

ISSN 1727 – 8651

JOURNAL
de la
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
de
L'UNIVERSITÉ DE LOMÉ



LOME - TOGO

Le Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé est
référéncé dans African Journal on Line (AJOL) [www.inasp.org/ajol]

VOLUME 19
(2017)

Numéro 1

Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé (Togo)

COMITE DE LECTURE:

Professeur M. GBEASSOR (Togo)
Professeur K. AHADZI-NONOU (Togo)
Professeur K. TCHAKPELE (Togo)
Professeur B. SINSIN, (Bénin)
Professeur T. T. K. TCHAMIE (Togo)
Professeur K. AKPAGANA (Togo)
Professeur A. K. C. JOHNSON (Togo)
Professeur M. L. BAWA (Togo)
Professeur K.M. NUBUKPO (Togo)
Professeur M. DAVID-PRINCE (Togo)
Professeur K. KOUMAGLO (Togo)
Professeur K. JONDO (Togo)
Professeur K. SANDA (Togo)
Professeur K. KADANGA (Togo)
Professeur K. KOKOU (Togo)
Professeur K. BATAWILA (Togo)
Professeur P. SANKARA (Burkina Faso)
Professeur M.GOEH-AKUE (Togo)
Professeur K. KOSSI-TITRIKOU (Togo)
Professeur M. MOUDACHIROU (Bénin)
Professeur B.TCHAM (Togo)
Professeur K. BEDJA (Togo)
Professeur K. KILI, (Togo)
Professeur G. DJANEYE-BOUNDOU (Togo)
Professeur G. TCHANGBEDJI, (Togo)
Professeur N. BIGOU-LARE (Togo)
Professeur A. SANTOS (Togo)
Professeur M. KPODAR (Togo)
Professeur A. VOVOR (Togo)
Professeur K. AMOUZOU (Togo)
Professeur B. GNON (Togo)
Professeur K. NUBUKPO (Togo)
Professeur E. AGBODJI (Togo)
Professeur A.-R. AGBERE (Togo)
Professeur D. DOSSEH (Togo)
Professeur K. A. BALOGOU (Togo)
Professeur M. A. MOHOU (Togo)
Professeur K. NAPO (Togo)
Professeur M. BANNA (Togo)

COMITE DE REDACTION:

Rédacteur en Chef : Dr Esohanam BATCHANA (Maître de Conférences)

Membres :

- Dr Milohum Mikesokpo DZAGLI
- Dr Marra DOURMA (Maître de Conférences)
- Mr Tata Koffi KUWONU

Traitement et Mise en page : Mr Komi AGBAVON

SOMMAIRE

SCIENCES AGRONOMIQUES

1. BACHABI F. & al. (Bénin)
Distribution and Prevalence of *Aphelenchoides besseyi* (Christie) on rice seeds in Africa, 1
2. ACCROBESSY K. & al. (Togo)
Etat des lieux de la gestion des insecticides au Togo, Afrique de l'ouest, 11
3. SEME K. & al. (Togo)
Etude de la fertilité et de la fécondité des femelles bovins inséminées sur chaleurs induites au sud-Togo, 29

Sciences et Technologies

Sciences de la Vie et de la Terre

4. IBRAHIM K. & al, (BURKINA FASO)
Etude de l'activité antihypertensive du décocte aqueux des gousses de *phaseolus vulgaris l.* (fabaceae) sur le rat, 41
5. AGBOSSOUMONDE Y., TAÏROU S. M. & ALAYI G. (Togo)
Géochimie des éléments tracés des éclogites panafricaines des monts Lato au sud-Togo, 49
6. NKOUCANDOU O. F. & al. (Cameroun)
Données nouvelles sur la pétrologie et géochimie des phonolites de Margol-Borong (nord-ouest Ngaoundéré, plateau de l'Adamaoua, Cameroun), 65

Sciences de l'Homme et de la Société

Sociologie

7. ACKAH YAO M.E. (Côte d'Ivoire)
Pratiques managériales et stress au travail chez les salariés abidjanais, 89
8. CODO C.-N. (Bénin)
Les représentations sociales des musées par les jeunes de la commune de Ouidah au Bénin, ... 99
9. DIARASSOUBA S. (Côte d'Ivoire)
Le poststructuralisme et l'enseignement de l'anglais, que nous révèle la culture de la salle de classes ? Réflexion sur l'instruction de l'anglais, langue étrangère : le cas de l'Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 117
10. Dr GBAGUIDI G. A. G. (Bénin)
Etat des lieux de la promotion des langues nationales au Bénin, 137
11. COULIBALY B. (Côte d'Ivoire)
Vécu de la grossesse et maladies infantiles chez les Mahou de la ville de Bouaké (RCI), 151

Lettres, Langues et Arts

Lettres modernes

12. AMELA D. (Togo)

La Déméninge, de Daniel Lawson-Body, une mixture de l'Amour Agape et Eros,161

13. ESSIS AKPA A. (Côte d'Ivoire)

Enjeux de l'épithétisation multiple dans la prose romanesque négro-africaine,171

Sciences de l'Homme et de la Société

Géographie

14. ZONDJI C. E. G. & BOKO M. (Bénin)

Dynamique démographique et offres de services de soins modernes dans la zone sanitaire Allada-Toffo-Zè (Bénin),183

15. MAPKONSE M. & HOUNSOU B. (Bénin)

Dynamique de la côte après la réalisation des épis, ouvrages de protection situés à l'est de l'épi de Siafato à Cotonou au sud-Bénin,203

Sciences de la Santé

16. DOSSIM S. & al (Togo)

Sensibilité des souches d'*Escherichia coli* isolées sur deux années (2009-2010) aux β -lactamines et quinolones au laboratoire de microbiologie du chu campus de Lomé,227

17. N'GUESSAN A. & al. (Côte d'Ivoire)

Formulation de microparticules et de gélules à base de *Sida acuta (malvaceae)* par spray drying237

18. AGBEKO F. & al. (Togo)

Morbimortalité hospitalière des préadolescents au Centre Hospitalier Régional de Lomé-Commune au Togo,245

19. SAMA H.D. & al. (Togo)

Prise en charge des urgences au service d'accueil des urgences chirurgicales du CHU Sylvanus Olympio de Lomé (Togo) : difficultés, solutions et perspectives,253

20. ANAYO K. N. & al. (Togo)

Maladie de Devic : à propos d'un cas rapporté au CHU-SO et revue de la littérature,261

21. KAKPOVI K. & al. (Togo)

Affections rhumatologiques du sujet âgé en consultation rhumatologique à Lomé (Togo),267

22. BAGNY A. & al. (Togo)

Connaissance et acceptation du vaccin contre l'hépatite B par les mères et statut vaccinal des mères à Lomé (Togo),275

23. KAKPOVI K. & al. (Togo)

Prévalence et facteurs de risque associés à la lombalgie chez le personnel hospitalier à Lomé (Togo),281

24. AMEDOME K. M. & al. (Togo) Résultats visuels et complications après chirurgie de la cataracte : cas de l'hôpital ophtalmologique Saint André de Tinré au nord-Bénin,	291
25. SABI K.A. & al (Togo) Syndrome néphrotique de l'adulte à propos de 39 cas suivis au service de néphrologie du CHU Sylvanus Olympio,	299
26. AMEDOME K. M. & al. (Togo) Atteintes oculaires en milieu professionnel à risque : cas des soudeurs de la ville de Cotonou au Bénin,	305
27. DOSSOUVI T. & al. (Togo) Fistule entérocutanée spontanée. A propos de trois cas,	313
28. SABI K.A. & al (Togo) Profil et facteurs de risques des dysthyroïdies chez l'hémodialysé chronique au Togo : étude multicentrique de 119 hémodialysés chroniques,	319
29. DOUTI N. & al, (Togo) Prise en charge des intoxications par envenimation chez les enfants âgés de 0 à 15 ans aux Centres Hospitaliers Préfectoraux de Kpalimé et de Danyi (Togo),	327
30. GUINHOUYA K.M. & al. (Togo) Les neuropathies périphériques associées à l'infection à VIH : aspects épidémiologiques et cliniques,	333
31. AGBEKO F. & al (Togo) Infection à VIH de l'enfant en milieu rural au Togo,	343
32. DOUTI N. al (Togo) Epidémiologie de l'intoxication par envenimation chez les enfants de 0-15 ans aux Centres Hospitaliers Préfectoraux de Kpalimé et de Danyi,	353
33. DOSSOUVI T. & al. (Togo) Méthode de Taylor dans la prise en charge de la perforation des ulcères gastroduodénaux : une étude prospective au Centre Hospitalier de Douai (France),	359
34. AGBA L. & al. (Togo) Cannabis et thrombose du sinus caverneux,	363
35. ADABRA K. & al. (Togo) Prise en charge et surveillance d'une exostose solitaire du fémur chez une fillette de 11 ans,	369
36. BISSAH H. & al. (Togo) Manifestations stomatologiques liées au VIH à Lomé,	379
37. FIAWOO M. & al. (Togo) Prévalence de l'infection à VIH chez les patients victimes d'un accident vasculaire cérébral au CHU Campus de Lomé,	385

38. GUINHOUYA KM. & <i>al.</i> (Togo) Le VIH chez le malade neurologique aux CHU de Lomé,	395
39. TCHAOU M. & <i>al.</i> (Togo) Etat des lieux du stockage et de l'archivage des examens d'imagerie médicale dans les deux centres hospitaliers de références de Lomé,	405
40. MOUMOUNI A.K. & <i>al.</i> (Togo) Abcès cérébral associé à une cardiopathie congénitale cyanogène. A propos de 3 cas,	413
41. BAGNY A. & <i>al.</i> (Togo) Coloscopie chez le sujet âgé de plus de 65 ans : indications, résultats au CHU campus de Lomé,	421
42. MANEH N. & <i>al.</i> (Togo) Chirurgie gratuite de la cataracte en stratégie avancée à Lomé (Togo) : quel gain visuel ?	425
43. ADABRA N. & <i>al.</i> (Togo) Prise en charge et surveillance d'une exostose solitaire du fémur chez une fillette de 11 ans,	433
Sciences des Activités Sportives	
44. TONON B.A. & <i>al.</i> (Bénin) Analyse du débit de filtration glomérulaire de repos chez des joueuses de sports collectifs au Bénin.....	439
45. ODJOUSSOU M. (Bénin) Unité théorique et pragmatique de l'Education Physique et Sportive (EPS) au Bénin : entre prescriptions formelles et rôle de la noosphère,	451
46. ABALOT E-J. & <i>al.</i> (Bénin) Les institutions sportives et les pouvoirs publics en Afrique Noire Francophone : les paradoxes d'un équilibre fragile et/ou inachevé des pouvoirs (1920-2010),	475
47. GAGLOZOUN A. & <i>al.</i> , (Bénin) La formation des cadres sportifs et les performances sportives au Bénin : de l'analyse de la question du retour sur investissement,	491
Sciences et Technologies	
Sciences de l'Ingénieur	
48. YOVOGAN J., AKOWANOU Ch. & DEGAN G. Transfert convectif dans les lits poreux fluidisés anisotropes et soumis à un champ magnétique transversal,	505

DYNAMIQUE DE LA CÔTE APRES LA REALISATION DES EPIS, OUVRAGES DE PROTECTION SITUES A L'EST DE L'EPI DE SIAFATO A COTONOU AU SUD-BENIN

DYNAMICS OF COAST AFTER THE ACHIEVEMENT OF THE BREAKWATERS, WORK OF THE PROTECTION LOCATED IN THE EST OF SIAFATO BREAKWATER IN COTONOU IN SOUTH-BENIN

MAKPONSE M.* et HOUNSOU B.*

Département de Géographie et Aménagement du Territoire/Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines/Université d'Abomey-Calavi (Bénin), Laboratoire de Biogéographie et d'Expertise Environnementale (LABEE)

(* Correspondance : E-mail : makpons18@yahoo.fr, hounsoubrice3@yahoo.fr

(Reçu le 26 Novembre 2016 ; Révisé le 08 Février 2017 ; Accepté le 14 Mars 2017)

RESUME

Partout dans le monde et comme à Cotonou au Bénin les milieux littoraux sont densément peuplés. Des facteurs naturels et anthropiques participent à l'érosion côtière. Les populations de Cotonou sont victimes de ce phénomène. La lutte contre ce fléau au Bénin s'est traduite par la mise en place des épis et autres ouvrages comme ceux situés à l'Est de l'épi de SIAFATO. L'étude vise à apprécier l'efficacité de ces ouvrages et leurs impacts.

Pour ce faire, plusieurs levés topographiques ont été faits de façon périodique. Ceux réalisés par des services techniques en 2009 et 2012 ont été exploités. Des observations directes sur le terrain et indirectes à base des photos aériennes de différentes années ont été faites. Un échantillon raisonné, un guide d'entretien et un questionnaire ont permis de recueillir des personnes interrogées ou entretenues des informations.

Cette méthodologie a permis de constater qu'avec un rythme moyen de 8,50 m/an avant la réalisation des épis, l'avancée des eaux a connu un frein après l'implantation des ouvrages, occasionnant une accréation notable. Cet engraissement ne s'est pas toujours observé de façon linéaire chaque année. En aval de l'épi 7, le taux de recul du trait de côte est compris entre 35 et 53 m/an si l'érosion se comportait de façon linéaire. L'avancée des eaux marines occasionne la dégradation des infrastructures sociocommunitaires, des centres d'activités économiques, des habitations riveraines, etc. Une analyse prospective de l'érosion côtière révèle la persistance des risques et menaces. Ainsi, quelle que soit la forme de lutte envisagée, elle engendra des avantages (freinage de l'avancée de la mer, équilibre dynamique entre les cellules, etc.) et des inconvénients (déficit de sédiments, forte érosion en aval du dernier épi, affectation de la morphologie de la côte, etc.).

Mots clés : Cotonou, Topographie, Protection côtière, Epi, Engraissement.

ABSTRACT

Coastal erosion at the east coast of Cotonou has created serious economic, social and cultural consequences, due to the very advanced degradation of the coast to the east of the SIAFATO headland. Over 500 m of land were swallowed by the sea since 1963. In order to curb this phenomenon, seven headlands were realized. The study aims to assess the effectiveness or not of coastal protection works made at the East of SIAFATO headland at Cotonou and their impacts. Several topographical surveys were executed periodically to assess the behavior of the ridge of the beach as fattening or erosion in each operations phases. The operation of the 2009 and 2012 survey data

was used to assess the rate of erosion before the construction of the headlands. The analysis of positions, cell by cell, presented by the various ridge lines was made in order to draw the conclusions resulting from the functioning of the headlands. The results showed that an average of 8.50 m/year before the completion of the headlands, the advancing sea has been a brake after implantation, causing significant accretion. This feeder is not always observed linearly each year. Downstream of the headland 7, the evaluation of the erosion rate of the coast line shows that it is between 35 and 53 m/year if erosion in this part behaves linearly. This result shows the danger to which local populations are exposed, infrastructure, centers of economic activities, etc. A prospective analysis of the damages being caused to the National Inter-State Road n°1 of erosion was also discussed if nothing is done by 2051 at the latest and if the erosion in that part will linearly. Thus, whatever the form of planned fight, it generates advantages (brake the advance of the sea, dynamic balance between cells, etc.) and disadvantages (downstream sediment deficit of the last headland, strong erosion downstream of the last headland, assignment of the morphology of the coast, etc.).

Keywords: Cotonou, coastal erosion, ridgeline, headland, cell, fattening.

INTRODUCTION ET JUSTIFICATION DU SUJET

Le littoral est un espace complexe occupant une place particulière dans la dynamique des territoires. Interface entre terre et mer, nature et société, il regroupe de multiples usages, ce qui pose de nombreux problèmes de coordination des politiques publiques. Outre leur caractère patrimonial, les côtes sont la scène de processus naturels qui leur confèrent une mobilité parfois aggravée par les aménagements de l'homme (Hénichart, 2007). Le littoral est le domaine géomorphologique compris, au sens strict, entre les plus hautes et les plus basses mers, mais en fait étendu à l'espace influencé par les forces marines agissant au contact du continent. D'après Baulig (1993), il comprend la côte qui est la bande de terre confinant à la mer et qui, vue du large, présente un certain relief développé horizontalement. Cette bande ne subit qu'indirectement l'influence des actions marines ; ensuite le rivage, qui est le domaine terrestre et intertidal bordant la mer, soumis directement aux actions marines. La géographie du trait de côte évolue rapidement à cause de l'érosion côtière. Ce phénomène n'est pas récent mais il s'est accru au cours des dernières décennies. L'érosion, datant depuis la moitié du 20^e siècle, a évolué à un rythme régulier (Blivi, 2001). Une bande de plus de cinq cent mètres du littoral béninois sont déjà emportés par l'érosion (OTD, 2005). L'avancée des installations humaines vers la mer se heurte alors au recul progressif du trait

de côte vers les terres. Ce phénomène de convergence est à l'origine des risques associés à l'érosion côtière et impose une gestion adaptée. Le livre blanc de l'ABE (Agence Béninoise pour l'Environnement), publié en septembre 1999 précise que la zone côtière au Bénin, fait l'objet de grande convoitise des terres, des plans d'eau et des ressources biologiques. La dégradation du milieu physique a atteint un seuil d'agression et de recul de biodiversité qu'il est temps que des mesures adéquates soient prises pour en réhabiliter la valeur écologique dans la mesure du possible et dans l'intérêt des générations futures. Aussi, paradoxale que cela puisse paraître à nos yeux, l'avancée de la mer vers la terre ferme se déroule avec une célérité que la menace dissimulée ne saurait réellement donner de répit aux habitants et aux occupants, tant de leurs personnes et de leurs biens, de cette zone. En effet, avec les rythmes d'avancée de la mer de dix (10) mètres au moins par an, le sinistre sera bientôt à nos portes (OTD, 2005). L'enjeu de gestion, aujourd'hui, est de protéger cet espace fragile, vulnérable et menacé en mettant en place un système de gestion durable s'inscrivant dans un processus de Gestion Intégrée des Zones Côtières (comme le cas en France). Dans la dynamique de la protection des côtes béninoises, des ouvrages de protection de type épi ont été construits à l'Est de l'épi SIAFATO à Cotonou afin de stabiliser l'avancée de la mer. Dans le souci de montrer l'impact des ouvrages de protection réalisés le long de cette côte et leur importance, nous nous sommes proposés d'examiner le comportement de

ladite côte après réalisation des sept épis situés à l'Est de l'épi SIAFATO à Cotonou (Bénin) et d'en tirer les conclusions découlant des différentes analyses. La présente étude vise à montrer le comportement hydrodynamique et sédimentaire qui s'opère entre deux ouvrages de protection de type épi et par conséquent sur toute la zone d'impact du projet de construction desdits ouvrages.

1- Présentation du secteur d'étude

1-1-Milieu physique

1-1-1-Situation géographique du secteur d'étude

La zone objet de la présente étude concerne le littoral. Elle s'étend de la commune de Cotonou à celle de Sèmè-Podji. Il s'agit de deux circonscriptions administratives situées dans le Golfe de Guinée. Située dans l'hémisphère nord, entre les parallèles 6°21'30'' et 6°25'37'' latitude nord et les méridiens 2°20'04'' et 2°29'4'' longitude Est, la commune de Cotonou est au Sud-Est de la République du Bénin sur la côte Atlantique. Elle s'étend sur une superficie de 79 km² (IGN, 2000), soit environ 0,07 % de la superficie de la république du Bénin. La commune de Cotonou est limitée au Nord par le lac Nokoué et la commune de Sô-Ava, au Sud par l'océan Atlantique, à l'Est par la commune de Sèmè-Podji et à l'ouest par la commune d'Abomey-Calavi. Sur le plan administratif, la commune de Cotonou est assimilée au département du Littoral ce qui témoigne de son importance. Elle compte treize (13) arrondissements (Figure 1) subdivisés en quartiers de ville. La commune de Sèmè-Kpodji, située entre les parallèles 6°22' et 6°28' de latitude Nord et les méridiens 2°28' et 2°43' de longitude Est, est localisée dans le département de l'Ouémé, qui se trouve au Sud-est de la république du Bénin et confine au sud à la côte de l'océan Atlantique. Elle s'étend sur une superficie de 218 km² soit environ 0,19 % de la superficie de la République du Bénin (PDC, 2005). La commune de Sèmè-Podji est limitée au Nord par la commune de Porto-Novo, des Aguégus et celle d'Adjarra, au Sud par l'océan Atlantique, à l'Est par la république fédérale du Nigéria et à l'Ouest par la ville de Cotonou. Sur le plan administratif, la commune de

Sèmè-Kpodji compte six (6) arrondissements (Agblangandan, Ekpè, Aholouyèmè, Djèrègbé, Tohouè, Sèmè-Podji) subdivisés en 38 villages et quartiers de ville. Cotonou et Sèmè-Podji sont construits sur une plaine enclavée par plusieurs plans d'eau (l'océan Atlantique, la lagune de Porto-Novo et le lac Nokoué).

1-1-2- Relief, climat, sols et végétation

La plaine côtière représente l'une des quatre formes principales du relief béninois, qui s'étend sur un littoral long de 125 km et large en moyenne d'environ 4 km. Cette plaine est relativement basse et ne dépasse guère 10 m d'altitude et est composée d'un complexe de plusieurs cordons littoraux séparés par des bas-fonds marécageux et des lagunes (lagunes de Porto-Novo, de Ouidah et de Grand-Popo), (OTD, 2005). La zone d'étude se trouve sous l'influence d'un climat subéquatorial avec deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches (ASECNA, 2012). Les villes de Cotonou et de Sèmè-Podji appartiennent au bassin sédimentaire dit du "Bas Bénin" qui s'étend du Nigeria au Ghana. Le sol est formé à base de sédiments argilo-sableux datant de l'ère secondaire et d'alternance de niveaux calcaires et marneux du tertiaire. Ces sédiments sont recouverts sur l'ensemble des plateaux par de fines formations, sableuses ou argilo-sableuses, et souvent ferrugineuses du Continental Terminal. Le long de la côte, les formations prédominantes sont les sables fluvio-marins et déposés sous forme de cordons littoraux suivant les étapes du recul de l'océan Atlantique (CAPO, 2008). Sa végétation est dominée par la forêt claire aujourd'hui très anthropique.

1-1-3- Hydrologie marine et la bathymétrie

1-1-3-1- Marées

Les marées le long de la côte du Bénin sont de type semi-diurne. Elles sont caractérisées par la présence de deux eaux hautes et de deux eaux basses chaque jour avec des amplitudes presque égales se succédant à des intervalles de 12 heures 30 minutes. Les marées observées à Cotonou, à Keta, à Grand-Popo et à Lomé sont très semblables parce que les vagues de

marée dans cette région se propagent le long d'une direction perpendiculaire aux traits de côte du Bénin et du Ghana avec un léger décalage de phase et d'amplitude entre ces différentes localités. Les marées observées et prévues à Cotonou, à Kéta, et à Lomé sont comparées. Il a été démontré qu'une bonne corrélation existe entre ces marées. Selon le livre blanc de l'ABE (1999), la période des marées au Bénin est d'environ 12 heures. Les marnages extrêmes observés sont +1,95 m et - 0,20 m, mais l'amplitude se situe généralement autour d'un mètre, soit une marée de type micro-tidal (Davier, 1980) ; les effets de la marée sont d'autant plus importants que le marnage est élevé. Les courants de marée sont généralement faibles sur la côte. Par contre, ils ont un effet déterminant sur l'évolution des débouchés lagunaires.

1-1-3-2- Bathymétrie et sédimentologie

Les données sur l'estran et la shore face du littoral béninois sont anciennes et peu détaillées. La bathymétrie de l'ensemble shore face et plateau continental sont connus grâce aux relevés bathymétriques réalisés par le SHOM et aux sondages ultrasoniques effectués par le BCEOM (1974). Ces travaux montrent que la pente globale de la shoreface est inférieure à 1° (moins de 2 %) entre 0 et - 35 m et qu'entre -35 et - 45 m, on note une légère rupture de pente. Cette rupture de pente correspondrait d'après Sitarz (1960) à la limite entre la shoreface et le plateau continental. Ainsi, à partir des profondeurs voisines de -40 m commence le plateau continental, avec une pente régulière jusqu'aux profondeurs de -110 m où apparaît le talus continental (BCEOM, 1974). Sitarz (1960) a effectué des profils cross-shore à Ouidah et à Cotonou. Ces profils montrent l'existence d'une fosse et d'une barre sous-marine servant de limite entre l'estran et la shoreface. Par ailleurs, ces profils témoignent que la pente de la shoreface est d'abord de l'ordre de 3-4 % entre les profondeurs de -2 et -8 m, puis devient beaucoup plus douce au-delà (moins de 2 %).

1-1-3-3 Houles et Vagues

La direction et le régime des houles sont liés à des tempêtes dans l'Atlantique sud (Guilcher,

1957 ; Davier, 1980 ; Anthony, 1990) et, accessoirement à des vents du sud-ouest, surtout en saison humide (mai à septembre). Ils font apparaître deux saisons : l'une avec des houles de faibles hauteurs (0,5 à 1 m) d'octobre-novembre à mai-juin ; l'autre où, de juin à octobre, les hauteurs atteignent et dépassent 2 m. Les directions sont constantes et montrent une prédominance des directions S à SSW pour les premières houles, et SSW à SW pour les secondes (Rossi, 1989). On peut considérer que la houle, facteur essentiel du transport des sédiments sur le littoral béninois, a une période comprise entre 10 s et 15 s avec une fréquence maximale de 11 - 12 s. C'est pourquoi, la période allant d'octobre-novembre à mai-juin correspondant aux houles de faibles hauteurs est réputée « période favorable à l'implantation des épis ».

1-1-3-4 Dérive littorale

L'obliquité de la houle au déferlement par rapport au rivage varie entre 4° et 9° avec une moyenne autour du 6°-7°. Elle entraîne une dérive littorale ou courant côtier ou encore "rivière littorale" (entre la barre et l'estran) dirigée d'Ouest en Est, elle est responsable du transit littoral le long de la côte et draine 1.500.000 m³ de sable de Lomé à Cotonou (UEMOA, 2010). Le mouvement continu des vagues et l'absence de sédiments à drainer à l'est par la houle vont prédisposer la côte à l'érosion.

1-2-Milieu humain

Les 1^{er} et 4^{ème} arrondissements de Cotonou concernés et la commune de Sèmè-Podji comptent 209663 habitants (INSAE, 2002). Il y a un fort accroissement naturel, mais surtout une forte attraction qu'exerce la commune de Sèmè-Kpodji sur les migrants de Cotonou et de Porto-Novo. La population du secteur d'étude est jeune (63% de la population ont moins de 25 ans alors que celle âgée de plus de 55 ans ne représente que 5,16 %). Le secteur d'étude présente un environnement économique important. En effet, il est caractérisé en général par des activités industrielles, hôtelières, commerciales, artisanales, etc. Il y a dans cette zone les plus grandes industries de Cotonou : la brasserie (SOBEBRA), l'industrie de textile

Dynamique de la côte après la réalisation des épis, ouvrages de protection situés à l'est de l'épi de Siafato à Cotonou au sud-Bénin.

(SOBETEX), l'Industrie Béninoise des Corps Gras (IBCG), le siège de la SONAPRA, et autres. Le long de la plage, il existe d'importants équipements de tourisme et des loisirs comme l'Hôtel du lac, l'Eldorado Beach Club, le Motel restaurant «Morena plage», le restaurant allemand Nuer Biergarten, etc. Les

principales activités pratiquées sont la pêche, l'agriculture, l'extraction du sable et le commerce. La présente étude est circonscrite dans le 1^{er} et le 4^{ème} arrondissement de la commune de Cotonou et ceux d'Agblangandan et d'Ekpè de la commune de Sèmè-Podji (Figure 1).

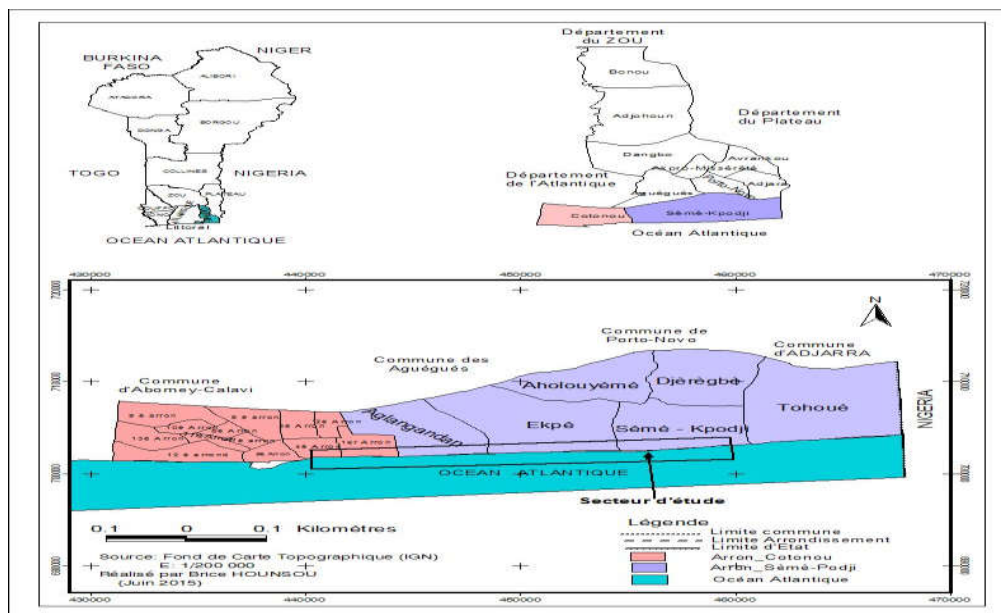


Figure 1 : Situation géographique des communes de Cotonou et de Sèmè-Podji

2-Approche méthodologique de recherche

La méthodologie utilisée dans le cadre de cette étude a pris en compte : la collecte des données, les outils de recherche, les matériels utilisés, l'échantillonnage, le traitement des données et le modèle d'analyse des résultats.

2-1- Collecte des données

2-1-1-Techniques de collecte des données

2-1-1-1-Recherche documentaire

Des ouvrages généraux et spécifiques existants sur le sujet ont été recensés et lus. Cette recherche a permis de faire le point des connaissances et d'élucider les concepts qui ont rapport au thème. Il s'agit des documents relatifs à l'étude de rentabilité économique dans le cadre du projet de lutte contre l'érosion côtière, des ouvrages portant sur les diverses études sur l'érosion côtière, le rapport des

experts, la déclaration de Dakar, le livre blanc de l'ABE portant sur l'inventaire et le diagnostic pour la préparation du schéma directeur d'aménagement du littoral, des mémoires et thèses qui traitent de l'érosion côtière. Au Bénin plusieurs centres de documentation et bibliothèques comme ceux de l'Ecole Supérieure des Ingénieurs-Géomètres et Topographes (ESIGT), de l'Institut Géographique National (IGN), du Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme (MEHU), des universités, de l'Institut National de Statistiques et d'Analyse Economique (INSAE), du Port Autonome de Cotonou (PAC) ont permis de collecter des données. En outre certains sites et moteurs de recherche comme www.google.fr - www.yahoo.fr - www.google.earth - [www.google Mapp](http://www.google.com/maps) ont été explorés.

2-1-1-2- Techniques d'enquête de terrain

Des entretiens, interviews et entrevues ont été faits avec des riverains, des usagers de la côte, des pêcheurs, des responsables de la DLEC, des chercheurs de l'IRHOB (les océanographes), certains cadres techniques des structures (ROCHE ITE, bureau d'études ECCO-GC et du Cabinet BEST, associés du bureau ROCHE) en charge du contrôle et de la réalisation des épis, des agents du port autonome de Cotonou, des personnes ressources, des autorités politico-administratives. Un sondage a permis d'avoir leurs perceptions liées à la question de lutte contre l'érosion côtière au Bénin. Cinq focus group ont été installés à raison d'un par quartier : Donaten, Finagnon, Tokplégbé, PK 10 Marina et Sèyivè. Des observations directes sont portées sur l'environnement du rivage de l'océan Atlantique du secteur d'étude. Ensuite des observations indirectes sont réalisées à partir des documents existants : plan de lotissement ; les images Google earth comparées à d'autres cartes plus anciennes telle que la carte du Dahomey de la région de Porto-Novo datant de 1962-63 établie par l'IGN France. Ceci a permis d'apprécier l'ampleur du phénomène actualisé sur Google earth. Des prises de vue in situ ont été également effectuées et des mesures réalisées.

2-1-1-3- Outils de collecte des données

Plusieurs outils ont servi à la collecte des données. Il s'agit notamment des questionnaires, d'un guide d'entretien et d'une grille d'observation.

2-1-1-4-Matériels de collecte de données

Les matériels utilisés sont notamment, une station totale Wild TC 1610 N°371464 de marque Léica munie d'une embase et d'un carnet électronique avec ses accessoires ; un GPS bifréquence en mode statique à temps réel de marque Léica, avec ses accessoires ; une chaîne de ruban d'acier de 50 mètres ; une cinquantaine de piquets en fer ; une canne coulissante portant un réflecteur ; une paire de fils à plomb ; un carnet de terrain pour la prise de notes et un appareil photo numérique pour la prise des vues.

2-1-1-5-Mesures sur le terrain

Des mesures topographiques sont effectuées et ont permis de prendre connaissance du terrain et d'élaborer des documents relatifs à la réalisation des épis. Les points du canevas utilisé sont des bornes géodésiques de contrôle mises en place par l'IGN et le Consultant ROCHE. Le contrôle technique et de conformité du canevas existant est réalisé au fur et à mesure. Les éléments spécifiques sélectionnés tels que la ligne de crête, les bâtiments en état de dégradation sous l'effet de l'érosion, les constructions en état, les conduites d'eau vers la mer, etc., situés aux environs immédiats de la plage ainsi que la position de tous les épis après leur implantation ont été levés à l'aide de la station totale Wild TC 1610 et contrôlés au GPS bifréquence à partir des points du canevas existant.

2-1-1-5-1 Méthode utilisée à l'aide de la station totale

La méthode combinée d'angle et de distance a permis de localiser les éléments à lever dans le système national. Le mode opératoire utilisé est le mode goniométrique. L'ensemble des travaux a été rattaché au système géodésique WGS 84, UTM 31 NORD et au réseau général de nivellement du Bénin. Cette méthode de levé topographique a été utilisée au cours des deux premières phases de collecte de données sur la ligne de crête.

2-1-1-5-2- Levés des détails

Le mode de levé ici utilisé est la tachéométrie qui consiste à lever simultanément le canevas et les détails, en planimétrie comme en altimétrie, avec un même instrument appelé "tachéomètre" (Milles et Lagofun, 1999). La station totale dispose d'un carnet électronique permettant le stockage des données recueillies sur le terrain. Elle généralise le rayonnement en planimétrie et le nivellement indirect en altimétrie. Mais compte tenu de la durée effectuée lors des travaux de terrain des deux premières phases, et de certains écarts constatés au cours du traitement des données, certains travaux déjà effectués par un GPS bifréquence en mode statique à temps réel lors

des troisième et quatrième phases de levé topographique ont été repris.

2-1-1-5-3- Méthode utilisée à l'aide du GPS bifréquence

Lors de la mission topographique de Septembre 2015, c'est le GPS différentiel qui a été utilisé afin de recueillir rapidement les données. Il est constitué d'une base et d'un mobile. Lorsque la base est stationnée au sol, le GPS a une couverture spatiale de rayon d'environ 2,5 kilomètres. Du fait de la couverture spatiale qu'imposait cet instrument, trois points d'appui ont été utilisés. Il s'agit des bornes de 2^{ème} et 3^{ème} Ordre : S01 situé à la plage de l'hôtel beach EL DORADO, IGN014 implantée dans l'enceinte du domaine abritant les villas CEN-SAD (ex champ de tir) et la borne IGN030 implantée au nord-ouest de l'épi 7. Les points d'appui utilisés sont ceux du système géodésique du canevas existant. Pour l'efficacité des techniques et outils de collecte des données choisis un échantillon a été constitué.

2-1-1-6- Echantillonnage

La technique de choix raisonné a permis de constituer un échantillon. Il est composé des personnes qui sont parties prenantes de la présente étude. Cent (100) personnes ont été choisies par quartier, soit un échantillon de 500 personnes cibles dans les cinq quartiers.

2-2-Traitements des données

Le prétraitement a consisté à l'inventaire des données qui existent et qui ont été utilisées pour la mise en place des épis de la zone d'étude choisie (côté Est de l'épi de SIAFATO) afin de faire une étude diachronique. Les données recueillies ont été classées par thématiques. Elles sont traitées à partir des logiciels de transfert de données qui ont permis de transférer les données de la station totale et du GPS à l'ordinateur. Le logiciel tableur Excel version 2010 a permis de faire le calcul de la distance moyenne entre deux traits de côte, des écarts-types et d'autres calculs connexes. Le logiciel Covadis a permis

de traduire les données TxT du terrain en coordonnées rectangulaires qui ont été transférées par la suite au logiciel Autocad qui a permis le dessin jusqu'à l'aboutissement du plan graphique. Enfin, les logiciels Erdas Imagine 9.3.2, Arc GIS et Arc View 3.2a ont été utilisés pour le traitement d'images. Dans le but de vérifier le taux annuel d'érosion, les lignes de crête des années 2009 et 2012 (date de démarrage effectif des travaux) ont été utilisées. Pour retenir une distance qui sépare deux lignes de crête, il a été procédé au calcul de la moyenne arithmétique de toutes les distances mesurées. A cet effet, le principe de topométrie appliquée au mesurage indirect a été utilisé. Il s'agit du théorème des erreurs accidentelles des mesures indirectes développé dans la théorie des probabilités par Brabant (2000). Le théorème de la moyenne arithmétique suivante a permis de déterminer la valeur la plus probable de la distance mesurée entre deux lignes de crête. Soit :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

avec x_i = distance mesurée entre deux lignes de crête et n le nombre de fois que cette distance a été mesurée. La formule mathématique de l'écart type, indice caractérisant la dispersion autour de la moyenne des résultats obtenus dans une série de n mesurages de la même valeur de la distance mesurée

est
$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{\sqrt{n-1}}$$
 . L'écart

type de la moyenne arithmétique a permis de vérifier la précision des distances moyennes calculées.

$$\sigma_{moy} = \frac{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2}}{3}$$

Après calcul et report, les résultats des différentes phases de levés obtenus sont dressés.

3- RESULTATS ET DISCUSSION

3-1- Erosion et protection des côtes béninoises

3-1-1- Erosion côtière au Bénin

3-1-1-1- Causes générales de l'érosion côtière

Le littoral béninois s'inscrit dans l'ensemble côtier Ouest-africain caractérisé par un faible cordon de sables grossiers et moyens, et par un fort transit littoral, ce qui en fait une côte essentiellement fragile. Les causes de l'érosion côtière peuvent se résumer à la remontée actuelle du niveau marin affûtant l'ensemble de la côte Ouest-africaine (mesures effectuées au Sénégal et au Cameroun). Ensuite, il y a les fortes températures saisonnières qui sont une cause spatiale et temporellement ponctuelle, mais génératrices d'effets très catastrophiques, notamment sur des secteurs de côte en équilibre dynamique. La côte du golfe de Guinée, depuis le pôle d'apport de la Volta jusqu'au Nigéria, constitue un géosystème dont la stabilité morpho-dynamique a été bouleversée par une série d'aménagements : le barrage d'Akossombo sur la Volta au Ghana, les ports de Lomé et de Cotonou, le barrage de Nangbéto sur le fleuve Mono. Cette côte est longée par une puissante dérive littorale dont la capacité de transport est évaluée entre 1,2 et 1,5 million de m³/an (UEMOA, 2010). La diminution des apports de la Volta et du fleuve Mono ainsi que le blocage du transit sédimentaire par les ports ont eu pour conséquence une érosion très rapide des plages détruisant au Ghana, une partie de la ville de Keta et, menaçant au Togo, des infrastructures économiques vitales pour le pays (Rossi, 1989).

3-1-1-2- Causes spécifiques de l'érosion côtière au Bénin

Les causes spécifiques du phénomène au Bénin sont multiples. Il y a d'une part la diminution des apports sédimentaires en provenance du Togo suite à la protection du littoral à Kpémé et à Aného, la diminution du rôle stabilisant de plage joué par le "beach-rock". Celles-ci ont engendré entre 1985 et 1991 depuis Hilla-Condji jusqu'à Agoué (au Bénin) un déficit sédimentaire important. La

mise en œuvre du barrage de Nangbéto crée sur la côte un déficit d'apports fluviaux d'environ 100.000 m³ de sable retenus en amont (UEMOA, 2011). Les forts courants de chasse provoqués par les eaux de lâchage du barrage en période de crue explique l'ampleur actuelle de l'érosion à l'embouchure du Mono et ses environs depuis 1990. Les carrières de sable ouvertes le long du littoral, en particulier à l'Est du Port de Cotonou, provoquent une "saignée" annuelle de plus de 1 million m³ de sable au niveau de Sèmè depuis la fermeture des carrières de Jacquot à l'Ouest du Port. L'arrêt du transit littoral par la digue de protection du Port de Cotonou et par les ouvrages de protection mis en place en même temps que le Port explique l'accélération de l'érosion à l'Est de Cotonou. Dans ce processus d'érosion côtière au Bénin, le cas de la ville de Grand-Popo (Bénin) apparaît bien spécifique et constitue encore une énigme. Le littoral à cet endroit subit périodiquement d'importantes fluctuations.

Selon Hubert (1987), cette ville a été presque entièrement détruite par une érosion dont les premières observations remontent au début du siècle (1908), qu'entre 1892 et 1900 il y a eu un recul de la mer de 20 mètres et entre 1900 et 1905, une avancée de 7 mètres. En 1922 et 1944, cette ville a connu de violents et brusques envahissements du littoral par la mer qui ont provoqué les premières destructions. Depuis cette période, la mer a avancé continuellement jusqu'en 1982, année à partir de laquelle on a observé un engraissement sensible du trait de côte (70 à 80 m sur une longueur de côte d'environ 8 à 9 km que viennent perturber des fluctuations saisonnières parfois très importantes.

3-1-1-2-Manifestations et conséquences de l'érosion côtière au Bénin

L'avancée de la mer se fait ressentir par les habitants du littoral. Des quartiers entiers sont menacés par des flots d'eau et de nombreuses maisons ont déjà été englouties. En 2005, le Laboratoire DEFT de Grenoble (France) a publié une étude selon laquelle, "si rien n'est fait avant 2025, la côte reculera de 950 m par rapport à 1963, entraînant la disparition du

Dynamique de la côte après la réalisation des épis, ouvrages de protection situés à l'est de l'épi de Siafato à Cotonou au sud-Bénin.

quartier des ambassades". La même étude prédit que l'autoroute qui va de Porto-Novo à Lagos pourrait-elle aussi disparaître ainsi que la quasi-totalité des quartiers de Cotonou (CAPO, 2005). Au rythme moyen de 8 m par

an, des rangées entières de maisons ont déjà disparu. Le long de la plage se trouvent encore, des palplanches et autres débris de murs qui témoignent de la rapidité et de l'importance du phénomène (photos 1 et 2).

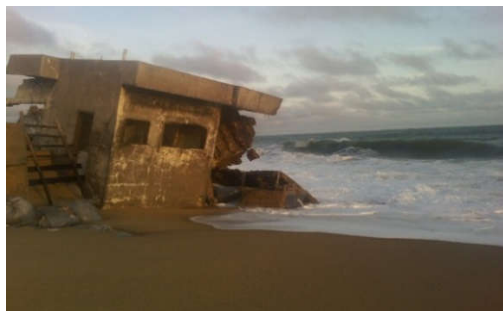


Photo 1 : Habitation abandonnée pour cause d'érosion
Prise de vue : MAKPONSE, Septembre 2015



Photo 2 : Bâtiment sous la menace de l'érosion à l'est de l'épi 1
Prise de vue : HOUNSOU, Septembre 2015

Sur les divers types de ports pouvant être construits en 1962 à Cotonou, notamment : le port filot, le port à transit artificiel du sable ou le port à accumulation de sable ; c'est le dernier type de port qui avait finalement été retenu pour des raisons économiques. Il devait comprendre un ouvrage d'arrêt de sable pour interrompre le transit et stocker le sable à l'Ouest du port. Cette étude sur modèle avait aussi permis de se rendre compte de l'avancée

du rivage à l'Ouest du port, ainsi que de l'érosion provoquée à l'Est par l'arrêt de ce transit, menaçant en conséquence la ville de Cotonou. Il s'est développé une très forte érosion à partir du point dénommé « la Crique de Cotonou » situé à l'Est de l'épi SIAFATO. A partir de ce point, plus de 500 m de largeur de bande de terre ont été perdus depuis 1963 (Figure 2) (OTD, 2005).

Figure 2 : Evolution de l'érosion côtière de 1961 à 2002 à l'Est de l'épi de Siafato
Source : OTD, *Restitution de l'imagerie satellite du rapport IPD*, 2005.

Avec la mise en valeur du foncier, à partir des années quatre-vingt (80), de cette partie du littoral, notamment avec la création de nouvelles infrastructures socio-économiques (Eldorado Beach, Cité vie nouvelle, Zone des Ambassades, hôtel Palm Beach, etc.), les

pouvoirs publics ont engagé une démarche de protection de cette zone. Plusieurs interventions techniques ont été effectuées. La figure 3 ci-dessous montre le taux moyen d'érosion côtière.

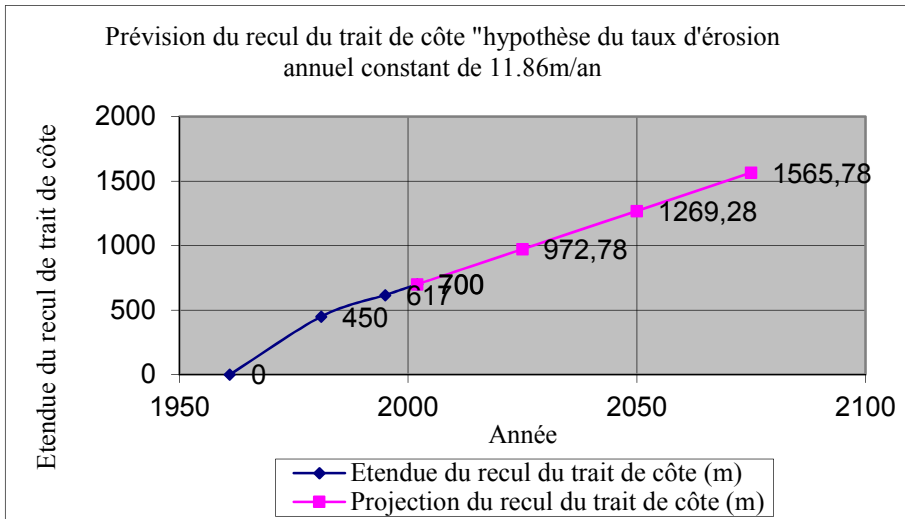


Figure 3 : Prévision du recul du trait de côte
Source : OTD, 2005.

Le rapport IPD a recommandé la mise en œuvre d'un dispositif de protection approuvé par le gouvernement béninois. Au regard de ces prévisions et des réactions répétées des populations du littoral, il était urgent de rechercher une solution pour pallier cette catastrophe. Après plusieurs études techniques notamment celles de la *Mission des Nations Unies en 1979, étude NEDECO en 1981-1983, Sogreah-Delft en 1990-1991, WESPRO et IPD entre 2001 et 2003 et de l'IPD / Baird, Rapport final du design et les spécifications techniques de la section études/conception*, mars 2003, la question de choisir ou non entre diverses variantes du projet a déjà été résolue. Il y a diverses techniques de protection de la côte pour aboutir au choix opéré.

3-1-2- Protection de la côte béninoise

3-1-2-1-Techniques de protection de la côte

Les mesures de protection contre l'avancée de la mer font généralement appel à deux techniques : les techniques dites souples et les

techniques dites dures. Les techniques dites souples sont conçues pour travailler avec la nature en intégrant la dynamique naturelle du littoral et la mobilité du trait de côte. Il s'agit des rechargements de plage ou d'avant-plage. Les techniques dites dures sont affiliées à celles impliquant la construction ou la mise en place d'ouvrages solides dont l'action est de maintenir le trait de côte ou de modifier l'évolution de sa configuration géométrique. On distingue généralement 3 types d'ouvrages en enrochement : les ouvrages longitudinaux (photos 3 et 4), les ouvrages transversaux (photos 3 et 4) et les jetées. Il existe deux types d'ouvrages longitudinaux : ceux de haut de plage et les autres de bas de plage. Bien que les ouvrages soient destinés à assurer une protection contre la mer, leurs modes d'action sont différents et certains d'entre eux peuvent également remplir d'autres rôles (*ouvrages de défense, ouvrages de soutènement et les revêtements*).

Dynamique de la côte après la réalisation des épis, ouvrages de protection situés à l'est de l'épi de Siafato à Cotonou au sud-Bénin.



Photo 3 : Brise-lames Chabot, 2011

Source : www.bing.com/images/search?q=bris



Photo 4 : Brise-lames, Ferrer, 2011

Les ouvrages transversaux, dénommés épis (Potos 5 et 6), ont pour objet d'arrêter, au moins partiellement, le débit solide et sont généralement mis en œuvre lorsque les mouvements sédimentaires prédominants sont

parallèles à la côte. Bien que l'interaction entre les phénomènes côtiers et un épi ou un système d'épis soit mal connue, quelques principes de base peuvent toutefois être retenus en ce qui concerne leur fonctionnement.



Photo 5 : Epi 1 (prise regard vers le sud)
Prise de vue : MAKPONSE, juillet 2015

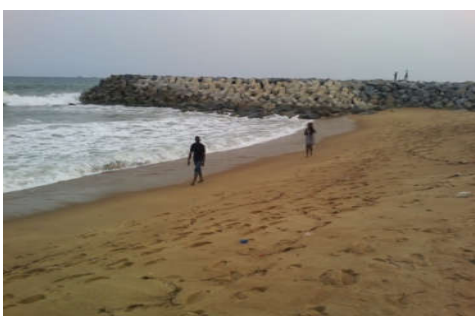


Photo 6 : Epi 4 (prise regard vers l'ouest)
Prise de vue : HOUNSOU, juillet 2015

Ces photos présentent des épis construits et soutenus par des pierres auto-bloquant faites avec les X-blocs confectionnés et ayant les mêmes caractéristiques qu'une pierre de masse 10 tonnes. Des épis ne peuvent être utilisés que pour arrêter le transport littoral. Ils n'interrompent pas le transport dans le profil et n'attirent pas, sur une zone, du sable qui autrement n'y serait pas passé (Samat, 2007). En tout état de cause l'espacement entre deux épis consécutifs doit être égal à deux ou trois fois la longueur de la partie de l'épi comprise entre la crête de la berme et l'extrémité de

l'ouvrage côté mer (Samat, 2007). Les jetées implantées au débouché en mer de fleuves ou de passes, peuvent servir de guidage des courants de marée et des courants fluviaux et de façon à modifier le champ de courants dans un sens donné, dans le but de limiter les dépôts dans un chenal, d'arrêt direct du transport par constitution d'un obstacle à la progression des sédiments analogues à un épi, d'amélioration du champ pour la navigation, notamment par suppression de courants traversiers et de stabilisation de la position d'une passe, qui, en leur absence, se déplacerait le long du littoral.

Les digues, quelles que soient les fonctions qui leur sont attribuées (guidage des courants, protection contre l'agitation de la houle, stabilisation d'une passe), jouent généralement le même rôle qu'un épi : engraissement sur la face amont et érosion à l'aval. Les volumes mis en jeu dépendent de la longueur de l'ouvrage, de la profondeur d'eau et de son orientation. Vu les caractéristiques physiques du littoral béninois, l'un des trois types d'enrochements a été mis en place.

3-1-2-2- Choix du mode de protection de la côte à l'Est de l'épi SIAFATO

Pour protéger la côte à l'Est de l'épi SIAFATO, ce sont les brise-lames ou les épis qui se révèlent plus adaptés (ABE, 2007) compte tenu des causes de l'érosion. On distingue les épis perpendiculaires à la côte, soit en enrochement, soit en gabions, soit en palplanches métalliques, soit en bois, béton, etc. Ils sont les principaux ouvrages maritimes en enrochement utilisés sur les littoraux sableux. Etant donné que le littoral béninois est sableux, la protection de la côte à l'Est de l'épi SIAFATO a été faite par l'enrochement de type épis. Un épi est constitué d'une racine ; d'un corps, de la zone de transition et d'un

musoir. Pour la zone objet de la présente étude, on distingue deux lots : le premier lot est constitué des épis 5, 6 et 7 et le deuxième lot prend en compte les épis 0 (épi SIAFATO) à 4. Les pierres utilisées pour la réalisation des épis du lot 2 sont majoritairement des X-blocs et celles utilisées pour la réalisation du lot n°1 sont des granites provenant de la carrière de Dan et de Sèto.

3-1-2-3- Fonctionnement des ouvrages réalisés

Les épis de protection contre l'érosion côtière auront pour fonction fondamentale de protéger la partie de la côte située en amont du sens du transit littoral. Dans le cas du Bénin, ce transit s'effectuant d'Ouest en Est, les épis à construire protégeront la partie de la côte située à l'Ouest des ouvrages. En cas de séries d'épis, comme recommandé dans l'actuel projet, un équilibre dynamique est atteint dans chaque casier au bout d'un certain temps. Avant que cet équilibre ne soit atteint, la ligne de rivage pivote entre les deux points durs constitués par les deux épis qui délimitent le casier, le trait de côte tendant à devenir orthogonal à l'orientation de la crête des vagues (Figure 4).

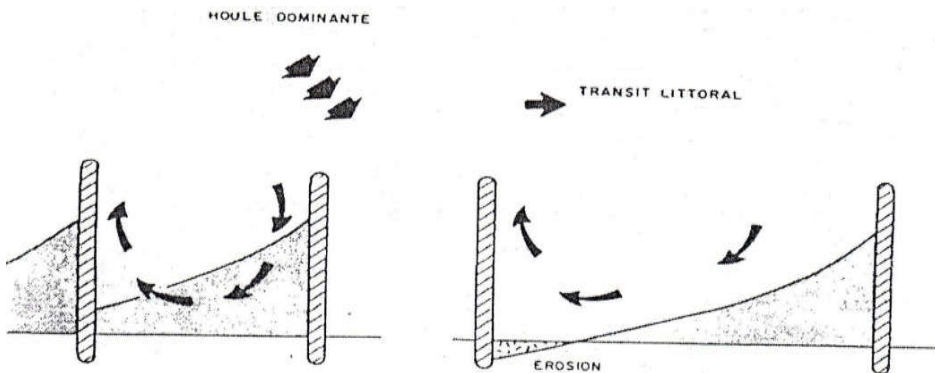


Figure 4 : Principe de fonctionnement des épis
Source : LHG Consultants, 2004.

Ainsi, on assiste à une érosion à l'enracinement aval de l'épi situé à l'amont du transit (érosion à l'enracinement Est de l'épi limitant le casier à l'Ouest dans le cas du littoral béninois) et à un engraissement à l'enracinement amont de l'épi situé à l'aval. Il faut s'attendre alors à des érosions dans le casier avant l'établissement de l'équilibre dynamique. La position des ouvrages doit tenir compte de ce phénomène, afin que des infrastructures importantes ne se situent immédiatement à l'Est du dernier épi. Par ailleurs la protection du littoral par des épis reporte le phénomène d'érosion sur le segment du littoral situé en aval par rapport au sens du transit littoral du dispositif de protection. La côte, à l'Est du dernier épi du dispositif du présent projet, va donc s'éroder de manière intense après la mise en œuvre des ouvrages, d'où un ancrage plus important à terre pour cet épi a été prévu. La comparaison des variations du rivage autour des ouvrages de protection a permis d'obtenir deux types de résultats. Le premier, porte sur la comparaison des variations du rivage avant et après l'implantation de ces ouvrages et le deuxième sur l'étude des caractéristiques de l'érosion en aval, dérive sa relation avec le fonctionnement du dernier ouvrage (épi 7) et de l'intensité du transport longitudinal. La détermination de la position du trait de côte demeure cependant un

exercice difficile, car elle peut être établie à partir de critères différents qui peuvent être d'ordre morphologique, hydrographique ou même biologique (Stephan & Suanez, 2004 ; Boak & Turner, 2005 ; Bretel et al., 2013).

3-2-Variations du rivage avant l'implantation des ouvrages à l'est de l'épi SIAFATO

Afin de comparer le taux de régression de l'érosion côtière après implantation des épis au taux annuel d'érosion de 11.86 m/an tel qu'énoncé plus haut (*Restitution de l'imagerie satellite du rapport IPD*, p 76) dans ladite zone, il fallait d'abord vérifier dans un premier temps, le taux annuel d'érosion et dans un second temps, évaluer le taux de régression de l'érosion. Ce sont les lignes de crête des années 2009 et 2012 qui ont été utilisées. Pour y parvenir, il a été associé à ce déplacement, le théorème des erreurs accidentelles des mesures indirectes développé dans la théorie des probabilités par Brabant (2000). C'est cette méthode qui a permis de faire la présente estimation. Ensuite, un taux de confiance du résultat obtenu a été déterminé. Des mesures (allant du revêtement de la protection de l'hôtel Beach EL DORADO à l'Est de l'épi 7) ont donné des résultats dont voici quelques-uns (Tableau I).

MAKPONSE M. & HOUNSOU B.

Tableau I : Calcul du taux d'érosion annuel à l'Est de l'épi SIAFATO

N° d'ordre	Distance entre lignes (xi)	X (moyenne)	Vi= (Xi-Xmoy)	Vi²	N° d'ordre	Distance entre lignes (xi)	X (moyenne)	Vi= (Xi-Xmoy)	Vi²
1	16,14	25,5762651	-9,43626506	89,0430983	21	11,4	25,5762651	-14,1762651	200,966491
2	19,9	25,5762651	-5,67626506	32,219985	22	13,61	25,5762651	-11,9662651	143,191499
3	26,95	25,5762651	1,37373494	1,88714768	23	21,75	25,5762651	-3,82626506	14,6403043
4	31,36	25,5762651	5,78373494	33,4515899	24	16,54	25,5762651	-9,03626506	81,6540862
5	32,72	25,5762651	7,14373494	51,0329489	25	17,56	25,5762651	-8,01626506	64,2605055
6	31,4	25,5762651	5,82373494	33,9158886	26	23,65	25,5762651	-1,92626506	3,71049708
7	38,3	25,5762651	12,7237349	161,893431	27	22,14	25,5762651	-3,43626506	11,8079176
8	38,25	25,5762651	12,6737349	160,623557	28	24,13	25,5762651	-1,44626506	2,09168262
9	40,29	25,5762651	14,7137349	216,493996	29	23,79	25,5762651	-1,78626506	3,19074287
10	34,59	25,5762651	9,01373494	81,2474176	30	25,61	25,5762651	0,03373494	0,00113805

Source : Résultats des enquêtes de terrain, Septembre 2015

Ces valeurs obtenues permettent de conclure que l'érosion a évolué en moyenne d'une distance $X = 25.576$ m de 2009 à 2012. On en déduit que pendant une année, le taux moyen d'érosion est :

$$x = \frac{X}{s} = \frac{25.576}{3} = 8.525 \text{ m}$$
 soit environ

8,50 m/an. Ce résultat ne fait que confirmer l'hypothèse de CAPO (2008) selon laquelle "depuis 1963 plus de 400 m de terres ont été perdus, soit un rythme de plus de 8 m/an. Le même auteur confirme les résultats obtenus en 2005, par le Laboratoire DEFT de Grenoble (France) qui a publié une étude selon laquelle, "si rien n'est fait avant 2025, la côte reculera de 950 m par rapport à 1963, entraînant la disparition du quartier de la zone des ambassades. La même étude prévoit que la portion de la Route Nationale Inter Etat N°1 située à l'Est de l'épi SIAFATO et menant à Sèmè-Kraké, pourrait elle aussi disparaître ainsi que la quasi-totalité des quartiers de Cotonou situés à l'Est de ce même épi.

3-3- Comportement de la plage à partir des levés de la ligne de crête après implantation des épis à l'Est de l'épi de SIAFATO

3-3-1- Evolution de la plage entre les épis 0 et 7

Les résultats obtenus s'inscrivent dans deux phases. Pendant la première phase, il y a des observations à partir des levés de la ligne de crête entre septembre 2012 et mai 2015. Entre les cellules définies par deux épis consécutifs comme épi 0 et épi 1, il y a un engraissement sur 410 m (du revêtement de l'hôtel El Dorado jusqu'aux collecteurs), l'érosion à mi-parcours sur 586 m et engraissement sur 210 m à l'ouest de l'épi 1. Entre les épis 1 et 2, les lignes se sont entremêlées sur 208 m et après, il y a un fort engraissement qui a atteint 40 m en moyenne. Entre les épis 2 et 3, il est observé une érosion sur 558 m c'est-à-dire sur la moitié de la distance séparant les deux épis, un engraissement léger sur 400 m à l'ouest de l'épi 3 d'environ 10 m. Entre les épis 3 et 4 on observe une forte érosion sur 20 m environ sur une distance de 407 m à l'Est de l'épi 3, un engraissement d'environ 38 m sur une distance de 80 m (dû à la présence du navire "Alpine

Green" qui a échoué au sud du domaine de l'ex-champ de tir. Ce bateau joue un rôle stabilisant, ensuite une faible érosion de 8 m sur 400 m jusqu'à coïncidence des lignes. Entre les épis 4 et 5, il est noté un fort engraissement continu allant de 10 m à une forte érosion de 20 m environ sur une distance de 407 m à l'Est de l'épi 3, un engraissement d'environ 38 m sur une distance de 80 m (dû à la présence du navire "Alpine Green"), ensuite une faible érosion de 8 m sur 400 m jusqu'à coïncidence des lignes à l'Est de l'épi 4 pour atteindre 60 m à l'ouest de l'épi 5. Entre les épis 5 et 6, il y a à l'Est de l'épi 5, une érosion allant jusqu'à 30 m sur une distance de 605 m puis un engraissement remarquable de 0 à 57 m à l'ouest de l'épi 6. Entre les épis 6 et 7 se remarque à l'Est de l'épi 6, une érosion qui atteint un pic de 121 m et s'annule à 645 m. De ce point, il y a un engraissement sur une distance de 340 m qui atteint 51 m à l'ouest de l'épi 7. En aval de l'épi 7, il y a une forte érosion estimée à 67 m à l'Est immédiat de l'épi 7, atteint un pic de 111 m puis revient à 82 m. Dans la plupart des cellules, il y a plus d'accumulation de sable que d'érosion. L'engraissement noté dans chaque cellule témoigne du rôle stabilisateur qu'ont joué les épis, sauf qu'en aval de l'épi 7, l'érosion s'est observée à grand pas. Au cours de la seconde phase, dans les cellules définies par les épis 0 et 1, les deux lignes de crête sont sensiblement confondues où l'on note tantôt une accrétion, tantôt une érosion sur une distance de 167 m. De ce point, l'érosion observée sur 154 m s'arrête après le collecteur. Après le collecteur, il y a un engraissement sur 190 m allant de 0 à 8 m environ. Un léger engraissement est observé puis s'ensuit tantôt une érosion, tantôt un engraissement jusqu'à l'amont de l'épi 1. Entre les épis 1 et 2, en aval de l'épi 1 sur 566 m, l'érosion continue allant de 5 m à 13 m parfois jusqu'à s'annuler. Elle a été observée jusqu'à l'amont de l'épi 2. Entre les épis 2 et 3, l'engraissement est observé sur 186 m puis il y a une érosion jusqu'à l'amont de l'épi 3. De l'épi 3 à l'épi 4, l'érosion allant de 0 à 12 m est observée le long de la côte sur 255 m. De ce point situé au sud-ouest de la clôture de l'ex-champ de tir, les deux lignes ont tendance à se confondre au fur et à mesure qu'on se

rapproche du bateau "Alpine Green" échoué. Après quelques mètres de ce navire, on note une érosion jusqu'à l'amont de l'épi 4. Entre les épis 4 et 5, on note une légère érosion puis les deux lignes s'entremêlent jusqu'à 267 m. A partir de ce point, il y a une érosion jusqu'à l'amont de l'épi 5. Entre les épis 5 et 6, il y a un léger engraissement sur 230 m en aval de l'épi 5, ensuite un engraissement sur le reste de la cellule allant de 0 à 20 m en amont de l'épi 6. De l'épi 6 à l'épi 7, juste après le revêtement de protection en aval de l'épi 6, l'érosion continue jusqu'à l'épi 7 variant entre 2 m et 13 m. Enfin, entre les épis 6 et 7, l'érosion continue sur environ 6 m. D'une manière générale, les lignes de crête telles que levées ne présentent pas une allure à laquelle une fonction mathématique peut être associée. C'est la raison pour laquelle il n'est pas possible de définir un taux d'accrétion ou d'érosion observée, à l'intérieur de chaque cellule. Ce qui rassure, c'est que l'érosion entre l'épi SIAFATO et l'épi 7 a été stabilisée au vue des résultats ci-dessus énumérés. Il revient que la présence des épis a énormément influé le rythme de l'avancée de la mer.

3-3-2-Evolution du littoral à l'Est (amont) de l'épi 7

Le mode de fonctionnement des épis (engraissement à l'amont et érosion à l'aval), explique le freinage de l'avancée de la mer dans les différentes cellules et la dégradation à l'aval de l'épi 7. En effet, l'absence d'ouvrage de protection de la côte à l'Est de l'épi 7 engendre une mobilité accrue des vagues qui dans leurs mouvements ondulatoires ne se heurtent à aucune embûche durant leur parcours. Ainsi, après la décharge des sédiments à l'ouest de cet épi, on assiste à l'Est à une érosion continue et vertigineuse. Ce phénomène confirme l'hypothèse de l'UEMOA selon laquelle le problème de

l'érosion après réalisation des ouvrages de protection de la côte est alors seulement déplacé (UEMOA, 2010). En conséquence, l'observation des lignes de crête obtenues dans les années 2009, 2012 (date de démarrage des travaux de construction des épis), 2013, et 2014 renseigne que l'érosion s'est accentuée dans cette zone, créant ainsi des dégâts et de dommages : habitations englouties, superficies des parcs de vente de véhicules d'occasion réduites quotidiennement, des infrastructures socio-communautaires fortement menacées, etc. La thèse selon laquelle : « Les structures de protection des accès portuaires perturbent la migration naturelle des sédiments du transit littoral, modifient le comportement des rivages adjacents, en particulier quand la charge solide déplacée le long d'une côte est importante et qu'il n'y a pas d'inversion périodique du sens du transfert » (Tanaka, 1983, in CIEO, 1989) se confirme. Des atterrissements se forment contre les ouvrages qui arrêtent le courant, tandis que les secteurs situés au-delà de ces obstacles dégraissent et reculent, car ils sont privés d'apports sédimentaires.

3-3-3- Estimation du taux d'avancement d'érosion en aval (ouest) de l'épi 7

Le taux d'érosion annuel avant la construction des épis entre 2009 et 2012 est d'environ 8.50 m/an. Pour connaître ce taux en aval de l'épi 7 après sa construction, c'est la ligne de crête levée en aval de l'épi 7 depuis sa construction en janvier 2013, celles de 2014 puis de de 2015 qui sont considérées. Des calculs opérés ont donné des résultats (Tableaux II ; III ; IV et V). Avec les lignes de crête entre les mois de janvier 2013 et décembre 2014, le taux d'érosion \bar{X}_1 estimé est de l'ordre de 112 m avec un taux de confiance $\sigma_1 = \pm 15.35$ m (Tableau II).

Dynamique de la côte après la réalisation des épis, ouvrages de protection situés à l'est de l'épi de Siafato à Cotonou au sud-Bénin.

Tableau II : Calcul du taux d'érosion de janvier 2013 à Décembre 2014

Distance entre lignes (x_i , m)	\bar{x}_1 (m)	$v_i = (X_i - \bar{x}_1)$	v_i^2 (m)
75.56	112.193077	-36.633077	1341.98233
100.82	112.193077	-11.373077	129.34688
100.82	112.193077	-11.373077	129.34688
114.83	112.193077	2.636923	6.95336291
123.42	112.193077	11.226923	126.0438
128.14	112.193077	15.946923	254.304353
129.76	112.193077	17.566923	308.596784
126.77	112.193077	14.576923	212.486684
121.75	112.193077	9.556923	91.3347772
118.51	112.193077	6.316923	39.9035162
112.15	112.193077	-0.043077	0.00185563
105.92	112.193077	-6.273077	39.351495
100.06	112.193077	-12.133077	147.211557
$\sum v_i = 1458.51$		$\sum v_i = -1E-06$	$\sum v_i^2 = 2826.86428$
$\bar{x}_1 = 112.193077$			$\sigma_1 = \pm 15,3483557$

Source : Travaux de terrain, Septembre 2015

Entre les mois de juillet 2013 et juillet 2015, le taux d'érosion \bar{x}_2 estimé est de l'ordre de 96.35m avec un taux de confiance $\sigma_1 = \pm$

13.63 m (Tableau III). Ces valeurs sont faibles par rapport à ceux de la période précédente.

Tableau III : Calcul du taux d'érosion de juillet 2013 à juillet 2015

Distance entre lignes (x_i , m)	\bar{X}_2 (m)	$v_i = (X_i - X_{moy})$	v_i^2 (m)
67.41	96.3452381	-28.9352381	837.248004
76.57	96.3452381	-19.7752381	391.060042
89.91	96.3452381	-6.4352381	41.4122893
99.22	96.3452381	2.8747619	8.26425601
107.86	96.3452381	11.5147619	132.589742
113.31	96.3452381	16.9647619	287.803146
115.29	96.3452381	18.9447619	358.904004
112.6	96.3452381	16.2547619	264.217285
110.44	96.3452381	14.0947619	198.662313
107.3	96.3452381	10.9547619	120.006808
105.22	96.3452381	8.8747619	78.7613989
102.42	96.3452381	6.0747619	36.9027322
99.87	96.3452381	3.5247619	12.4239465
98.51	96.3452381	2.1647619	4.6861941
99.66	96.3452381	3.3147619	10.9876465
96.54	96.3452381	0.1947619	0.0379322
92.34	96.3452381	-4.0052381	16.0419322
87.84	96.3452381	-8.5052381	72.3390751
85.83	96.3452381	-10.5152381	110.570232
81.18	96.3452381	-15.1652381	229.984446
73.93	96.3452381	-22.4152381	502.442899
$\sum_{i=1}^{25} x_i = 2023.25$		$\sum_{i=1}^{25} v_i = -1,279E-13$	$\sum_{i=1}^{25} v_i^2 = 3715.34632$
$\bar{X}_2 = 96.3452381$			$\sigma_2 = \pm 13,6296484m$

Source : Travaux de terrain, Septembre 2015

Mais le taux de confiance va augmenter et celui d'érosion va diminuer (Tableau IV).

Dynamique de la côte après la réalisation des épis, ouvrages de protection
situés à l'est de l'épi de Siafato à Cotonou au sud-Bénin.

Tableau IV : Calcul du taux d'érosion d'août 2013 à septembre 2015

Distance entre lignes (x_i en m)	\bar{X}_3 (m)	$v_i = (X_i - X_{moy})$	v_i^2 (m)
70,95	87,2252174	-16,2752174	264,882701
77,4	87,2252174	-9,82521739	96,5348968
83,27	87,2252174	-3,95521739	15,6437446
91,39	87,2252174	4,16478261	17,3454142
101,03	87,2252174	13,8047826	190,572023
104,66	87,2252174	17,4347826	303,971645
107,34	87,2252174	20,1147826	404,604479
108,59	87,2252174	21,3647826	456,453936
106,95	87,2252174	19,7247826	389,067049
103,24	87,2252174	16,0147826	256,473262
99,58	87,2252174	12,3547826	152,640653
94,53	87,2252174	7,30478261	53,359849
89,24	87,2252174	2,01478261	4,05934896
92,05	87,2252174	4,82478261	23,2785272
93,34	87,2252174	6,11478261	37,3905664
87,15	87,2252174	-0,07521739	0,00565766
83,07	87,2252174	-4,15521739	17,2658316
76,26	87,2252174	-10,9652174	120,235992
73,73	87,2252174	-13,4952174	182,120892
71,3	87,2252174	-15,9252174	253,612549
66,22	87,2252174	-21,0052174	441,219158
63,69	87,2252174	-23,5352174	553,906458
61,2	87,2252174	-26,0252174	677,31194
$\sum x_i = 2006,18$		$\sum v_i = -1,5632E-13$	$\sum v_i^2 = 4911,95657$
$\bar{X}_3 = 87,2252174$ m			$\sigma_3 = \pm 14,9422473$

Source : Travaux de terrain, Septembre 2015

En effet, après la construction des épis, il y a forte réaction. De plus, le taux de confiance dans chacun des cas est élevé parce que la distance séparant deux lignes de crête n'est pas souvent homogène comme cela a été souligné et justifié plus haut. Un taux unique \bar{X}_{moy} est déduit de ces trois valeurs par le calcul de la moyenne des trois taux obtenus puis le taux de confiance σ_{moy} est déterminé par la loi de propagation des écarts types. On obtient alors :

$$\bar{X}_{moy} = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{3} = 98.33 \text{ m}$$

$$\text{et } \sigma_{moy} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2}{3}} = \pm 8.21 \text{ m}$$

Le taux moyen annuel \bar{X}_{moy} d'érosion vaut :

$$\bar{X}_{moy} = \frac{X_{moy}}{2} = 49.16 \text{ m} \quad \text{avec une marge de confiance}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{moy}}{2} = \pm 4.11 \text{ m}$$

Une autre option du calcul du taux d'érosion a été faite en considérant uniquement des lignes de crête de 2015. Il s'agit des lignes des mois de Mai 2015 et Septembre 2015 soit un intervalle de quatre mois. On obtient un taux moyen de 12.50 m avec une erreur de fidélité $\sigma'_4 = \pm 0.81 \text{ m}$ (Tableau V). En ramenant ce taux à un an, on obtient : 12.50 m x 3 = 37.5 m avec une marge de confiance $\sigma = 3\sigma'_4$. Soit $\sigma = \pm 2.44 \text{ m}$.

Tableau V : Calcul du taux d'érosion de mai 2015 à septembre 2015

Distance entre lignes (x_i , m)	\bar{X}_4 (m)	$v_i = (X_i - \bar{X}_{moy})$	v_i^2 (m)
10,71	12,5025	-1,7925	3,21305625
12,16	12,5025	-0,3425	0,11730625
12,07	12,5025	-0,4325	0,18705625
12,9	12,5025	0,3975	0,15800625
12,81	12,5025	0,3075	0,09455625
13,41	12,5025	0,9075	0,82355625
13,46	12,5025	0,9575	0,91680625
13,27	12,5025	0,7675	0,58905625
12,24	12,5025	-0,2625	0,06890625
11,69	12,5025	-0,8125	0,66015625
13,1	12,5025	0,5975	0,35700625
12,21	12,5025	-0,2925	0,08555625
$\sum v_i = 150,03$		$\sum v_i = 8,8818E-15$	$\sum v_i^2 = 7,271025$
$\bar{X}_4 = 12,5025$			$\sigma_4 = \pm 0,81302046$

Source : Travaux de terrain, Octobre 2015

Les lignes de crête de 2015 sont supposées être obtenues dans les conditions normales du fonctionnement de l'épi 7 car elles sont relevées deux ans plus tard après sa réalisation. Au regard des différents taux obtenus, on en déduit que le taux d'avancement de la mer à l'Est de l'épi 7 est compris entre 35 m et 53 m par an. Soit au moins 4 fois le taux de progression de la mer avant la réalisation des

épis. Face à ce résultat inquiétant, une prévision de la date au bout de laquelle la position de la ligne de crête va atteindre la Route Nationale Inter- Etats n°1 a été déterminée si aucune mesure préventive n'est prise et si la progression du trait de la côte se faisait de façon linéaire.

3-3-4-Prévision de l'avancée de la mer jusqu'à atteindre la RNIE 1

A partir de la ligne de crête obtenue en mai 2015, les probables positions de la ligne de crête ont été simulées en tenant compte du taux d'avancement de la mer compris entre 35 et 53 m/an. Lorsque le taux d'avancement de trait de côte serait de 35 m/an, l'érosion va atteindre la Route Nationale Inter-Etats n°1 dénommée la route express Cotonou-Porto-Novo au bout de trente-six (36) ans c'est-à-dire en l'an (2015 + 36) = 2051. A 53 m/an, la Route Nationale Inter-Etats n°1 sera atteinte par l'érosion côtière dans les vingt-quatre (24) prochaines années, soit en l'an (2015 + 24) = 2039. Ainsi, les dégâts matériels et immatériels seront importants.

3-3-5- Impacts environnementaux et socio-économiques

Les impacts qu'engendrerait l'évolution du littoral si aucune mesure préventive n'est prise d'ici 2051 sont d'ordre environnemental, économique et même social. L'avancée poussée du trait de côte affectera de façon particulière les habitations du quartier Sèyivè situé dans l'arrondissement d'Ekpè, commune de Sèmè-Podji. Outre les habitations situées en aval de l'épi 7, celles situées aux environs (au nord-ouest de l'épi 7) seront également affectées par l'érosion. Une expropriation de ces habitations sujettes à l'érosion a été projetée. Les investigations sur le coût de la parcelle dans la zone ont révélé que le mètre carré coûte en moyenne seize mille (16000) francs CFA. Ce prix a été proposé sans faire référence au prix officiel du mètre carré des parcelles de la zone, ni du prix du mètre carré

des immeubles qui ont déjà fait objet d'immatriculation. Pour un éventuel dédommagement, il ressort d'une évaluation sur une période de dix ans (2015-2025), que le coût global du dédommagement serait de 5.014.896.000 de francs CFA pour une superficie totale estimée à 31ha 34a 31ca (313431 m²). Sur une période de dix (10) ans (2025-2035), le coût global du dédommagement serait de 8.040.272.000 de francs CFA avec une superficie totale St = 502517m² soit 50ha 25a 17ca. De 2035 à 2042, les lots associés à ces parcelles seraient engloutis par la mer, de même que le poste de péage et de pesage d'Ekpè. Le coût global du dédommagement serait de 3.938.896.000 de francs CFA pour une superficie totale St = 246181m² soit 24ha 61a 81ca. La présente estimation ne tient pas compte du coût de l'évaluation des installations et des bâtiments construits sur les parcelles. Dans le cas d'un immeuble bâti, il va falloir procéder à une évaluation du coût des constructions érigées sur chaque parcelle auquel sera augmenté le montant de la parcelle correspondante. Sur le plan social, il aura la diminution ou la perte d'une partie de la superficie du territoire béninois ; le moral des habitants affecté, manque de logements, d'eau potable et l'augmentation de la population des quartiers environnants. Il aura également la flambée des prix du foncier et de la location dans la zone, etc. Comme impacts environnementaux, il aura des problèmes de pollution, de la perte de la diversité biologique. Il y a plusieurs réseaux de conduite d'eau de ruissellement vers l'océan atlantique. Ils s'ouvrent dans la mer engendrant une érosion et pollution.



Photo 7 : Collecteur des eaux de ruissellement débouchant sur le littoral
Prise de vue : MAKPONSE



Photo 8 : Caniveau s'ouvrant sur le littoral
Prise de vue : HOUNS

Ce début d'érosion favorise l'avancée de la mer aux environs immédiats de ces ouvrages (photos 7 et 8). Au regard de ces résultats, des mesures urgentes doivent être prises pour ralentir ce phénomène qui pourrait porter atteinte à l'intégrité du territoire béninois.

4- SUGGESTIONS

Des études, observations, constats et résultats obtenus, il urge de protéger par des enrochements les ouvertures des canalisations qui communiquent directement avec la mer car certains caniveaux ont été posés les uns contre les autres par des joints. C'est une mesure préventive pour freiner l'avancée de la mer à ces endroits. Ensuite, il importe de procéder à des relevés périodiques de deux mois (soit six fois l'an) pour favoriser un suivi strict de la dynamique de la côte ; ce faisant, les événements subis peuvent être envisagés ou prémédités. Les Etats du golfe de Guinée doivent mener des réflexions et actions communes pour atténuer l'érosion côtière. Il y a de même la nécessité d'un travail de prospective pour anticiper les contraintes et les risques à venir et se donner des moyens d'y répondre dans une démarche d'aménagement territoriale cohérente, tenant compte des écosystèmes littoraux dans une approche régionale intégrée du développement de la zone côtière ouest-africaine (UEMOA, 2011). Une synergie d'actions entre les différents acteurs du Ministère d'Urbanisme et de l'Habitat intervenant dans la lutte contre l'érosion côtière et autres structures (IRHOB par exemple) qui s'engagent dans la même lutte. Pour atténuer l'effet de la houle, le rechargement de la plage par transfert hydraulique est proposé tels que la construction d'un système de transfert hydraulique sous pression avec extraction de sable, puis le transport par conduite et refoulement à la plage. Une protection des

parois extérieures des caniveaux qui communiquent avec la mer par des enrochements est souhaitable afin d'éviter les dégradations qui sont de nature à fragiliser l'ouvrage au contact de la mer.

5. CONCLUSION

La côte béninoise, tout aussi bien que les autres côtes des pays du golfe de Guinée, méritent une surveillance sérieuse qui doit se traduire par la mise en œuvre d'un programme de suivis réguliers du trait de côte en vue de compléter les données existantes et de faciliter le développement d'une étude de vulnérabilité et d'adaptation. Le problème de l'érosion côtière est maîtrisé sur une dizaine de kilomètres à l'Est de l'épi SIAFATO. Pourtant, le phénomène s'est reporté à l'Est de l'épi 7 en s'aggravant du fait du fonctionnement des épis et de l'absence d'un autre ouvrage de protection à l'est de ce dernier épi. Ainsi, il urge que des mesures soient prises pour freiner l'avancée vertigineuse de la mer qui, non seulement crée de nombreux dégâts environnementaux et sociaux (bâtiments à usage d'habitation emportés, destruction des infrastructures commerciales et ludiques, perte du foncier, moral des habitants affecté, etc.) mais aussi porte atteinte à l'intégrité du territoire du Bénin. Par ailleurs, les conséquences éventuelles de la concrétisation du projet du nouveau port en eau profonde sur les épis réalisés à l'est de l'épi SIAFATO doivent être celles observées depuis la construction du port de Cotonou traduite par l'accumulation du sable du côté ouest et l'érosion du côté Est. Il importe de souligner qu'il est très difficile de lutter contre l'érosion côtière. En effet, EUROSION en 2004 a montré que même si une protection était possible, les événements extrêmes sapent et/ou détruisent les défenses côtières.

6. BIBLIOGRAPHIE

1. ABE (1999) : Inventaire et diagnostic pour la préparation du schéma directeur d'aménagement du littoral, Livre Blanc, 290p
2. ADAM S. (1998) : Vers une Gestion Intégrée de la Zone Côtière du Golfe de Guinée, Document Cadre, les Editions du Flamboyant, 170 p.
3. ANTHONY, E.J. (1990) : Environnement, Géomorphologie et Dynamique Sédimentaire des Côtes Alluviales de la Sierra Leone, Afrique de l'Ouest. Revue d'Analyse Spatiale Quantitative et Appliquée, vol. 27-28. Presses CRDP, Nice., 189 p.
4. BCEOM, (1974) : Etude de l'extension du port de Cotonou. 1ère phase. Etudes préliminaires. Ministère de l'Equipement et des Transports. Direction de l'Hydraulique (République du Bénin). Rapport dactylographié et publié, 210 p.
5. BLIVI, A. (2001) : Impact de l'érosion côtière et éléments d'étude de vulnérabilité. Exemple du Togo (Golfe de Guinée), *Revue de l'Université de Moncton* volet 32, n° 1-2, p. 289-308
6. BRABANT, M. (2000) : Cours de Topographie, Paris, PUF, 92p
7. CAPO A. (2008) : Urbanisation et risques naturels : Cas de la ville de Cotonou en République du Bénin. Contribution à la prévention et à la gestion des risques naturels en milieu urbanisé, Mémoire de travail de fin d'études, ESGT, LE MANS, 57p.
8. GERAUD J., (2007) : Lutte contre l'érosion côtière, Paris, Flamboyant, 201p.
9. GUILCHER A. (1959) : La région côtière du Bas-Dahomey occidental. Etude de géographie physique et humaine appliquée. Bulletin, IFAN, Tome XXI, série B(3-4), p. 357-424.
10. HÉNICHART L-M. (2007) : Analyse des perceptions des acteurs et des usagers des plages vers une gestion intégrée du risque d'érosion côtière sur le littoral de l'Hérault, Mémoire de fin d'études, université Montpellier 1, 118p
11. LGH Consultants (2004) : Projet de protection de la côte à l'Est de l'épi de Siafato étude d'impact environnemental, Septembre, 125 p.
12. OTD (2005) : Etude sur la Rentabilité Economique de la protection côtière à l'Est de l'épi de Siafato, Bénin, 48p
13. OYEDE, L. M. (1991) : Dynamique sédimentaire actuelle et message enregistré dans les séquences quaternaires et néogène du domaine margino-littoral du Bénin (Afrique de l'Ouest) ; Thèse Doctorat nouveau régime, Université de Bourgogne et Université Nationale du Bénin, 302 p.
14. ROSSI, G. (1989) : L'érosion du littoral dans le Golf du Bénin : un exemple de perturbation d'un équilibre morpho-dynamique. Z. Géomorph. N. F., Suppl. Bd.73, Berlin Stuttgart, pp. 139-165.
15. SAMAT, O. (2007) : Efficacité et impact des ouvrages en enrochement sur les plages microtidales. Le cas du LANGUEDOC et du DELTA DU RHÔNE, Thèse de doctorat de l'UNIVERSITE AIX-MARSEILLE I, 376 p.
16. SHOM, (2001) : Descriptif technique du Trait de côte Histolitt - v2.0, relevé sur le site internet du Service Hydrographique et Océano-graphique de la Marinehttp : // www.shom.fr/ en mai, 5 p.

17. STEPHAN P., SUANEZ S. (2004) : trait de côte et schéma directeur littoral de l'Afrique de l'ouest, *Schéma directeur*, 2010, 60p.
18. UEMOA, (2007) : Programme Régional de Lutte contre l'érosion côtière, *Commission UEMOA*, 12 p.9. UEMOA : Etude de suivi du
20. UEMOA (2011) : Mise en place d'un observatoire du littoral Ouest Africain pour la réduction des risques littoraux et des impacts de l'érosion côtière, *Commission de l'UEMOA, déclaration de Dakar*, 11p.