

---

## **L'influence des actions anthropiques dans l'évolution historique d'un littoral sableux à forte dérive sédimentaire : la baie de Port-Bouët (Abidjan, Côte d'Ivoire)**

*The influence of anthropic actions in the historical coastal evolution of a sandy  
coast with high sediment drift: the Bay of Port-Bouet (Abidjan, Ivory Coast)*

**Baba Touré, Koffi Fernand Kouamé, Wade Souleye, Claude Collet,  
Kouadio Affian, André Ozer, Jean-Paul Rudant et Jean Biémi**

---



### **Édition électronique**

URL : <http://journals.openedition.org/geomorphologie/9990>

DOI : 10.4000/geomorphologie.9990

ISSN : 1957-777X

### **Éditeur**

Groupe français de géomorphologie

### **Édition imprimée**

Date de publication : 4 novembre 2012

Pagination : 369-382

ISBN : 978-2-913282-57-5

ISSN : 1266-5304

### **Référence électronique**

Baba Touré, Koffi Fernand Kouamé, Wade Souleye, Claude Collet, Kouadio Affian, André Ozer, Jean-Paul Rudant et Jean Biémi, « L'influence des actions anthropiques dans l'évolution historique d'un littoral sableux à forte dérive sédimentaire : la baie de Port-Bouët (Abidjan, Côte d'Ivoire) », *Géomorphologie : relief, processus, environnement* [En ligne], vol. 18 - n° 3 | 2012, mis en ligne le 04 novembre 2014, consulté le 23 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/geomorphologie/9990> ; DOI : 10.4000/geomorphologie.9990

---

# L'influence des actions anthropiques dans l'évolution historique d'un littoral sableux à forte dérive sédimentaire : la baie de Port-Bouët (Abidjan, Côte d'Ivoire)

## *The influence of anthropic actions in the historical coastal evolution of a sandy coast with high sediment drift: the Bay of Port-Bouet (Abidjan, Ivory Coast)*

Baba Touré\*, \*\*\*, Koffi Fernand Kouamé\*, Wade Souleye\*\*, Claude Collet\*\*\*, Kouadio Affian\*, André Ozer\*\*\*\*, Jean-Paul Rudant\*\*\*\*\*, Jean Biémi\*

### Résumé

L'érosion qui affecte la côte de Port-Bouët (Abidjan, Côte d'Ivoire) est d'autant plus préoccupante que des installations économiques de première importance comme la Société Ivoirienne de Raffinage (SIR), l'aéroport international Félix Houphouët Boigny et des habitations sont menacés. Dans un souci de meilleure connaissance du phénomène d'érosion, le Centre universitaire de recherche et d'application en télédétection (CURAT) a entrepris depuis quelques années des études *in situ* couplées à une approche cartographique afin d'évaluer les vitesses de recul de l'ensemble des côtes sableuses de la Côte d'Ivoire. Dans cet article, la quantification du déplacement du trait de côte d'Abidjan s'est fait par photo-interprétation par le biais du logiciel *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), pour traiter les photographies aériennes verticales et les images Corona et HRG de Spot-5. L'évolution mi-séculaire du trait de côte (*i.e.*, contact plage/cordon végétalisé) a été décrite sur une période de 42 ans (1967-2009). Nous démontrons le rôle déstabilisateur des aménagements et des crises érosives sur la dynamique du littoral de la baie de Port-Bouët, à la recherche d'un nouvel équilibre vis-à-vis de la dérive littorale. Comme conséquence, il se crée une nouvelle racine de la dérive qui est matérialisée par une accentuation de la concavité générale de la baie de Port-Bouët.

**Mots clés :** littoral, érosion, télédétection, aménagement, Côte d'Ivoire.

### Abstract

*The erosion affecting the coast of Port-Bouet (Abidjan, Ivory Coast) is a major threat and concern to the economic infrastructure of the Ivorian Refining Company (SIR), the Felix Houphouet Boigny airport international and homes along the coast. In recent years, in order to better understand this scientific accumulation-erosion budget phenomenon, CURAT (Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection) undertook studies both in situ and from a mapping approach to assess the rate of coastal retreat on the sandy coasts of the Ivory Coast. In this study, the study changes in the morphology of the coastal area of Abidjan, the economic capital of Côte d'Ivoire, was derived from the use of the software Digital Shoreline Analysis System (DSAS) to process vertical aerial photographs, and Corona and HRG panchromatic SPOT-5 imagery to estimate the displacement of shorelines by photointerpretation. The mid-secular evolution of the coastline (beach dune contact) has been analysed over 42 years (1967-2009). We discuss the role of the destabilising developments and crises on the erosive dynamics of the coastline in the Bay of Port-Bouet, which seek a new equilibrium position by readapting its shore relative to the longshore drift. As a result, a new up drift zone has developed, resulting in a general enhancement of the concavity of the bay of Port-Bouet.*

**Key words:** coastal zone, beach erosion, remote sensing, management, Ivory Coast.

\* Centre universitaire de recherche et d'application en télédétection (CURAT) – Université de Cocody-Abidjan – BP 801 – Abidjan 22 – Côte d'Ivoire (tgeo76@yahoo.fr ; kouamef@yahoo.fr ; k\_affian@yahoo.fr ; jbiemi@yahoo.fr).

\*\* Laboratoire de télédétection appliquée (LTA) – Université Cheik Anta Diop de Dakar – BP 5396 - Dakar-Fann – Sénégal (wadesouleye@yahoo.fr).

\*\*\* Laboratoire de géomatique – Département de géosciences – Université de Fribourg – Chemin du Musée 4 – 1700 Fribourg – Suisse (claud.collet@unifr.ch ; baba.toure@unifr.ch).

\*\*\*\* Laboratoire de géomorphologie et télédétection – Unité de géographie physique – Université de Liège – Allée du 6 Août – 2-B11 – 4000 Liège - Belgique (a.ozet@ulg.ac.be).

\*\*\*\*\* Laboratoire de géomatériaux – Institut francilien des géosciences (IFG) – Université de Marne-La-Vallée – Cité Descartes – 5, boulevard Descartes – Champs-Sur-Marne – 77454 Marne-La-Vallée Cedex 2 – France (rudant@univ-mlv.fr).

## Abridged English version

The sandy coastline of Port-Bouet, between the lagoon Ebrie and the Atlantic Ocean, is part of a complex geomorphologic system (fig. 1). This system has been further complexified by the construction of the seaport of Port-Bouet, around which has developed a high population density. In this paper, we trace the development both of the shoreline and the coast of Port-Bouet. Aerial photographs and high-resolution satellite imagery (Corona and SPOT 5) were digitally processed and used to study the change in shoreline of Port-Bouet over a 42-year period. The marine dynamics of Port-Bouet have been responsible for the current morphogenetic characteristics of the shoreline (fig. 2B) and for the longshore drift currents that determine the coastal sediment transport. Previous short-term evolution studies have been conducted on various beaches in Ivory Coast. The results of these studies show seasonally changing trends of sedimentary characteristics on these shorelines (tab. 1).

The analysis of the coastline mobility was performed using the software Digital Shoreline Analysis System (DSAS), an extension to ESRI ArcGIS®, developed by the United States Geological Survey (USGS; Himmelstoss et al., 2009). Virtual references were drawn as parallel lines to use as baselines creating orthogonal equidistant transects of 50 m along the coastline. On these transects, the average rate of shoreline change (between 1967 and 2009) was calculated. The morphological evolution of the coastline is deduced from the method of extreme points (EPR, End Point Rate). Before calculating the rate of evolution, an overall margin of error estimated at  $\pm 0.16$  m/a was applied when comparing the position of the coastline. It follows from the conjunction of the four types of errors inherent in any such method (Dolan et al., 1991; Durand, 2001; Thieler et al., 2009).

The results (fig. 5 and fig. 6) indicate that these beaches are characterised by a general erosion, with different patterns of retreat. This evolution was not linear in sector n° 1, the high values of retreat ( $-2.54$  m/a) corresponding to the area between profiles P28 and P38. Furthermore, the retreat was lower between 1967 and 1979. Between 1967 and 1979, the shoreline showed areas of stability and/or progradation, representing 35% of the total shoreline length in sector n° 2, the coastline in 1989 showed strong retreat on profiles P102, P136 and P160, with values ranging from  $-1.25$  m/a to  $-1.7$  m/a. This evolutionary trend has been less significant in 2009, between profiles P70 and P84, and also between profiles P124 and P158. The rate of retreat in 2009 was more significant than in 1989, with values ranging from  $-0.33$  m/a to  $-1.11$  m/a.

Different temporal evolution patterns of natural and anthropogenic factors may have enhanced the coastal erosion phenomenon in the study site (sectors n° 1 and n° 2). This study area is also of considerable economic importance. These episodes of erosion have resulted in the destruction of landscapes in Port-Bouet (tab. 2). Today, the shoreline of Port-Bouet shows a retreat that marks the end of adaptation phenomena of the shoreline to the new constraints imposed by

physical characteristics of the port. As a result, it creates a new up drift zone which is represented by a general enhancement of the concavity of the Bay of Port-Bouet a coastal management philosophy is required to develop a viable defence for this coastal system. Today, it seems necessary to change the scale of thought and action, and to rethink the organisation of the coastal management tools in Ivory Coast.

## Introduction

Les études d'E.C.F. Bird et M.L. Schwartz (1985) montrent que la régression des côtes sableuses est un phénomène planétaire. Ainsi, en 1980, 70 % du linéaire côtier étaient en recul, 20 % en relative stabilité et seulement 10 % en progradation. Plus récemment en Europe, l'érosion toucherait 40 % des plages de l'Union Européenne (European Commission, 2004) et plus de 50 % des côtes sableuses en France métropolitaine (IFEN, 2006). Aux Etats-Unis, au moins 66 % du linéaire côtier sableux du Golfe du Mexique et 40 % des plages californiennes (Hapke et al., 2006) seraient en recul (Morton et al., 2004). Sur la portion orientale du littoral africain, l'érosion côtière est bien documentée sur les plages tanzaniennes de la zone de Dar es Salam (Makota et al., 2004). Les littoraux ouest-africains, constitués en grande partie de plages, dont certaines en contexte estuarien, n'échappent pas à cette évolution régressive. Selon A.-B. Blivi et P. Adjoussi (2004), le recul des cordons littoraux du golfe de Guinée inquiète par sa rapidité. Même si la tendance est à la régression, les modalités du recul divergent localement. Ainsi, sur les littoraux sableux du Sénégal à la Sierra Léone, les vitesses de recul varient de 1,2 m/a à 6 m/a (Ibe et Quellenec, 1989). Cette situation demeure très inquiétante depuis la construction d'ouvrages maritimes dans les années 1960 et du fait de l'importance des interventions humaines sur la frange côtière. L'évolution morphologique côtière est ainsi devenue l'un des principaux problèmes environnementaux auxquels est confronté l'Afrique de l'Ouest. Dans un tel contexte de crise environnementale, l'importance socio-économique et écologique de la zone côtière d'Afrique occidentale en général et des littoraux sableux en particulier justifie de mener une réflexion sur le fonctionnement, l'évolution ainsi que la gestion de l'espace littoral. Dans cette optique, le site de Port-Bouët, situé au sud de l'agglomération d'Abidjan (Côte d'Ivoire), a été sélectionné comme site d'étude (fig. 1 et fig. 2A). À partir de 1905, cette portion de littoral a connu un bouleversement important par le biais de grands chantiers successifs (i.e., construction de wharfs, percement d'un canal à travers les cordons barrières, création d'une zone industrialo-portuaire). Ces aménagements ont profondément modifié le paysage littoral tant au niveau de la ligne de rivage que de la bande située en arrière du front de mer. Le secteur d'étude se situe immédiatement en aval-dérive d'un chenal artificiel, le canal de Vridi, qui interrompt en grande partie le transit longitudinal et fait de ce site un secteur en sous-alimentation sédimentaire chronique. Compte tenu du rôle joué par cet espace littoral dans la vie économique du pays, sa dégradation soulève de nombreuses interrogations et enjeux. Le but

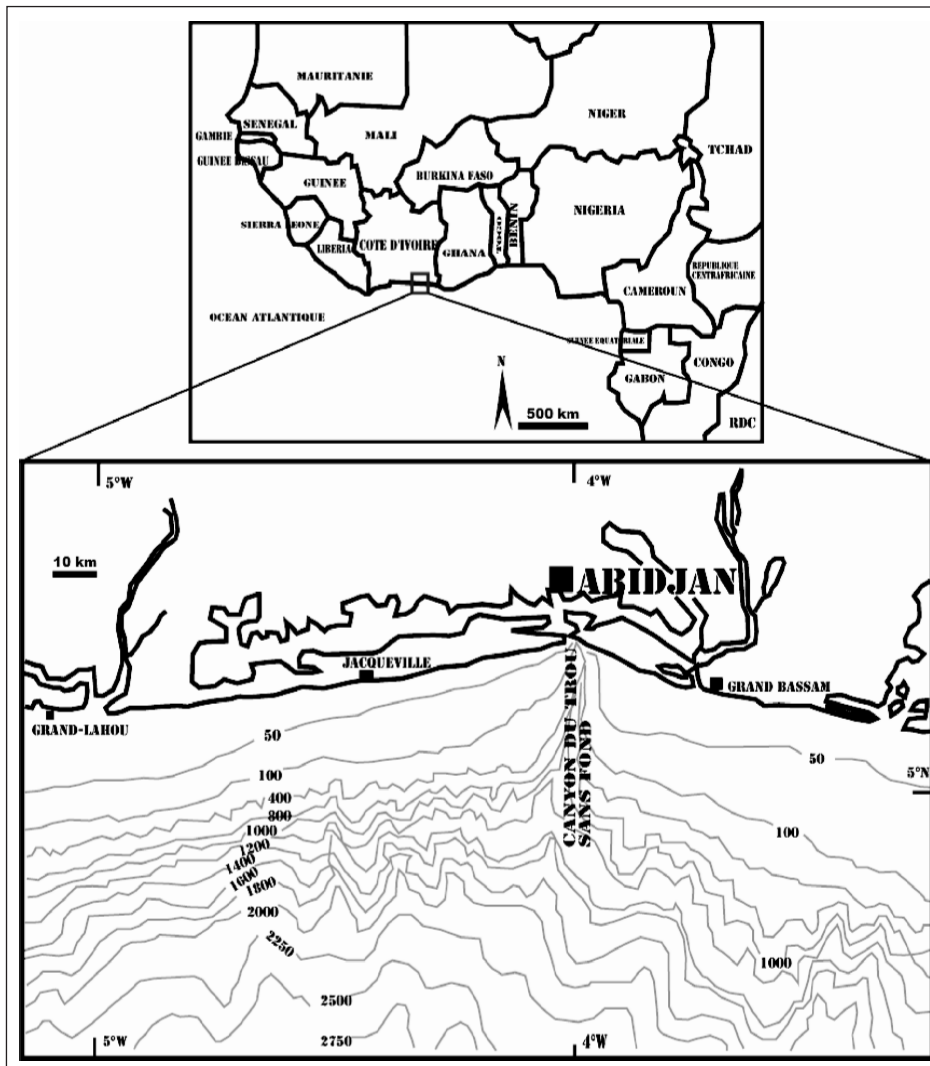


Fig. 1 – Localisation géographique du site d'étude.

Fig. 1 – Geographical location of study area.

de cet article est de comprendre le rôle joué par les aménagements anthropiques dans l'évolution historique de la baie de Port-Bouët. L'étude diachronique s'appuie sur la photo-interprétation (photographies aériennes, images satellites) et la construction d'un système d'information géographique (SIG) associé aux observations et aux enquêtes de terrain.

## Le site d'étude

### Les caractéristiques morpho-structurales et océaniques

Située entre le système lagunaire Ebrié et l'océan Atlantique, la baie de Port-Bouët intègre une côte basse sableuse dont l'essentiel du relief est situé pratiquement au niveau de la mer. Ce cordon littoral au large d'Abidjan, qui sépare la mer du système lagunaire, est d'âge holocène (Tastet, 1979), présente un cadre géophysique complexe. Les caractéristiques morphologiques (fig. 2B) de ce secteur tiennent d'une

part au changement de direction du trait de côte qui passe de la direction W-WSW à la direction E-ESE, et d'autre part à l'existence d'un canyon sous-marin profond, le Trou-Sans-Fond. Les paramètres océaniques sont ceux d'une côte microtidale (0,5-1,5 m de marnage) et d'une houle régulière de SSW qui atteint le rivage avec une période de 10-11 s et une hauteur significative de 1-1,18 m. La houle engendre une dérive littorale W-E qui joue un rôle important dans la redistribution des sédiments sur le littoral ivoirien. Selon L. Martin (1977), le volume sédimentaire charrié par la dérive serait de 200 000 m<sup>3</sup>/a (à l'ouest), de 800 000 m<sup>3</sup>/a (au centre) et de 400 000 m<sup>3</sup>/an (à l'est). Depuis l'ouverture du canal de Vridi en 1950, le transit est interrompu entre les secteurs centre et est. La totalité du sable en provenance de l'ouest s'écoule dans la vallée sous-marine (Tastet *et al.*, 1985 ; Diabaté, 1996 ; Affian, 1997). Les vents locaux sont essentiellement d'ouest à sud-ouest et de sud à sud-ouest, avec des vitesses comprises entre 2,7 m/s et 3,9 m/s (Varlet, 1958, *in* Yacé, 1987).

### L'occupation humaine du littoral

Assez peu anthropisé jusqu'en 1960, le littoral ivoirien devient le lieu de convergence des populations et des activités après l'indépendance du pays. La ville d'Abidjan absorbe la majeure partie de cet essor démographique (fig. 2C). Sa population urbaine connaît une croissance annuelle de 10 % en moyenne, provoquée par une forte immigration étrangère, un exode rural intense et, plus récemment, une forte migration de la population fuyant la guerre, de la zone septentrionale du pays vers le Sud (Gourmelon *et al.*, 2006). Entre 1960 et 2000, l'urbanisation s'étend rapidement, les superficies urbaines passant de 4 000 ha à 20 000 ha durant cette période, entraînant la formation d'une conurbation avec les villes d'Abidjan, de Grand-Bassam et de Dabou (Dembélé, 2008). Dans le même temps, la ville d'Abidjan va concentrer l'essentiel des activités économiques du pays et se dote d'infrastructures portuaires de grande envergure. Ainsi, en 1998, l'Institut National de la Statistique (INS) a dénombré 92,8 % des 2 822 établissements industriels pour la seule capitale économique du pays, soit 60 % des firmes nationales installées sur le pourtour de la lagune Ebrié.



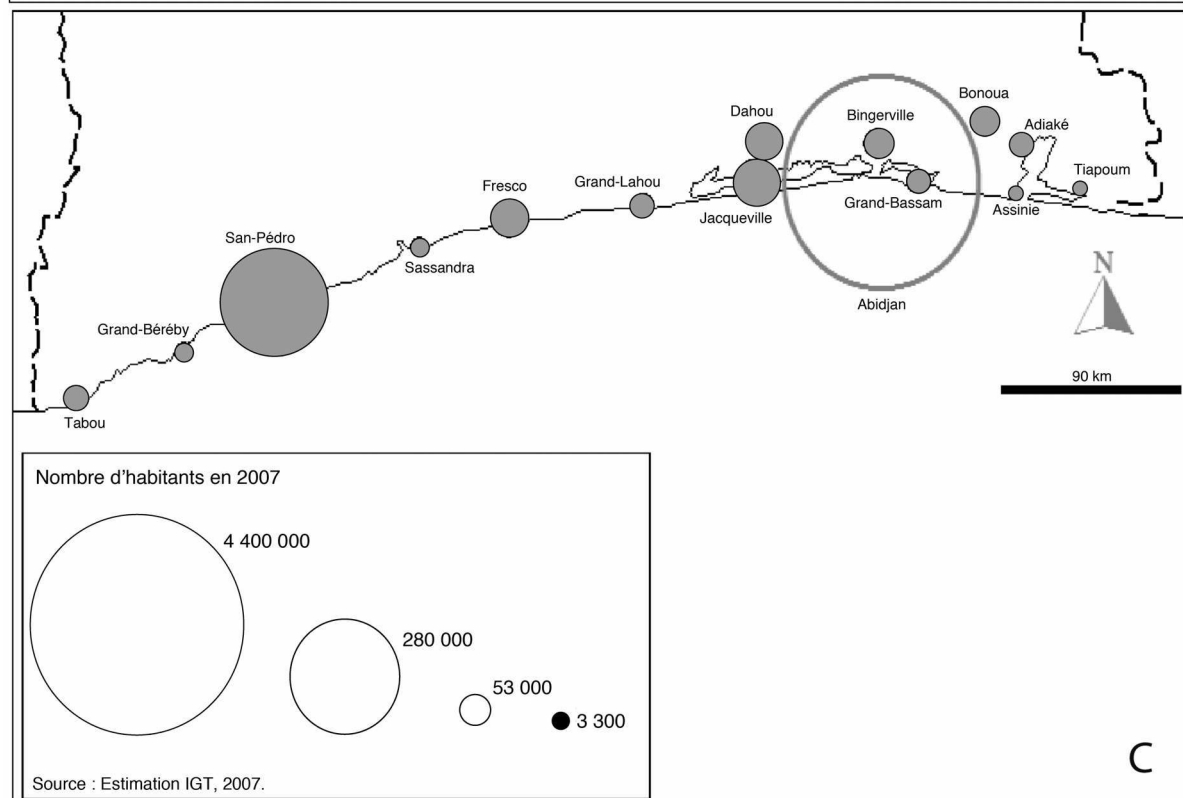
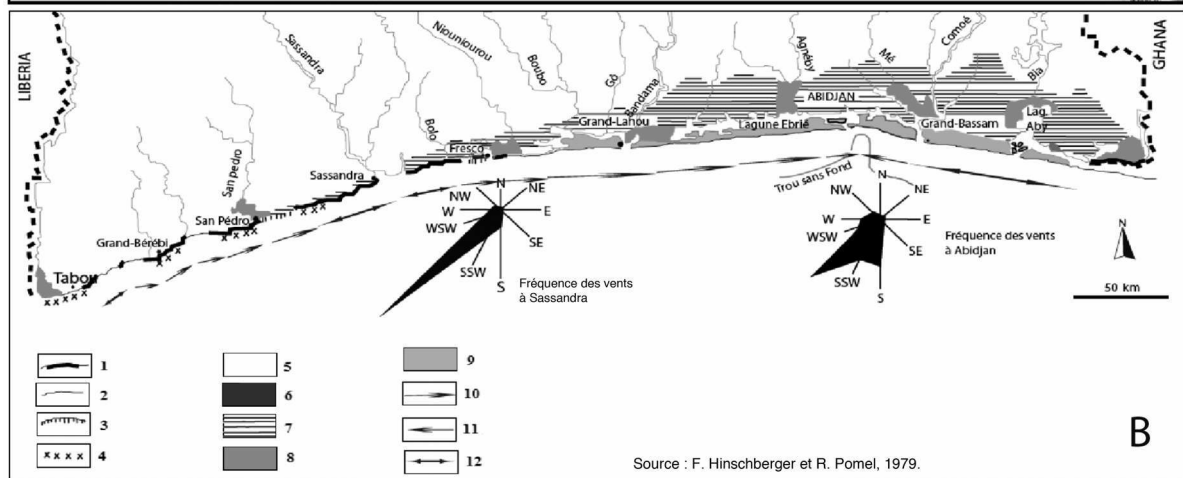
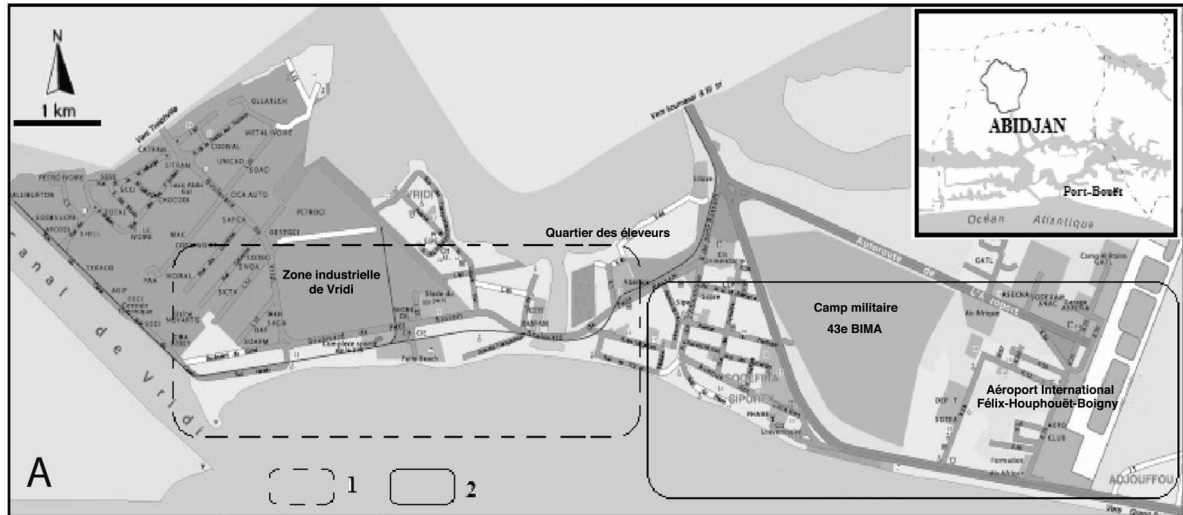
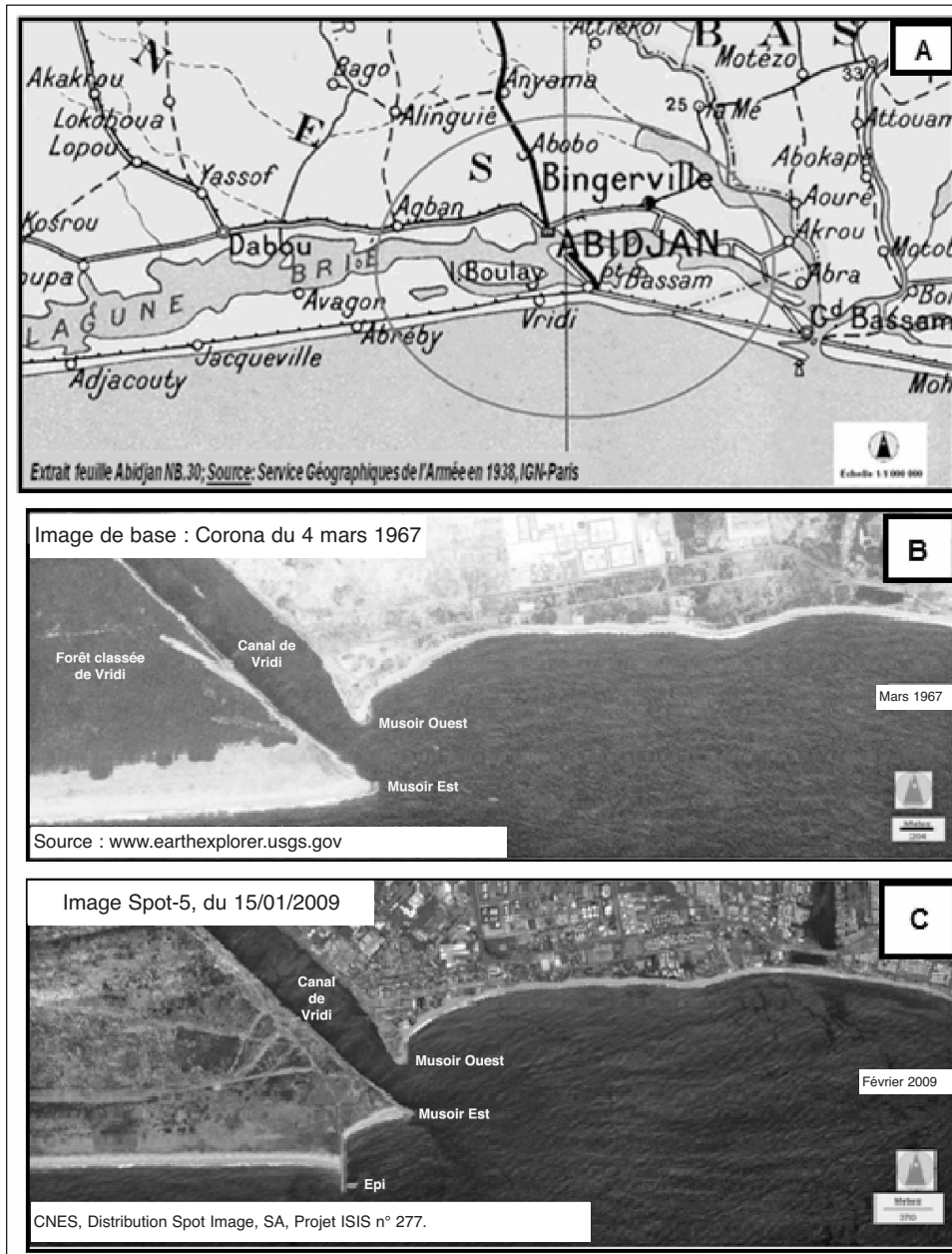


Fig. 2 – **A : Localisation des secteurs d'étude sur le littoral d'Abidjan.** 1 : secteur n°1 ; 2 : secteur n°2. **B : Esquisse géomorphologique du littoral ivoirien.** 1 : section de côte élevée ; 2 : section de côte basse ; 3 : falaises vives ; 4 : plates-formes à écueils ; 5 : socle cristallin et métamorphique ; 6 : argiles glauconieuses (Paléocène) ; 7 : sables et grès du « Continental Terminal » (plio-) quaternaire ; 8 : argiles et sables fluviolagunaires (Quaternaire) ; 9 : sables des cordons marins (Quaternaire récent) ; 10 : dérive littorale dominante vers l'est ; 11 : dérive littorale dominante vers l'ouest ; 12 : dérive alternée et courants d'arrachement. **C : Population des villes du littoral ivoirien en 2007.**

Fig. 2 – **A : Location of study sectors on the coastline of Abidjan.** 1: sector n°1; 2: sector n°2. **B : Geomorphological sketch of the Ivorian coast.** 1: section of higher coast; 2: section of lower coast; 3: active sea-cliff; 4: platform reefs; 5: crystalline and metamorphic basement; 6: glauconitic clays (Paleocene); 7: (Plio-) quaternary sand and sandstone of "Terminal Continental"; 8: fluviolagoonal clay and sand (Quaternary); 9: sand of the dune ridges; 10: main direction of the longshore drift to the East; 11: main direction of the longshore drift to the West; 12: alternate drift and rips currents. **C: Population of the coastal towns of Ivory Coast in 2007.**



## L'histoire des aménagements portuaires

Avant les travaux de construction du canal de Vridi, les côtes abidjanaises étaient en équilibre sédimentaire. La dérive littorale, dirigée d'ouest (800 000 m<sup>3</sup>/a) en est (400 000 m<sup>3</sup>/a), perdait une partie de sa charge résiduelle (400 000 m<sup>3</sup>/a) par glissement en tête du canyon du Trou-sans-fond mais la majeure partie de la charge alimentant la côte entraînait une progradation du littoral par cordons sableux, au rythme d'1 m/a au cours des cinq derniers millénaires (Tastet *et al.*, 1985 ; Diabaté, 1996). Cet équilibre a été définitivement rompu par les aménagements littoraux (fig. 3) tels que la construction du canal de Vridi, ses annexes (musoirs, épis d'arrêt des sables) et l'aménagement de l'embouchure du fleuve Comoé. Les travaux d'exécution du canal de Vridi, commencés en 1938, se sont achevés en 1950. L'inauguration officielle eut lieu le 5 février 1951. Cette date constitue un repère historique de premier ordre dans le développement économique de la Côte

d'Ivoire et la croissance fulgurante d'Abidjan (Durand et Zabi, 1994). À partir de 1952, les sables transportés par la dérive contourment la digue ouest et contribuent à la formation d'une flèche littorale sous-marine. Cette flèche sableuse progressera pour devenir dangereuse pour la navigation, d'où la nécessité d'entreprendre des dragages pour permettre aux navires d'entrer et sortir dans les meilleures conditions de sécurité. En 1970, les fonds passant à 4 m au pied du musoir et le dragage devient fréquent, on entreprend alors la construction d'un épi d'arrêt des sables en 1973. Son rôle est de suppléer le musoir ouest dans le blocage du transit littoral et de conserver la passe d'entrée des navires. On assiste à la construction d'un ouvrage de 280 m de long perpendiculaire au rivage et situé à 500 m à l'ouest du musoir ouest. La reprise de l'alimentation du banc sableux et le

Fig. 3 – **Etat du littoral d'Abidjan entre 1938 et 2009.** A : Situation en 1938 ; B : Situation en 1967 (Image Corona, mars 1967) ; C : Situation en 2009 (Image Spot-5, janvier 2009).

Fig. 3 – **Shoreline status of Abidjan between 1938 and 2009.** A: Situation in 1938; B: Situation in 1967 (Corona Image, March 1967); C: Situation in 2009 (Image Spot-5, January 2009).



Fig. 4 – **Tétrapodes utilisées pour renforcer l'épi d'arrêt des sables.** 1 : canal de Vridi ; 2 : digue Est ; 3 : digue Ouest ; 4 : épi d'arrêt des sables ; 5 : tétrapodes de l'épi.

Fig. 4 – **Tetrapods used to increase the spike.** 1: channel of Vridi; 2: East dyke; 3: West dyke; 4: spike; 5: spike tetrapods.

rythme fréquent de dragages ont initié une étude sédimentologique dont les conclusions aboutissent au prolongement de l'épi de 150 m existant en mer, ceci afin de bloquer durant 20 ans encore le transit littoral. L'épi a donc été renforcé par d'énormes tétrapodes (fig. 4) et environ 70 000 m<sup>3</sup> de matériaux acheminés par bacs et camions (Hauhouot, 2000).

### La côte et sa vulnérabilité à l'aléa « recul côtier »

Les études antérieures portant sur l'évolution à court terme du profil des différentes plages du littoral ivoirien ont montré les tendances évolutives saisonnières et les caractéristiques sédimentaires (grain moyen) de ces plages (tab. 1). Les sédiments constituant le littoral ivoirien présentent différents faciès et un gradient granulométrique croissant vers l'est. Comme le sont les sables des plages de Fresco à Grand-Lahou. On peut noter une faible décroissance dans la taille des grains (de 1,72 Ø à 0,28 Ø) entre San-Pédro et Abidjan, alors que d'Abidjan à Assinie (Port-Bouët), la décroissance est significative, passant

de 0,40 Ø (sables grossiers) à 3,26 Ø (sables fins). Sur la côte de Jacquville à Vridi canal ouest, les relevés des profils enregistrent une relative stabilité voire un faible engraissement. Cet engraissement est saisonnier dans le périmètre de Jacquville (stations de mesure d'Abredy et de Laka) et continu pour les stations proches des ouvrages de protection du canal de Vridi (épave de bateau, canal ouest), profitant des accumulations sableuses piégées par l'épi d'arrêt des sables. Sur la côte de Port Bouët, située en aval-dérive des pièges à sédiment du canal de Vridi, le déficit sableux est estimé à 400 000 m<sup>3</sup>/a, soit la moitié du transit sédimentaire annuel vers l'est (Martin, 1973). Ce déficit engendre une plus forte pente de plage et rend impossible la formation d'une barre d'avant-plage susceptible, comme ailleurs sur le littoral, de briser l'énergie des houles. Ainsi, ce déficit engendre une érosion littorale sévère et dépendante des épisodes tempétueux dommageables (tab. 2).

### Méthodologie

La dynamique spatio-temporelle du trait de côte a été étudiée par le biais d'un SIG (système d'information géographique) à partir de documents variés : cartes topographiques, images satellites, photographies aériennes (tab. 3) couplées aux observations de terrain et aux entretiens avec la population locale. Les déformations liées à la prise de vue ont été corrigées à partir d'une méthode polynomiale basée sur la prise de points d'amers. L'image Quickbird de 2008, mosaïquée et géoréférencée dans le système UTM (Universal Transverse Mercator, Côte d'Ivoire : fuseau 30), a servi de document de référence pour la correction et le géoréférencement des différents documents. L'évolution urbaine très forte durant le demi-siècle a rendu difficile l'identification d'amers communs aux différents documents. Entre 12 et 25 points de calage ont été saisis par image pour la rectification selon un modèle polynomial du premier ou second degré et un ré-échantillonnage des pixels a été effectué selon la méthode du plus proche voisin pour préserver la radiométrie des images originales. Les photographies aériennes et les images satellites, corrigées et géoréférencées, ont été intégrées dans un SIG grâce au logiciel ArcGIS 9.3 (Ersi©). L'ados de plage (ligne de contact plage/cordon végétalisé) a été numérisé à l'écran. Cette ligne est marquée par une nette rupture radiométrique entre les pixels sombres représentant les dunes et les pixels beaucoup plus clairs représentant la plage. L'analyse de la

Documents	Date	Echelle d'exploitation
Carte topographique	2000	1/50 000
<i>Photographies aériennes IGN</i>		
Mission CIV 111/150	1979	1/15 000
Mission CIV 122/145	1989	1/ 14 500
<i>Images satellites</i>		
Corona	1967	
Spot-5	2003	Résolution 2,5 m
Spot-5	2009	
QuickBird	2008	Résolution 0,6 m

Tab. 1 – **Documents utilisés pour l'analyse diachronique.**

Tab. 1 – **Documents used for the diachronic analysis.**



Secteur littoral	Stations		Tendance évolutive			Sédiments moyenne Mz (F)	Auteur(s)
			(-)	(±)	(+)		
Côtes basses sableuses	ASSINIE FRANCE					1,92 à 3,26 Sables fins à très fins	Abé (2005)
	ASSOINDE					2,16 à 3,16 Sables fins à très fins	
	Grand-Bassam (GBAMBLE km 26)					0,76 à 2,34 Sables moyens à grossiers	
	ABIDJAN	PORT-BOUET (Mairie ancienne et Phare)				0,34 à 0,40 Sables grossiers	Adopo (2004)
		VRIDI CANAL EST (Petit bateau)				0,29 Sables grossiers	
		VRIDI CANAL OUEST (Epave Dora et Canal ouest)				0,33 à 0,38 Sables moyens	
Côtes sableuses à microfalaïse	JACQUEVILLE (Monument, Maison PDCI, Abreby et Laka) (Mur côté Est et Mur côté Ouest)					0,28 à 0,93 Sables moyens à grossiers Sables moyens à grossiers	Adopo (2004) ; Gbangbot (2006)
	GRAND-LAHOU (Mission catholique et Phare)					0,22 à 1,08 Sables moyens à grossiers	Féa (2006)
	FRESCO					1,02 à 1,55 Sables moyens à grossiers	
	SAN-PEDRO					0,44 à 1,72 Sables grossiers - fins	Abé (2005)

Tab. 2 – Tendances évolutives saisonnières et éventail granulométrique (grain moyen) du littoral ivoirien.

Tab. 2 – *Seasonal trends and medium particle size of the Ivory Coast.*

mobilité du trait de côte a été faite à l'aide du logiciel DSAS (Digital Shoreline Analysis System), développé par l'United States Geological Survey (USGS) (Himmelstoss *et al.*, 2009). Une ligne de référence virtuelle (ligne de base) a été dessinée vers le continent parallèlement aux lignes de rivage afin de servir de base pour la création de transects orthogonaux équidistants de 50 m le long du littoral. Les vitesses d'évolution du trait de côte ont été calculées en utilisant la méthode du point extrême (EPR, End Point Rate). La marge d'erreur globale lors des comparaisons de la position du trait de côte a été estimée à  $\pm 0,16$  m/a. Celle-ci fixe le seuil à partir duquel on considère qu'il y a une avancée ou un recul du trait de côte. Elle résulte de la conjonction de quatre types d'erreurs inhérentes à toute méthode de ce type (Dolan *et*

*al.*, 1991 ; Durand, 2001 ; Thieler *et al.*, 2009). Elles tiennent compte de la précision du document de référence (échelle), de la précision de rectification des images (correction et géoréférencement), de l'erreur liée aux fluctuations saisonnières de trait de côte (choix de la ligne de référence) et de l'erreur sur la position exacte du trait de côte (numérisation ou exaction du trait de côte). Les images de 1979, 1983 et

Tab. 3 – Mémoire des catastrophes à Abidjan.

Tab. 3 – *Memory of disaster in Abidjan.*

Dommages	Phénomènes naturels	Source(s)
Engloutissement d'un petit wharf dans le secteur de Toviato	Glissement de terrain du 1 <sup>er</sup> octobre 1905	Robin <i>et al.</i> (2004)
Affaissement de la jetée ouest	Glissement de terrain en 1906	Diabaté (1996)
Engloutissement de wharf	Glissement de terrain le 1 <sup>er</sup> mai 1908 à l'endroit de l'actuel Palm Beach	Koffi Koffi (1996)
Digue ouest rasée sur 27 m (20 000 t de matériaux déplacés)	Fortes houles du 7 mai 1944	Diabaté (1996) Koffi Koffi (1996) Hauhouot (2000)
Digues ouest rasée sur 35 m (35 000 t de matériaux déplacés)	Fortes houles du 23-24 juin 1944	
5 000 tonnes d'enrochement de la digue Est sont déplacées	Fortes houles du 9-10 juillet 1954	
Digues du canal de Vridi endommagées	Fortes houles du 19-21 juin 1960	
Dégâts sur les canalisations de la SIR	Fortes houles de 1968	
Dégâts multiples : routes coupées (route du phare), habitats détruits, installations de la SIR affectées	Fortes houles de juillet 1984	Konan Konan <i>et al.</i> (2009)
Dizaines d'habitats détruits	Déferlement de vagues d'origine sismique 13-14 août 2007	



2003 n'ont pas été utilisées sur l'ensemble des deux sections d'étude. Ce choix de traitement est dû au manque et/ou à la qualité des couvertures aériennes. Ainsi, pour la section n° 1, nous avons pu extraire les traits de côte de 1967, 1979, 2003 et 2009. En revanche, pour la section n° 2, l'extraction du trait de côte a été possible seulement sur les images de 1967, 1989 et 2009.

## Résultats

Les plages sont caractérisées par une érosion généralisée mais plusieurs tendances au recul sont observées (fig. 5 et fig. 6). L'analyse des résultats a été faite en tenant compte de la couverture aérienne utilisée par secteur d'étude.

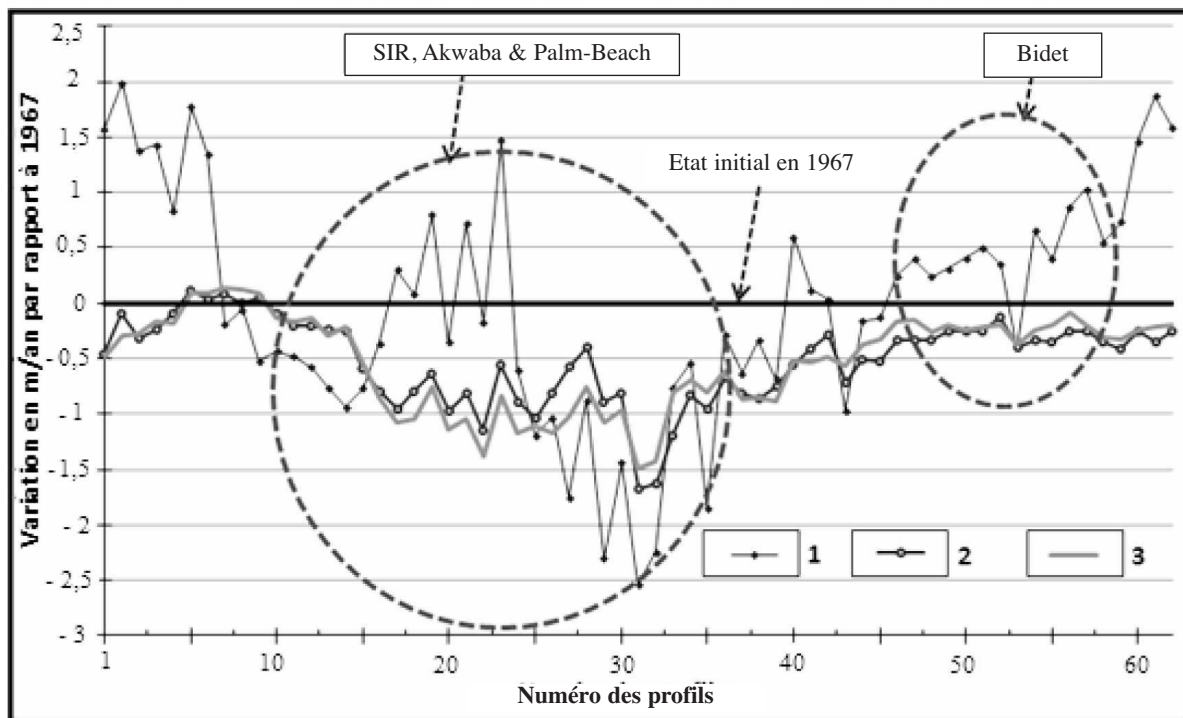
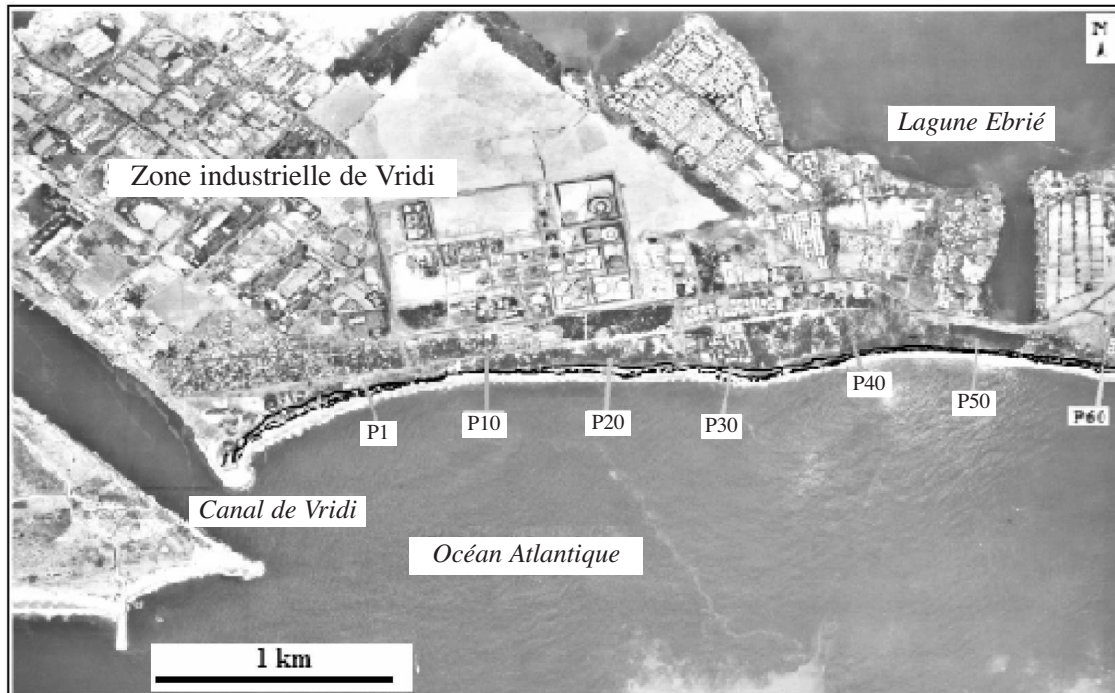


Fig. 5 – Evolution du littoral de 1967 à 2009. Section n° 1. 1 : trait de côte de 1979 ; 2 : trait de côte de 2003 ; 3 : trait de côte de 2009.

Fig. 5 – Shoreline evolution from 1967 to 2009. Section n° 1. 1: coastline in 1979; 2: coastline in 2003; 3: coastline in 2009.

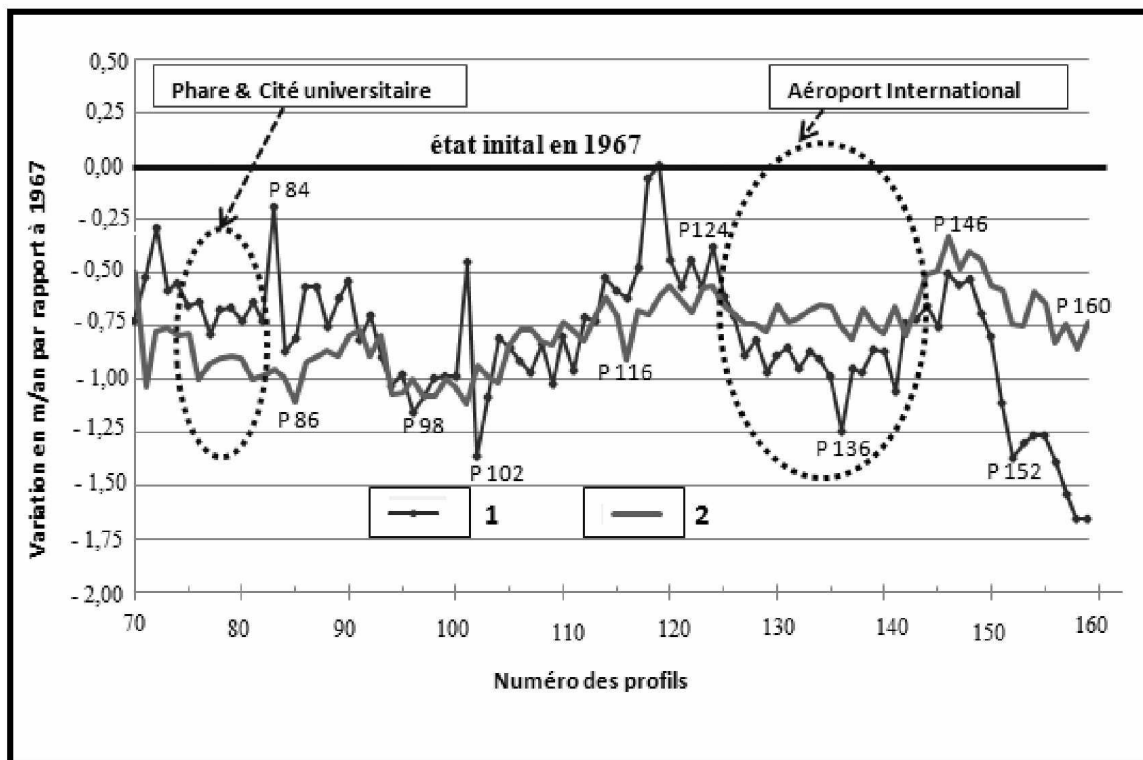
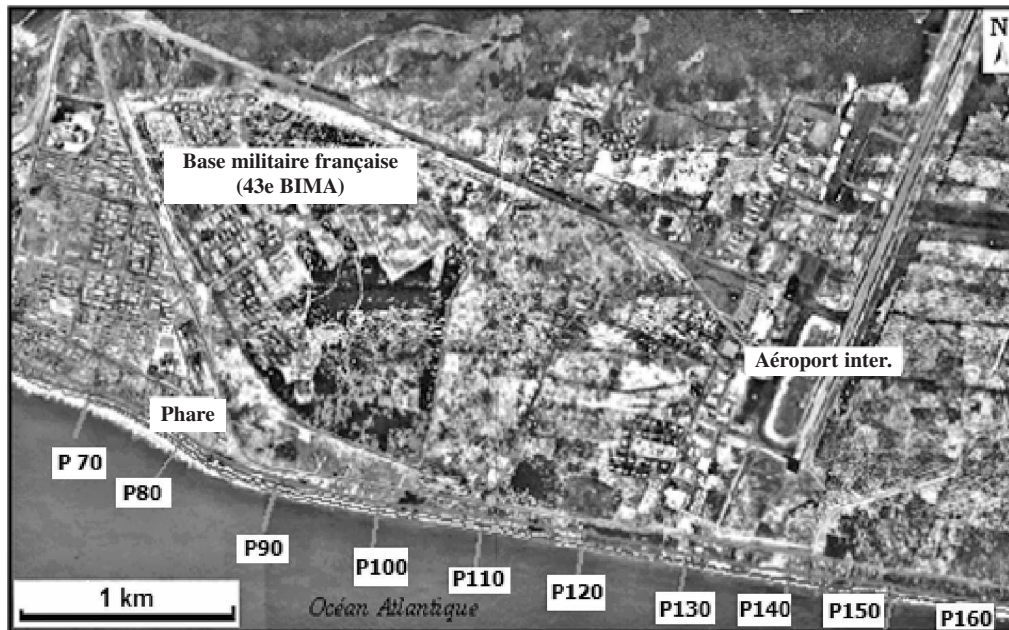


Fig. 6 – Evolution du littoral de 1967 à 2009. Section n° 2. 1 : trait de côte de 1989 ; 2 : trait de côte de 2009.

Fig. 6 – Shoreline evolution from 1967 to 2009. Section n° 2. 1: coastline in 1989; 2: coastline in 2009.

### Section n° 1 : portion littorale de la zone industrielle de Vridi

La période 1967-1979 est caractérisée par une juxtaposition de secteurs en rétrogradation et de secteurs en progradation. Sur l'ensemble de la section n° 1, il se dégage une juxtaposition de secteurs en incision et de secteurs en aggradation. Les vitesses de recul varient selon les stations d'observation. Ainsi,

les vitesses de recul les plus élevées (-2,54 m/a) correspondent à la zone comprise entre les profils P28 et P38. Selon les zones, cette incision est variable. Un phénomène de progradation du rivage s'observe principalement entre les profils P1 et P4, P14 et P22, P44 et P48 et P52 et P60. Au cours de la période d'observation, 35 % du linéaire d'étude est stable et/ou en progradation. Un recul quasi généralisé caractérise les périodes 1979-2003 et 2003-2009. Cette rétrogradation

semble être plus caractéristique de la période 1979-2003. Cette tendance est moins observable sur les profils des années 2003 et 2009 car elles sont très proches les unes des autres. Seulement quelques portions du littoral dont l'amplitude des mouvements est incluse dans la marge d'erreur des mesures ont eu tendance à rester stables. En somme, l'évolution du rivage est rendue complexe par la succession de phases de recul et d'avancée. Ces changements morphologiques du trait de côte sont surtout visibles autour de trois sites : à proximité de la digue est du canal de Vridi, entre la zone d'implantation des sites hôteliers et des installations de la raffinerie (SIR) et à proximité du Bidet (*i.e.*, zone de la première tentative du creusement du canal avant 1950).

## Section n° 2 : portion littorale Phare-Aéroport d'Abidjan

Un phénomène de recul en dents de scie caractérise la période 1967-1989. Le trait de côte en 1989 présente de fortes valeurs de recul au niveau des profils P102, P136 et P160, avec des valeurs oscillant entre -1,25 m/a et -1,7 m/a. Durant la période 1967-1989, on assiste à un recul accéléré de la côte. En revanche, l'évolution du rivage est plus hétérogène au cours de la période 1989-2009. Les vitesses de recul en 2009 sont plus importantes qu'en 1989, avec des valeurs variant de -0,33 m/a à -1,11 m/a. Cette tendance évolutive (en 2009) est moins marquée sur les profils P70, P124 et P146. On se trouve là en face d'une portion littorale en recul permanent, avec un seul signe d'aggradation (profil P118).

## Discussion

Après l'analyse des données disponibles et des observations de terrain, l'érosion généralisée de la baie de Port-Bouët, enregistrée entre 1967 et 2009, peut avoir deux causes probables (naturelle et humaine). Les causes naturelles sont dues au caractère réflexif de ces plages et à l'action d'événements exceptionnels (les tempêtes), les causes humaines aux effets négatifs et aggravants des aménagements littoraux.

### La forte vulnérabilité des plages ivoiriennes

Suivant la typologie établie par L.D. Wright *et al.* (1979), les plages ivoiriennes appartiennent à la catégorie des plages réflexives. Elles sont précédées d'un plateau continental trop étroit pour dissiper efficacement les houles. Les vagues conservent donc un potentiel de destruction important au moment du déferlement. Ces types de plages présentent des profils subaériens raides constitués de sédiments grossiers et/ou une zone de déferlement pauvre en sédiments. Ces plages comportent souvent une ou plusieurs bermes. Toutefois, elles sont impactées différemment selon la géologie et l'orientation de la côte. Les côtes rocheuses sont moins affectées que les côtes meubles. Les secteurs en fort recul sont situés là où l'orientation de la côte favorise un transit sédimentaire maximum. L'énergie de la houle y est dominante. Ceci s'observe par une érosion non uniforme dans les secteurs n° 1 et n° 2 mise en exergue par l'analyse diachronique. Cette évolution est confirmée par les conclusions

des travaux de sédimentologie réalisés par la SOGREAH (1988), mentionnant une concentration de l'agitation de l'énergie de la houle multipliée par 1,5 au moins sur les côtes abidjanaises, dans quatre zones préférentielles : 1) le secteur proche du musoir est, 2) le secteur comprenant le complexe hôtelier Palm-Beach, 3) le secteur à proximité de l'ancienne mairie de Port-Bouët et 4) le secteur situé aux environs du phare de Port-Bouët. L'analyse diachronique 1967-2009 des traits de côte de la baie Est de Port-Bouët, par SIG, témoigne d'une érosion du littoral en accord avec les conclusions des études antérieures (Tastet *et al.*, 1985 ; Koffi *et al.*, 1989 ; Hauhouot, 2000 ; Adopo, 2004 ; Robin *et al.*, 2004 ; Abé, 2005). La tendance évolutive générale de ce trait de côte, suivi sur une trentaine d'années (1957-1984), indique une vitesse moyenne de recul d'environ 1-3 m/a (Tastet *et al.*, 1985).

### L'impact érosif des tempêtes sur le littoral ivoirien

Au fil des années, les houles de tempête et le passage des perturbations tropicales à proximité des côtes ivoiriennes produisent des vagues plus actives, aboutissant à de forts prélèvements sédimentaires sur les plages. Entraînant une dérive littorale dominante ouest-est, l'angle d'incidence des houles par rapport à l'orientation de la côte est responsable de l'évolution régulière du trait de côte. Toutefois, des événements cycloniques peuvent être à l'origine de houles exceptionnellement destructrices et la mémoire des habitants des zones côtières est riche de tels événements. À Grand-Lahou, par exemple, chaque décennie apporte son lot de souvenirs comme les fortes houles du 20 juillet 1989 qui ont détruit le phare de Grand-Lahou. S.-A. Kolawolé (1998) fait remarquer que l'accroissement de la fréquence et de la force des tempêtes peut justifier les érosions ponctuelles et, parfois, spectaculaires. Sur les côtes de Port-Bouët, la série de tempêtes a causé des reculs ponctuels de 10-20 m pendant la tempête de juillet 1984 (Paskoff, 1993), de 20-30 m au niveau du phare lors des tempêtes de mai 1986 (Abé, 2005) et de 18 m au km 26, route de Grand-Bassam, lors de la tempête d'août 2007 (Konan Konan *et al.*, 2009). De telles tempêtes sont susceptibles d'engendrer des transferts transversaux notables, capables d'influencer de manière durable l'évolution d'un littoral (Durand, 2001). Ces épisodes érosifs ont montré que les côtes reculaient par à coups, sur certains sites plus que sur d'autres (fig. 7A). Plusieurs auteurs (Paskoff, 1993 ; Abé, 2005 ; Paskoff et Clus-Auby, 2007) attestent que ces modifications ou vitesses de recul des plages sont dues à la houle et aux fluctuations du niveau marin sous l'influence de la marée. Les variations du trait de côte (1967-2009), sous l'impact d'événements exceptionnels (tempêtes), ne sont pas observables sur nos graphes, ce qui revient à négliger le temps de rétablissement du profil de plage. L'action de ces tempêtes serait plutôt visible sur les tendances évolutives saisonnières des plages. I. Niang-Diop (1995) souligne que la morphologie des profils de plage répond plus vite à des changements d'environnement. Si le calcul de l'érosion sur une courte période accroît la valeur de l'erreur annuelle commise, il a l'avantage de mieux identifier les discontinuités du trait de côte (Abdel-laoui et Ozer, 2007).



## L'aggravation de l'érosion par l'Homme : impact des aménagements littoraux

La deuxième cause de l'érosion, anthropique, est relative aux impacts des aménagements littoraux tels que les installations industrielles, portuaires, touristiques ainsi que les habitats en front de mer. Selon R. Paskoff (1993), la destruction des dunes côtières au profit de lotissements immobiliers ou de l'exploitation des sables en tant que matériaux de construction fait disparaître la réserve des sédiments nécessaire à l'équilibre des côtes. Les travaux d'expansion du port et la construction de la jetée en 1973 ont fortement déstabilisé le transit sédimentaire sur le littoral d'Abidjan. À cela s'ajoute l'extraction du sable destinée à l'entretien des fonds lagunaires, dans le souci de faciliter la navigation. Comme conséquence à l'ouverture de ces chenaux de navigation, il se crée des courants de retour puissants qui emportent les sables des plages. Ainsi, les possibilités de recharge saisonnière de ces plages sont-elles très réduites, les rendant plus

vulnérables. L'extraction du sable est aussi destinée au remblaiement des terres et à la commercialisation, afin de répondre aux attentes des populations. On dénombre 38 carrières sur la seule berge lagunaire d'Abidjan. Ainsi, diverses activités de remblaiement ont été réalisées par le port autonome d'Abidjan (PAA), telles que celles de Vridi (1973), de Marcory (1976) et de Koumassi (1986). Son service de dragage a été sollicité en vue de la création de quais en 1980-1982 (extension du port), pour la centrale thermique d'Azito (1987-1998) et aussi pour l'ouverture de l'embouchure (i.e., grau) de Grand-Bassam. Selon les statistiques du Ministère des Mines (rapports techniques 1976-1977 et 1978-1979), les prélèvements de sable ont été de l'ordre de 2 607 256 m<sup>3</sup> pour le sable marin et de 1281150 m<sup>3</sup> pour le sable lagunaire (Hauhouot, 2000). Le renforcement de ces activités a gradué artificiellement la vulnérabilité de l'espace rétro-littoral : l'habitat précaire occupe la première place, ensuite viennent l'habitat moderne produit des sociétés immobilières, les équipements industrialo-portuaires (fig. 7B)



Fig. 7 – **Photographies.** A : Destruction d'habitats situés sur le littoral d'Abidjan (cliché : B. Touré, 2009). B : Position actuelle du phare de Port-Bouët par rapport au rivage (cliché : B. Touré, septembre 2010). C : Projet immobilier d'une superficie de 21 613 m<sup>2</sup> sur la baie de Port-Bouët (cliché : B. Touré, août 2009). D : Reste de structures de protection au droit du complexe hôtelier « Palm Beach », abandonné suite au recul côtier (cliché : B. Touré, 2009).

Fig. 7 – **Photographs.** A: Destruction of house along the coast of Abidjan (photo: B. Touré, 2009). B: Present position of the lighthouse from shoreline in Port-Bouët (photo: B. Touré, September 2010). C: Building project with an area of 21 613 m<sup>2</sup> on the bay of Port-Bouët (photo: B. Touré, August 2009). D: Consequences of coastal retreat around hotel complex 'Palm Beach' (photo: B. Touré, 2009).



et touristiques, enfin les bâtiments historiques ou coloniaux condamnés à disparaître. Certains de ces aménagements surviennent alors que la ligne de rivage régresse de manière spectaculaire (fig. 7C). Sur le site (observations *in situ*), les murs de protection, qui ont été construits pour protéger certains complexes hôteliers, se sont effondrés sous l'action des vagues (fig. 7D). Venant en appui aux digues est et ouest, le système de défense (épi d'arrêt des sables), installé en 1973, a bel et bien stoppé l'érosion sur une zone assez limitée, mais il a rompu l'approvisionnement en sédiments de la partie est de la baie. Les pertes en sables sont estimées à 400 000 m<sup>3</sup>/a (Martin, 1977). Les conséquences de cette action sont bien évidemment géomorphologiques et l'évolution du site d'étude confirme la thèse de R. Paskoff (1993), qui souligne que les installations portuaires perturbent gravement le transit des matériaux véhiculés par la dérive littorale et modifie le comportement des rivages adjacents. Ainsi, les zones situées après l'épi reculent car privées d'apports sédimentaires. Sur les côtes basses et sableuses du golfe du Guinée, les modifications de l'évolution du rivage sont constatées sur la côte du Togo et du Bénin. Le problème d'érosion fait suite à la construction des ports de Lomé (Togo) en 1967, de Cotonou (Benin) en 1965 et continuent de se poser avec acuité (Rossi, 1989 ; Blivi et Adjoussi, 2004).

## La réorientation actuelle du rivage de la baie de Port-Bouët et l'avenir des littoraux sableux ouest-africains

Aujourd'hui, le rivage de la baie de Port-Bouët présente une dynamique semblable à celle observée à San-Pédro, deuxième ville portuaire de la Côte d'Ivoire (Yao *et al.*, 2010), ainsi qu'ailleurs en Mauritanie (Ould El Ghassem, 1987 ; Wu, 2003 ; Ould El Moustapha *et al.*, 2007) et dans le golfe du Bénin (Ibe, 1988 ; Rossi, 1989 ; Blivi, 1993). L'accentuation de la concavité matérialise l'ampleur de l'érosion sur le rivage de la baie de Port-Bouët. Pour sa protection, un projet d'aménagement d'une batterie de brise-lames a été élaboré en 1988 (SOGREAH, 1988), mais n'a jamais été appliqué pour des raisons financières. Le retard pris dans la concrétisation de ce projet doit être mis à profit pour une réévaluation des conditions du milieu, notamment la hausse du niveau relatif de la mer (Robin *et al.*, 2004). On se trouve en présence d'un espace déjà fragilisé par les conditions climatiques qui subit une dégradation alarmante sous l'effet du développement socio-économique et de l'expansion démographique.

## Conclusions

Le recours à l'interprétation de données haute résolution pour étudier l'évolution morphologique des côtes basses sableuses a ici montré une nouvelle fois toute son utilité. Le cordon littoral d'Abidjan apparaît particulièrement vulnérable au phénomène d'érosion. Cette étude permet de souligner les difficultés et la complexité de l'aménagement de ce type de baie. La situation actuelle de

ce littoral est complexe. La forte pression démographique sur l'espace côtier a fait apparaître des problèmes environnementaux et des conflits que les dispositifs de protection et d'aménagement existants ne permettent pas de régler. L'échec de la défense lourde du littoral devrait conduire à la formulation d'une philosophie de gestion des côtes qui soit adaptée aux réalités du terrain. Aujourd'hui, il paraît nécessaire de changer d'échelle de réflexion et d'intervention (passer de stratégies de défense et de gestion uniques à des approches diversifiées, adaptées à la multitude des situations réelles) et de repenser la gestion des côtes ivoiriennes par d'autres instruments de gestion (mise en place d'outils d'évaluation environnementale ou d'indices synthétiques à intégrer dans toute politique préventive de gestion intégrée des côtes).

## Remerciements

*Nous adressons nos remerciements aux relecteurs pour leurs contributions (remarques et suggestions) dans l'amélioration et l'enrichissement scientifique du manuscrit. Cet article s'inscrit dans le cadre d'une recherche doctorale soutenue par le Réseau de Chercheurs Télédétection de l'AUF à travers le projet « TECOMAO » (Télédétection des Environnements Côtiers et Marins d'Afrique de l'Ouest). Nous remercions également le Laboratoire de Géomorphologie et Télédétection de l'université de Liège (Belgique), pour son soutien dans l'acquisition des images Spot-5 dans le cadre du projet ISIS (Programme ISIS n°277 ; ©CNES, 2009). Nous remercions SPOT-image, le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) pour avoir fourni les images Spot.*

## Références

- Abé J. (2005)** – Contribution à la connaissance de la morphologie et de la dynamique sédimentaire du littoral Ivoirien (cas du littoral d'Abidjan) : essais de modélisation en vue d'une gestion rationnelle. Thèse de doctorat en géologie, université de Cotonou-Abidjan, 309 p.
- Adopo K.L. (2004)** – Evolution morphologique et sédimentologique du trait de côte entre Jacqueville et Port-Bouët. Mémoire de DEA en géologie, université de Cotonou-Abidjan, 74 p.
- Affian K. (1997)** – Exemple de traitement numérique de données auxiliaires du type photographies aériennes : étude de la dynamique côtière en liaison avec le canyon du Trou Sans Fond au droit du port d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Actualité Scientifique, UREF, Réseau de Télédétection, 7<sup>e</sup> journées scientifiques Sainte-Foy, Québec*, 209-216.
- Bird E.C.F., Schwartz M.L. (1985)** – The world's coastline. Van Nostrand, New York, 1072 p.
- Blivi A. (1993)** – Géomorphologie et dynamique actuelle du littoral du Golfe du Bénin (Afrique de l'Ouest). Thèse en géologie, université Michel de Montaigne (Bordeaux 3), 458 p.
- Blivi A.-B., Adjoussi P. (2004)** – La cinématique du trait de côte au Togo vue par télédétection. *Géo-Eco-Trop*, 28, 27-38.
- Dembélé O. (2008)** – Panorama des villes du littoral ivoirien. In Pottier P., Anoh K. P. (Eds.) *Géographie du littoral de Côte d'Ivoire*.

- re : éléments de réflexion pour une politique de gestion intégrée. CNRS-LETG UMR 6554, Geolittomer (France) et IGT-Université de Cocody Abidjan (côte d'Ivoire), Saint-Nazaire, France, 65-82.
- Diabaté A. (1996)** – Les conséquences de l'ouverture du canal de Vridi sur l'érosion géomorphologique du littoral : érosion et ensablement. *Cahiers de Géographie Tropicale*, 4, 26-43.
- Durand P. (2001)** – Érosion et protection du littoral de Valras-Plage (Languedoc, France). Un exemple de déstabilisation anthropique d'un système sableux. *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 1, 55-68.
- Durand J.-R., Zabi S.-G.-F. (1994)** – Repères historiques. In ORSTOM (Ed.) *Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire – Tome II – Les Milieux Lagunaires*. ORSTOM, Paris, 24-34.
- El Abdellaoui J.-E., Ozer A. (2007)** – Etude diachronique et historique de l'évolution du trait de côte de la baie de Tanger (Maroc). *Revue Télédétection*, 7, 157-171.
- European Commission (2004)** – *Living with coastal erosion in Europe: sediment and space for sustainability. Part II Maps and statistics*. Report Directorate General of Environment, European Commission, Brussels, 25 p.
- Gourmelon F., Robin M., Georis Creuseveu J., Pennober G., Simao de Silva A., Affian K., Hauhouot C., Pottier P. (2006)** – Contraintes d'utilisation des techniques de l'information géographique pour la gestion intégrée des zones côtières en Afrique. *VertigO*, 7, 14 p.
- Hapke C.J., Reid D., Richmond B.M., Ruggiero P., List J. (2006)** – *National Assessment of shoreline change. Part 3: Historical shoreline change and associated coastal land loss along sandy shorelines of the California coast*. US Geological Survey, Open-file Report 1219, 72 p.
- Hauhouot C. (2000)** – *Analyse et Cartographie de la dynamique du littoral et des risques naturels côtiers en Côte d'Ivoire*. Thèse de doctorat en géographie, université de Nantes, 310 p.
- Himmelstoss E.A. (2009)** – DSAS 4.0 Installation Instruction and User Guide. In Thieler E.R., Himmelstoss E.A., Zichichi J.L., Ergul A. (Eds.) *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0-An ArcGis extension for calculating shoreline*. US Geological Survey Open-File Report 1287, 79 p.
- Hinschberger F., Pomel R. (1979)** – La morphologie des côtes rocheuses entre Monogaga et Sassandra (Côte d'Ivoire). *Annales de l'université d'Abidjan*, série G (Géographie), I.IV, 7-37.
- Ibe A.C. (1988)** – Nigeria. In Walker H.J. (Ed.) *Artificial Structures and Shorelines*. Kluwer Academic Publications, Dordrecht, 287-294.
- Ibe A.C., Quelennec 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.
- IFEN (2006)** – Un quart du littoral recule du fait de l'érosion. *Les 4 pages de l'IFEN*, 13, 4 p.
- Koffi Koffi M.P., Abé J., Affian K. (1989)** – *Rapport technique de l'étude complémentaire du littoral de Vridi, Port-Bouët : morphologie et sédimentologie*. NDR/03/89, déc. 1989, 101 p.
- Kolawale S.-A. (1998)** – *L'évolution géomorphologique de la plaine côtière dans le golfe du Bénin*, Département de Géographie, Université National du Bénin. In : *Near Shore, Dynamics and sedimentology of Gul Guinea*, 143-150.
- Konan Konan E., Bamba S.-B., Abé J., Aka K. (2009)** – Impact des tempêtes récurrentes sur le modèle du périmètre littoral de Vridi-Port Bouët (Abidjan-Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research* 28, 186-192.
- Makota V., Sallema R., Mahika C. (2004)** – Monitoring shoreline change using remote sensing and GIS: a case study of Kunduchi area, Tanzania. *Western Indian Ocean Journal Marine Science* 3, 1-10.
- Martin L. (1977)** – Morphologie, sédimentologie et paléogéographie au quaternaire du plateau continental ivoirien. *Travaux Documentaires* 61, ORSTOM, Paris, 265 p.
- Morton R.A., Miller T.L., Moore L.J. (2004)** – *National assessment of shoreline change. Part 1. Historical shoreline changes and associated land loss along the U.S. Gulf of Mexico*. U.S. Geological Survey, Open-file report 2004-1043, 42 p.
- Niang-Diop I. (1995)** – *L'érosion côtière sur la petite côte du Sénégal à partir de l'exemple de Rufisque. Passé, Présent, Futur*. Thèse de doctorat en géologie, université d'Angers, 317 p.
- Ould El Ghassem D. (1987)** – *Le littoral mauritanien au sud de Nouakchott. Evolution morphologique au voisinage du Port de l'Amitié*. Mémoire de fin d'études, Ecole Normale Supérieure de Nouakchott, Nouakchott, 51 p.
- Ould El Moustapha A., Levoy F., Monfort O., Koutitonsky V.G. (2007)** – A numerical forecast of shoreline evolution after harbour construction in Nouakchott, Mauritania. *Journal of Coastal Research* 23, 1409-1417.
- Paskoff R. (1993)** – *Les littoraux : impact des aménagements sur leur évolution*. 2<sup>e</sup> Edition, Masson, Collection Géographie, Paris, 255 p.
- Paskoff R., Clus-Auby C. (2007)** – *L'érosion des plages : les causes, les remèdes*. Paris/Monaco, Institut Océanologique, Collection « propos », 184 p.
- Robin M., Hauhouot C., Affian K., Anoh P., Alla Della A., Pottier P. (2004)** – Les risques côtiers en Côte d'Ivoire. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 3, 298-314.
- Rossi G. (1989)** – L'érosion du littoral dans le Golfe du Bénin, un exemple de perturbation d'un équilibre morphodynamique. In Bremer H., Clayton K.M. (Eds.) *Coasts: Erosion and Sedimentation*. Z. *Géomorphologie. N.F.*, Suppl. Bd. 73, 139-165.
- SOGREAH (1988)** – *Erosion du littoral à Port-Bouët : étude sur un modèle physique. Compte rendu d'avancement n° 4. Etat de référence*. Rapport SOGREAH, 11 p.
- Tastet J.-P. (1979)** – *Environnements sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du Golfe de Guinée (Côte d'Ivoire, Togo, Bénin)*. Thèse de doctorat en sciences géologiques, université de Bordeaux, 212 p.
- Tastet J.-P., Caillon L., Simon B. (1985)** – *La dynamique sédimentaire littorale devant Abidjan. Impact des aménagements*. Rapport Université Nationale Côte d'Ivoire, PAA, 39 p.
- Yacé P. (1987)** – *Evolution du trait de côte et dynamique sédimentaire du littoral ivoirien entre Grand-Bassam et Jacqueville*. Thèse de géologie, université de Cocody-Abidjan, 109 p.
- Yao K.-S., Abé J., Bamba S.-B., Konan K.-E., Aka K. (2010)** – Dynamique d'un périmètre littoral portuaire : la côte de San-Pédro, Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Revue Paralia*, 3, 2.1-2.12.

**Wu W. (2003)** – *Application de la géomatique au suivi de la dynamique environnementale en zone aride. Exemple de la région de Nouakchott en Mauritanie, du Ningxia nord et du Shaanxi nord en Chine du nord-ouest.* Thèse de doctorat de géographie, université Panthéon-Sorbonne (Paris 1), 217 p.

**Wright L.D., Chappell J., Thom B.G., Bradshaw H.P., Cowell P. (1979)** – Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems Southeastern Australia. *Marine Geology* 32, 105-140.

Article soumis le 10 juillet 2011, accepté le 2 octobre 2011.