	19,48	2,26	0,622	-0,276	1,466
DIA12	HP 06_14	2,365	1,93	0,416	0,251	1,179
	HP 09_14	2,22	2,21	0,538	0,440	0,925
	HP 01_15	3,07	1,68	0,299	0,317	1,025
	EST 06_14	2,045	1,83	0,329	0,104	0,879
	EST 09_14	2,105	1,92	0,431	0,231	1,246
	EST 01_15	3,525	1,84	0,390	0,181	1,082
	BP 06_14	28,01	1,68	0,484	0,050	1,197
	BP 09_14	7,795	2,21	0,461	0,113	1,084
	BP 01_15	14,58	1,83	0,565	-0,006	1,011

Tableau 18 : Variation des indices granulométriques et des taux de carbonates à la station de DIA13

Stations	Echantillons	Taux de carbonate (%)	Indices granulométriques			
			Mz	sigma	Ski	Kg
DIA13	HP 06_14	/	/	/	/	/
	HP 09_14	/	/	/	/	/
	HP 01_15	2,815	1,80	0,353	0,114	1,129
	EST 06_14	1,21	1,88	0,301	0,150	1,389
	EST 09_14	2,805	2,10	0,364	0,260	1,029
	EST 01_15	2,8	1,92	0,398	0,043	0,896
	BP 06_14	3,03	1,80	0,322	0,114	0,941
	BP 09_14	30,71	1,48	0,908	0,008	0,934
	BP 01_15	10,805	1,72	0,476	0,148	1,082