

## **Dynamique du Littoral de Vridi-Port-Bouët (Abidjan, Côte d'Ivoire) : Caractérisation Géomorphologique et Sédimentologique**

*Mamadou Toure*

UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières  
Université Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire

*Aby Atsé Mathurin Saimon*

Centre de Recherches Océanologiques (CRO), Côte d'Ivoire

*Yao Alexis N'Guessan*

UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières  
Université Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire

Doi: [10.19044/esipreprint.9.2023.p228](https://doi.org/10.19044/esipreprint.9.2023.p228)

Approved: 06 September 2023

Posted: 08 September 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Toure M., Saimon A.A.M. & N'Guessan Y.A. (2023). *Dynamique du Littoral de Vridi-Port-Bouët (Abidjan, Côte d'Ivoire) : Caractérisation Géomorphologique et Sédimentologique*.

ESI Preprints. <https://doi.org/10.19044/esipreprint.9.2023.p228>

### **Résumé**

Cette étude porte sur la caractérisation géomorphologique et sédimentologique du secteur littoral de Vridi-Port-Bouët. Pour ce faire, trois campagnes de levés topographiques de profils de plage ont été réalisées à partir d'un niveau de chantier afin de suivre l'évolution morphologique de la zone d'étude. Des sédiments ont été prélevés à différents niveaux de l'estran dans le but de déterminer la granulométrie et la morphoscopie des grains de sables. La vitesse du courant de dérive et le volume de sédiments transportés ont été déterminés à partir de la formule de Kaczmarek *et al.* (2005). D'une façon générale, l'ensemble des profils réalisés montre que certaines zones sont en érosion et d'autres plus ou moins stables. Les profils à proximité du canal et ceux au niveau du phare (C1, C2 et C7) présentent une instabilité du trait de côte et une érosion significative de l'estran. Le secteur de plage au niveau du profil 6 est relativement stable.

La granulométrie des sables varie de très grossiers à grossiers et modérément à bien classé avec une symétrie à l'échantillon ou vers les éléments grossiers

à fins. On constate une diminution de la taille des grains de quartz dans le sens de la dérive. L'examen morphoscopique indique que les grains de quartz évoluent de sub-anguleux non usé à arrondi et émoussé luisant en passant du canal de Vridi au phare de Port-Bouët. La vitesse du courant induit la dérive littorale est évaluée à 0,65 m/s. Cela entraîne un transport sédimentaire de 0,02305 m<sup>3</sup>/s.

---

**Mots clés :** Littoral, Géomorphologie, sédimentologie, Dérive, Transport sédimentaire

---

## **Dynamics of Vridi-Port-Bouët Coastline (Abidjan, Côte d'Ivoire): Geomorphological and Sedimentological Characterisation**

*Mamadou Toure*

UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières  
Université Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire

*Aby Atsé Mathurin Saimon*

Centre de Recherches Océanologiques (CRO), Côte d'Ivoire

*Yao Alexis N'Guessan*

UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières  
Université Félix Houphouët Boigny, Côte d'Ivoire

---

### **Abstract**

This study concerns the geomorphological and sedimentological characterization of the coastal sector of Vridi-Port-Bouët. To do this, three campaigns of topographic surveys of beach profiles were carried out from a site level in order to follow the morphological evolution of the study area. Sediments were collected at different levels of the foreshore in order to determine the grain size and morphoscopy of the grains of sand. The drift current velocity and the volume of sediment transported were determined from the formula of Kaczmarek et al. (2005). In general, all the profiles produced show certain areas in erosion and others more or less stable. The profiles near the canal and those at the lighthouse (C1, C2 and C7) show instability of the coastline and significant erosion of the foreshore. The beach sector at profile 6 is relatively stable.

The granulometry of the sands varies from very coarse to coarse and moderately to well graded with symmetry to the sample or towards coarse to fine elements. A reduction in the size of the quartz grains is observed in the direction of the drift. Morphoscopic examination indicates that the quartz grains evolve from unworn sub-angular to rounded and blunt shiny passing

from the Vridi channel to the Port-Bouët lighthouse. The speed of the current induced the littoral drift is evaluated at 0.65 m/s. This leads to a sediment transport of 0.02305 m<sup>3</sup>/s.

---

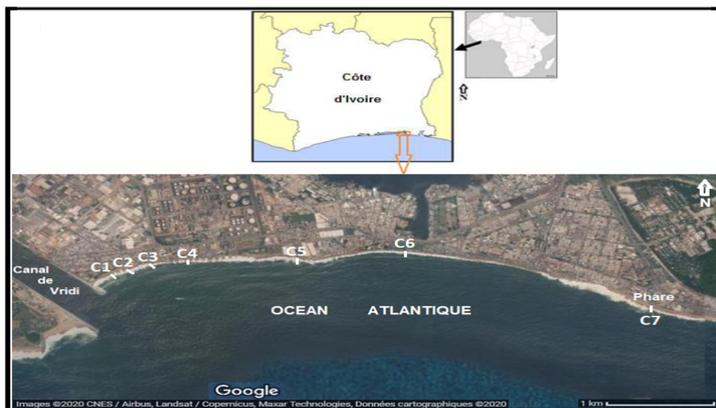
**Keywords:** Coastline, Geomorphology, Sedimentology, Drift, Sediment transport

## Introduction

Le littoral ivoirien se caractérise aussi bien par la biodiversité unique de ses milieux naturels (lagune, mangrove, forêt dense humide ou marécageuses, falaises, ...) que par l'ampleur et l'intensité des pressions humaines qui s'y exercent. A l'image de ce qui se passe à l'échelle du monde depuis plusieurs décennies, son évolution est marquée par des déséquilibres de plus en plus nombreux et des dégradations de plus en plus évidentes. Le périmètre littoral entre le canal de Vridi et le phare de Port-Bouët (figure 1), situé au sud d'Abidjan, reflète bien cette évolution. Sur ce périmètre, plusieurs aménagements (canal de Vridi, hôtels, installations industrialo-portuaires) et des bidonvilles contribuent à la modification du paysage, la dynamique sédimentaire avec son corollaire de modification du trait de côte. En outre, ce secteur subit l'effet périodique de tempêtes et houles exceptionnelles dont la dernière en date est celle de juillet 2018 qui a entaillé la côte d'un talus d'érosion de plus de 4 m et un recul drastique du trait de côte de -2,9 m en une marée nocturne (Saimon, 2019).

La présente étude a été initiée afin de contribuer à la caractérisation morpho-sédimentaire de ce secteur littoral. Pour se faire, elle se propose de :

- reconstituer la morphologie de la plage à partir de levés topographiques ;
- faire la granulométrie et la morphoscopie des sables prélevés ;
- déterminer la vitesse du courant de dérive et le volume de sédiments transportés



## Méthodes

Figure 1. Présentation de la zone d'étude

### *Suivi de la morphologie littorale*

L'étude repose sur un réseau de sept (7) profils, notés de C1 à C7, implantés le long de la plage, entre le canal de Vridi et le phare de Port-Bouët, où des levés topographiques sont régulièrement effectués (figure 1). Les profils sont calés sur des repères de référence formés de deux ou trois bornes selon les sites. Les coordonnées x et y des bornes repères ont été relevées à l'aide d'un GPS de type Garmin. Les profils cross shore ont été levés à l'aide d'un niveau de chantier fixé sur son trépied et d'une mire de 4 m conformément à la méthode décrite par Ibe et Quelennec (1989). Les levés, effectués à marée basse pour explorer une largeur maximale de la plage, ont été réalisés sur trois périodes à un pas de temps bimestriel.

Les bilans sédimentaires ont été établis à partir de la détermination des superficies érodées et/ou engraisées par la méthode des trapèzes et des triangles (Brabant, 2003) pour quantifier précisément les mouvements sédimentaires dans le profil et les dynamiques associées.

### *Analyse Sédimentologique*

Pour l'analyse granulométrique, les échantillons ont été prélevés manuellement dans la couche superficielle de sédiments pendant les levés topographiques sur quatre (4) profils le long du secteur d'étude (figure 2).

**Figure 2.** Localisation des sites de prélèvement des sédiments

L'analyse granulométrique a été faite selon la méthodologie classique



décrite par Saaidi (1991) et Folk & Ward (1957). L'étude morphoscopique a été réalisée à la loupe binoculaire (type leica EZ4) sur des grains de quartz dans les fractions moyennes comprises entre 250-500  $\mu\text{m}$  (Parfenoff *et al.*, 1970). Les interprétations sont basées sur les travaux de Pettijohn (1949) et de Cailleux (1947).

### ***Vitesse du courant de dérive et transport sédimentaire***

L'observation des directions de houles s'est faite à partir d'images satellitaires de Google earth et des données de houles du SHOM (data.shom.fr). Ces directions de houles couplées à la taille des grains de quartz le long de la zone d'étude ont permis d'indiquer parfaitement la direction de la dérive littorale.

Le calcul de la vitesse du courant induit par la dérive littorale et la charge du transport sédimentaire ont été fait à partir des formules données par Kaczmarek *et al.* (2005). Ce sont :

- pour la vitesse du courant induit par la dérive littorale

$$V = 0,25 \cdot k_v \cdot \sqrt{\gamma \cdot g \cdot H_b} \cdot \sin 2\alpha$$

Avec :  $k_v$  : constante empirique = 0,9 ;  $\gamma$  : indice de déferlement = 0,78 ;  $g$  : constante de pesanteur (9,81  $\text{m/s}^2$ ) ;  $H_b$  : hauteur des vagues au déferlement ;  $\alpha$  : angle d'incidence de la houle à la côte.  
pour la charge du transport sédimentaire :

$$Q = 0,023 \cdot (H_b^2 \cdot V) \quad \text{si } (H_b^2 \cdot V) < 0,15$$

$$Q = 0,00225 + 0,008 \cdot (H_b^2 \cdot V) \quad \text{si } (H_b^2 \cdot V) > 0,15$$

avec en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

## Résultats

### *Caractérisation géomorphologique*

Les profils réalisés sur la période d'étude (mars à juillet 2019), qui couvre la fin de la faible agitation et une très bonne partie de la forte agitation marine, présentent une tendance générale à l'érosion (figure 3). Entre les mois de mars et mai, ce secteur du littoral présente de faibles variations de l'estran en dehors des profils C2 et C7 où on observe une forte variation dans la tendance érosive. Sur le profil C6 par contre, l'érosion est mêlée à un engraissement dans la période. La largeur des profils varie généralement entre 25 m et 40 m. Les pentes sont relativement fortes dans l'ensemble.

Le bilan sédimentaire confirme la tendance à l'érosion avec un recul moyen du trait de côte d'environ 4 m (figure 4). Cela conforte le fait que les plages microtidales à forte pente comme dans le cas de cette étude s'érodent en forte agitation et s'engraissent en faible agitation. Cependant, au niveau des profils C3 et C6, le trait de côte (TC) est stable. Au niveau du profil C6, on observe un léger engraissement qui traduit une plus ou moins stabilité de ce secteur de côte.

### *Caractérisation sédimentologique*

#### *Paramètres granulométriques*

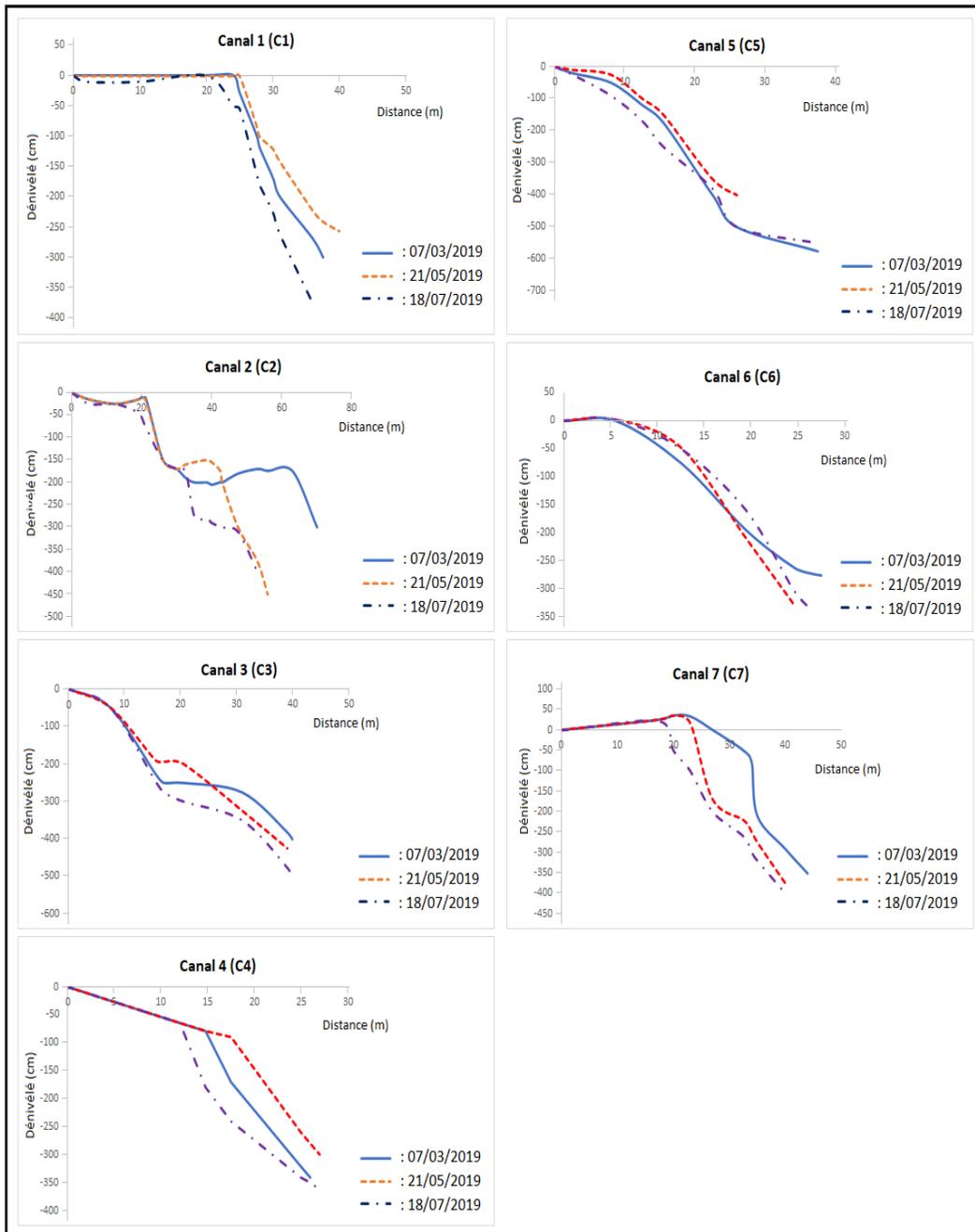
Les sédiments prélevés sur les 4 sites (tableau 1) ont une moyenne comprise entre 1282,33 et 506,33  $\mu\text{m}$ . Cela indique que ce sont des sables très grossiers (sites 1 et 3) à grossiers (sites 2 et 4). Les valeurs d'écart-types ( $\sigma$ ) sont respectivement de 0,5 et 0,47  $\phi$  pour les sites 1 et 3 puis 0,55 et 0,52  $\phi$  pour les sites 2 et 4. Sur les sites 1 et 3 on a donc des sables bien classés et sur les sites 2 et 4, les sables sont modérément classés. Le calcul du Skewness pour les prélèvements près du canal (site 1 et 2) donne des valeurs positives et celui des prélèvements près du phare (sites 3 et 4) sont négatives. Les Skewness - 0,09 et 0,06  $\phi$  (sites 1 et 3) indiquent que les sables de ces secteurs de plage ont une symétrie granulométrique de l'échantillon. Le skewness du site 2 qui est de 0,17  $\phi$  montre que les sables de ce site ont une asymétrie vers les éléments fins. On déduit du skewness du site 4 (-0,29  $\phi$ ) que les sables de ce secteur ont une asymétrie vers les éléments grossiers.

***Morphoscopie des grains de quartz***

L'examen morphoscopique des quartz du site 1 montre que les grains sont subanguleux et non usés (figure 5). Certains grains sont mats. On en déduit que ces sédiments n'ont pas subi de transport. Ils sont issus certainement d'un remaniement de sédiments sur place ou une source d'approvisionnement très proche.

Les grains de quartz du site 2 sont subarrondis et émoussés luisants (figure 5). Leur aspect est caractéristique d'un transport en milieu marin. Comparé aux sédiments du site 1, on note que les angles se sont arrondis et l'aspect a changé.

Sur le site 3, on rencontre des grains de quartz subarrondis et émoussés luisants comme sur le site 2 (figure 5). Cependant ici, l'arrondi est plus accentué pour certains grains.



**Figure 3.** Variations morphologiques du secteur de plage canal de Vridi-Phare de Port-Bouët

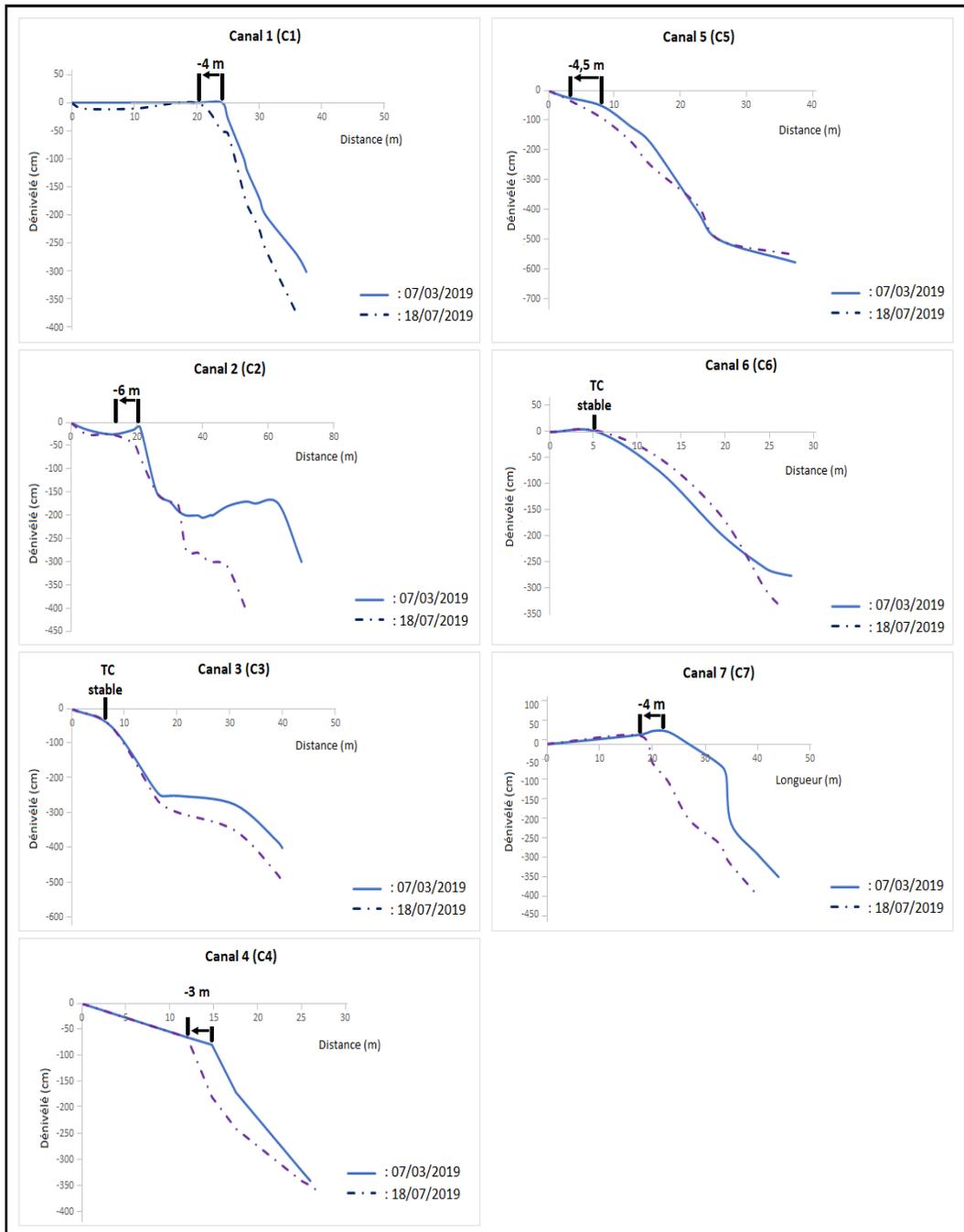
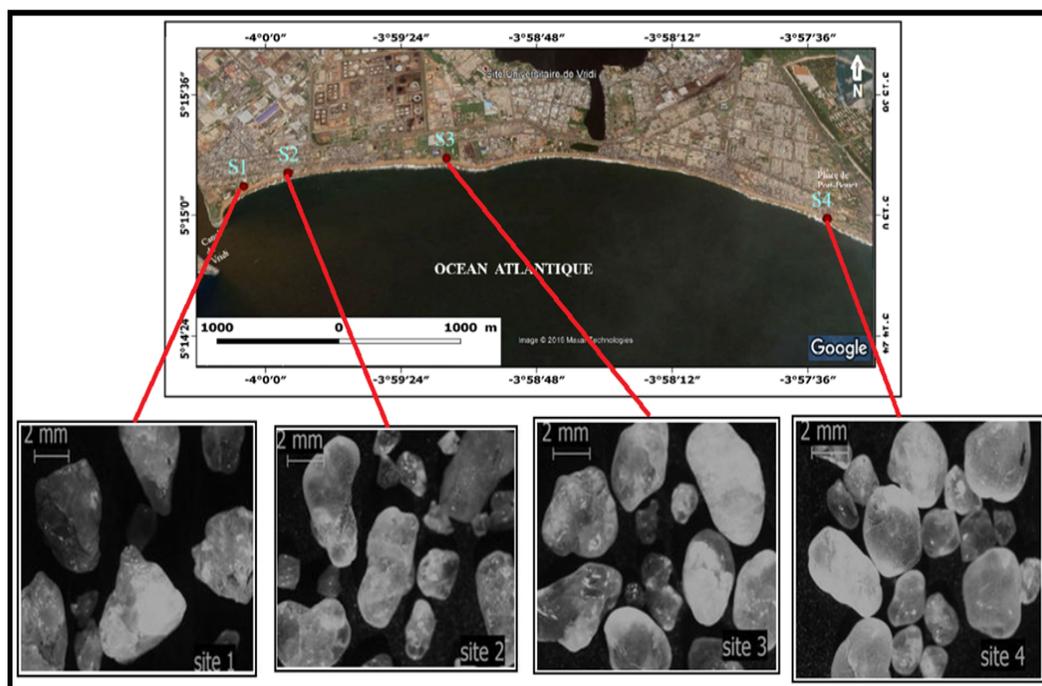


Figure 4. Dynamique du TC et bilan des mouvements sédimentaires sur la période d'étude

**Tableau 1.** Paramètres granulométriques et leurs interprétations

| Sites | Mz ( $\mu\text{m}$ ) | $\sigma$ ( $\Phi$ ) | Sk ( $\Phi$ ) | Interprétations   |
|-------|----------------------|---------------------|---------------|---|
| 1     | 1282,33              | 0,5                 | 0,06          | Sables très grossiers ; bien classés et symétriques                           |
| 2     | 506,33               | 0,55                | 0,17          | Sables grossiers ; modérément classés ; asymétrie vers les éléments fins      |
| 3     | 1155,67              | 0,47                | -0,09         | Sables très grossiers ; bien classés et symétriques                           |
| 4     | 893,33               | 0,52                | -0,29         | Sables grossiers ; modérément classés ; asymétrie vers les éléments grossiers |



**Figure 5.** Caractéristiques morphoscopiques des grains de quartz entre le canal de Vridi et le phare de Port-Bouët

Les grains de quartz observés au niveau du phare de Port-Bouët sont les plus arrondis. Ils sont émoussés luisants (figure 5). Cela témoigne de leur transport marin dû au courants notamment la dérive littorale. On en déduit que les sables subissent une isure au cours de leur transport.

La morphoscopie des grains de quartz observés sur les différents sites du canal de Vridi au phare de Port-Bouët montre que les grains sont de plus en plus arrondis dans le sens canal de Vridi - phare de Port-Bouët (figure 5).

On en déduit que les sédiments subissent un transport d'ouest en est. Ce transport est dû aux courants induits par la houle. En effet, l'angle d'incidence de la houle sur ce secteur étant oblique, il induit un courant de dérive ouest-est dominant.

### ***Vitesse du courant induit par la dérive et transport sédimentaire***

#### ***Vitesse du courant induit***

La vitesse du courant induit par la dérive est fonction de la hauteur des vagues au déferlement et de l'angle d'incidence de la houle à la côte. Dans le secteur de côte Vridi-Port-Bouët, la houle arrive à la côte de façon oblique avec un angle d'incidence d'environ  $24^\circ$ . La hauteur moyenne des vagues sur la période d'étude est de 2 m.

$$k_v = 0,9 \quad \gamma = 0,78 \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad H_b = 2 \text{ m} \quad \alpha = 24^\circ$$

$$V = 0,25 \times 0,9 \times \sqrt{0,78 \times 9,81 \times 2} \times \sin(2 \times 24)$$

$$V = 0,65 \text{ m/s}$$

La vitesse du courant induit par la dérive littorale dans le secteur de côte Vridi-Port-Bouët, sur la période d'étude est évalué à 0,65 m/s.

#### ***Transport sédimentaire***

La dérive va entrainer des sédiments dont le volume sera fonction de la vitesse du courant et de la hauteur des vagues.

$$Q = 0,00225 + 0,008(2^2 \times 0,65)$$

$$Q = 0,02305 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le volume de sédiments transporté par la dérive littorale sur la période d'étude est estimé à  $0,02305 \text{ m}^3/\text{s}$  soit  $23050 \text{ cm}^3/\text{s}$ .

### **Discussion**

Cette étude montre que les différents secteurs de cette portion du littoral n'ont pas le même comportement. Certains secteurs présentent une stabilité du TC, tandis que d'autres sont généralement en érosion. Cette observation a été faite par Saimon (2017) à l'issue de ses travaux entre mai et juillet 2015. Cette situation fait comprendre que les plages ne donnent pas les mêmes réponses morphologiques face aux agents de forçage hydrodynamiques. L'essentiel des mouvements sédimentaires ont lieu aux mi et bas estrans avec une tendance à l'engraissement au bas estran au niveau du profil C6. Konan (2012) dans ses travaux a fait remarquer que le trait de côte dans cette zone reste stable. La baie de Port-Bouët où se réalise cette étude est une zone à dynamique du trait de côte assez controversée entre stabilité et

sévère, modérée ou faible érosion. Toutes les conclusions des travaux de Paskoff (1993), Affian et *al.* (2003), Abé (2005), Touré (2009) et Wognin et *al.* (2013) s'inscrivent dans ce contexte. L'usage humain de la ressource sableuse, bien que faible, n'est tout de même pas uniforme dans ce secteur littoral et mieux la structure en baie de ce littoral influence fortement la réponse morphologique.

La distribution granulométrique dans la zone d'étude montre que les sables sont très grossiers à grossiers, modérément à bien classés avec une symétrie à l'échantillon ou vers les éléments grossiers à fins. Cette granulométrie est la même qu'avait décrit Egoran (2014), Koffi (2017) et Saimon (2017). Dans le sens de la dérive, on constate une diminution de la taille des grains de quartz comme indiqué par Konan en 2012. L'examen morphoscopique indique que les grains de quartz évoluent de sub-anguleux non usés à arrondis et émoussés luisants en passant du canal de Vridi au phare de Port-Bouët. Cela met en évidence l'influence d'un transport par l'eau et d'un processus dynamique fluvio-marin (Konan et *al.*, 2016). La présence de grains de quartz sub-anguleux dans la baie de Port-Bouët est aussi confirmée par les travaux de Konan (2012).

Les travaux de Varlet (1958) avaient estimé une charge de dérive littorale de 400.000 m<sup>3</sup>/an dans le secteur sud est ivoirien. Cette valeur revient à 0,0126 m<sup>3</sup>/s. Plus d'une soixantaine d'années plus tard, les travaux de Koffi (2017), voulant actualiser cette donnée dans un contexte de changement climatique, ont estimé une charge de dérive littorale de 584 246 m<sup>3</sup>/an. Ce qui correspond à 0,0185 m<sup>3</sup>/s. Les travaux de Koffi (2017) révèlent ainsi une nette augmentation de la charge de la dérive littorale de 46 % par rapport à l'estimation faite par Varlet (1958). Cette augmentation montre une dérive sédimentaire accrue ces soixante dernières années. Ces travaux, plus récents, estiment une charge de dérive littorale de 0,02305 m<sup>3</sup>/s. Cette valeur montre une charge de dérive toujours en nette croissance.

## Conclusion

Il ressort de cette étude que les différents secteurs de cette portion du littoral n'ont pas le même comportement. Certains secteurs présentent une stabilité du TC, tandis que d'autres sont généralement en érosion. Le profil C1 présente un recul du trait de côte sur la période d'étude. L'ensemble des mouvements se réalisent aux mi et bas estrans avec une érosion aux profils C2 et C7. Au profil C3, la plage est aussi en érosion mais se caractérise par une stabilité du trait de côte. Le profil C6 marque le secteur de plage relativement stable du littoral Vridi-Port-Bouët. Au phare de Port-Bouët (profil C7), on note un recul du trait de côte avec une érosion marquée au haut estran.

La granulométrie dans la zone d'étude montre que les sables sont très grossiers à grossiers, modérément à bien classés avec une symétrie à

l'échantillon ou vers les éléments grossiers à fins. On constate une diminution de la taille des grains de quartz dans le sens de la dérive littorale. L'examen morphoscopique indique que les grains de quartz évoluent de sub-anguleux non usé à arrondi et émoussé luisant en passant du canal de Vridi au phare de Port-Bouët.

La vitesse du courant induit la dérive littorale est évaluée à 0,65 m/s. Cela entraîne un transport sédimentaire de 0,02305 m<sup>3</sup>/s.

**Conflits d'intérêts :** Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt

### Références :

1. Abé J. (2005). Contribution à la connaissance de la morphologie et de la dynamique sédimentaire du littoral ivoirien (Cas du littoral d'Abidjan). Essai de modélisation en vue d'une gestion rationnelle. Thèse de Doctorat d'Etat Sc. Nat. Université Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 337 p.
2. Affian K., Digbéhi Z. B., Djagoua E. M., Kouamé K. F. et Ouattara A. (2003). Utilisation des techniques de photographie aérienne et de profil de plage pour le contrôle de l'érosion côtière sur les segments de côte à Abidjan et à Grand-Bassam (Côte d'Ivoire), *Bioterre Rev. Inter. sci. de la vie et de la terre*, Vol. 3, n°1, 2003, pp.53-67.
3. Brabant M. (2003). Maîtriser la topographie : Des observations au plan, 2<sup>e</sup> édition Eyrolles, 539 p.
4. Cailleux A. (1947). Distinction des sables marins et fluviatiles. *Bull. Soc Géol. Fr.*, 5<sup>e</sup> série, t. XV, pp. 375-404.
5. Egoran A. (2014). Caractéristiques granulométriques des plages d'Abidjan à Mondoukou avant et après la tempête d'août-septembre. *Mém. DEA, Université d'Abidjan*, 74p.
6. Folk R. L. et Ward W. C. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol.*, Tulsa (Okl.), 27 (1), pp. 3-26.
7. Ibe A.C. et Queleuennec R. E. (1989). Méthodologie d'inventaire et de contrôle de l'érosion côtière dans la région de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. *Rapports et Etudes mers régionales*, PNUE, Nairobi, 107 p.
8. Kaczmarek L. M., Ostrowski R., Pruszek Z., Rozyński G. (2005). Selected problems of sediment transport and morphodynamics of a multi-bar nearshore zone. *Estuarine, Coast and Shelf Sci*, 62, pp 415–425.
9. Koffi K. Ph. (2017). Contribution à l'étude de l'évolution morphosédimentaire du littoral ivoirien : remaniement sédimentaire à l'échelle multi-temporelle. Thèse de Doctorat d'Etat Sc. Nat. Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 354p.

10. Konan K. E. (2012). Etude morphodynamique et sensibilité aux événements "exceptionnels" du cordon littoral sableux ivoirien à l'Est d'Abidjan (Abidjan-Aforenou). Thèse de Doctorat, Univ. Félix Houphouët Boigny, N° d'ordre : 729/2012, 182 p.
11. Konan K. E., Abe J., Aka K., Neumeier U., Nyssen J., Ozer A. (2016). "Impacts des houles exceptionnelles sur le littoral ivoirien du Golfe de Guinée", revue Géomorphologie : Relief, Processus, Environnement, 22 (1), pp. 105-120.
12. Parfenoff A., Pomerol C. et Tourenq J. (1970). Les minéraux en grains. Méthodes d'études et détermination. Masson Ed. Paris, 575p.
13. Paskoff R. (1993). Côtes en danger, coll. "Pratiques de la Géographie", Paris, Masson, 250 p.
14. Pettijohn F. (1949). Sedimentary Rocks - Happer Frères. In: Sedimentology. With 177 figures and 17 tables. Translation Thomas Reimer. CHAMLEY H. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 285 p.
15. Saadi E. (1991). Traité de sédimentologie. Pétrographie, environnements sédimentaires, Editions Afrique Orient, 399 p.
16. Saimon A. A. M. (2017). Apport du remaniement sédimentaire dans la caractérisation de la couche mobile à l'échelle du cycle de marée du secteur littoral d'Abidjan. Thèse unique Université F.H.B de Cocody Abidjan, Côte d'Ivoire, 345p.
17. Saimon A. A. M. (2019). Recul par à coup du trait de côte : Cas du périmètre littoral de Port-Bouët Phare. F. tech. et doc. Vul. Volume 1 juillet 2019. Pp 9-13
18. Touré M. (2009). Applicabilité des mesures de protection du littoral aux côtes ivoiriennes Thèse unique. Université Cocody, Abidjan, 184p.
19. Varlet F. (1958). Le régime Atlantique près d'Abidjan, Côte d'Ivoire : Essai d'océanographie littoral. Etudes Eburnéennes, t.7, 222 p.
20. Wognin A. I. V., Coulibaly A. S., Akobe A. C., Monde S. et Aka K. (2013). "Morphologie et cinématique du trait de côte de Vridi à Grand-Bassam (Côte d'Ivoire)", Journal of Environmental Hydrology, Vol. 21, n°1, pp 1-10.