



ETUDE DE SUIVI DU TRAIT DE COTE
ET SCHÉMA DIRECTEUR LITTORAL
DE L'AFRIQUE DE L'OUEST

ETUDE DE CAS AU TOGO

**CARACTERISATION DES ETATS
DE PLAGES DANS DEUX CELLULES
DE DERIVE LITTORALE :
COTES A L'OUEST ET A L'EST
DU PORT DE LOME.**



CARACTERISATION DES ETATS
DE PLAGE DANS DEUX CELLULES
DE DERIVE LITTORALE :
COTES A L'OUEST ET A L'EST
DU PORT DE LOME.

Pr. Adoté Blim BLIVI & al

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	4
I. CONTEXTE DE L'ETUDE.....	5
1.1 LES TRAVAUX DEVELOPPES	7
1.2 PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE.....	12
1.3 OBJECTIFS DE L'ETUDE	12
II. PRESENTATION DES SITES DANS LA REGION MARITIME	13
2.1 CADRE PHYSIQUE	13
2.2 CADRE HUMAIN ET ECONOMIQUE	16
2.3 EROSION COTIERE.....	17
2.4 EROSION COTIERE.....	17
2.5 INONDATION	19
III. APPROCHE METHODOLOGIQUE	21
3.1 OUTILS.....	21
3.2 METHODES	21
3.3 EQUIPEMENTS.....	21
3.4 DONNEES	21
IV. ETATS DES PLAGES DES SITES ETUDIES ET EVOLUTION DIACHRONIQUE DU TRAIT DE COTE	22
4.1 LA COTE OUEST DE LOME : CELLULE DE DERIVE LITTORALE OUEST	22
4.2 LA COTE A L'EST DU PORT : CELLULE DE DE RIVE LITTORALE EST	30
4.3 ANALYSE DE LA SYNTHESE CARTOGRAPHIQUE DES COTES OUEST ET EST	35
V. PRESENTATION DES ETATS DE PLAGES ET RELATIONS AVEC L'ENVIRONNEMENT COTIER	39
VI. PROGRAMME FUTUR : ETUDE DU SUIVI DU TRAIT DE COTE ET DE LA ZONE ADJACENTE	40
6.1 PROGRAMME FUTUR : ETUDE DU SUIVI DU TRAIT DE COTE ET DE LA ZONE ADJACENTE.....	40
6.2 BESOINS DU PROGRAMME.....	40
6.3 TERMES DE REFERENCE.....	41
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	43
LISTE DES ILLUSTRATIONS	45

INTRODUCTION

Le Centre de Gestion Intégrée du Littoral et de l'Environnement (CGILE), Direction de la Recherche de l'Université de Lomé, a répondu à l'appel à propositions pour des études de cas sur l'évolution du trait de côte en Afrique de l'Ouest, de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature, le 5 décembre 2009.

La proposition est intitulée : Cellules morphodynamiques côtières et profil référentiel de l'occupation du sol entre les fleuves Volta et Mono. Elle a été retenue et fait l'objet du Contrat de prestation de service (Projet SDLAO 77060-000) du 15 juin 2010.

Cette activité rentre dans le cadre d'un réseau régional de spécialistes de l'érosion côtière, devant participer au programme régional de lutte contre l'érosion côtière de l'UEMOA. Cette étude régionale est confiée à l'IUCN PACO.

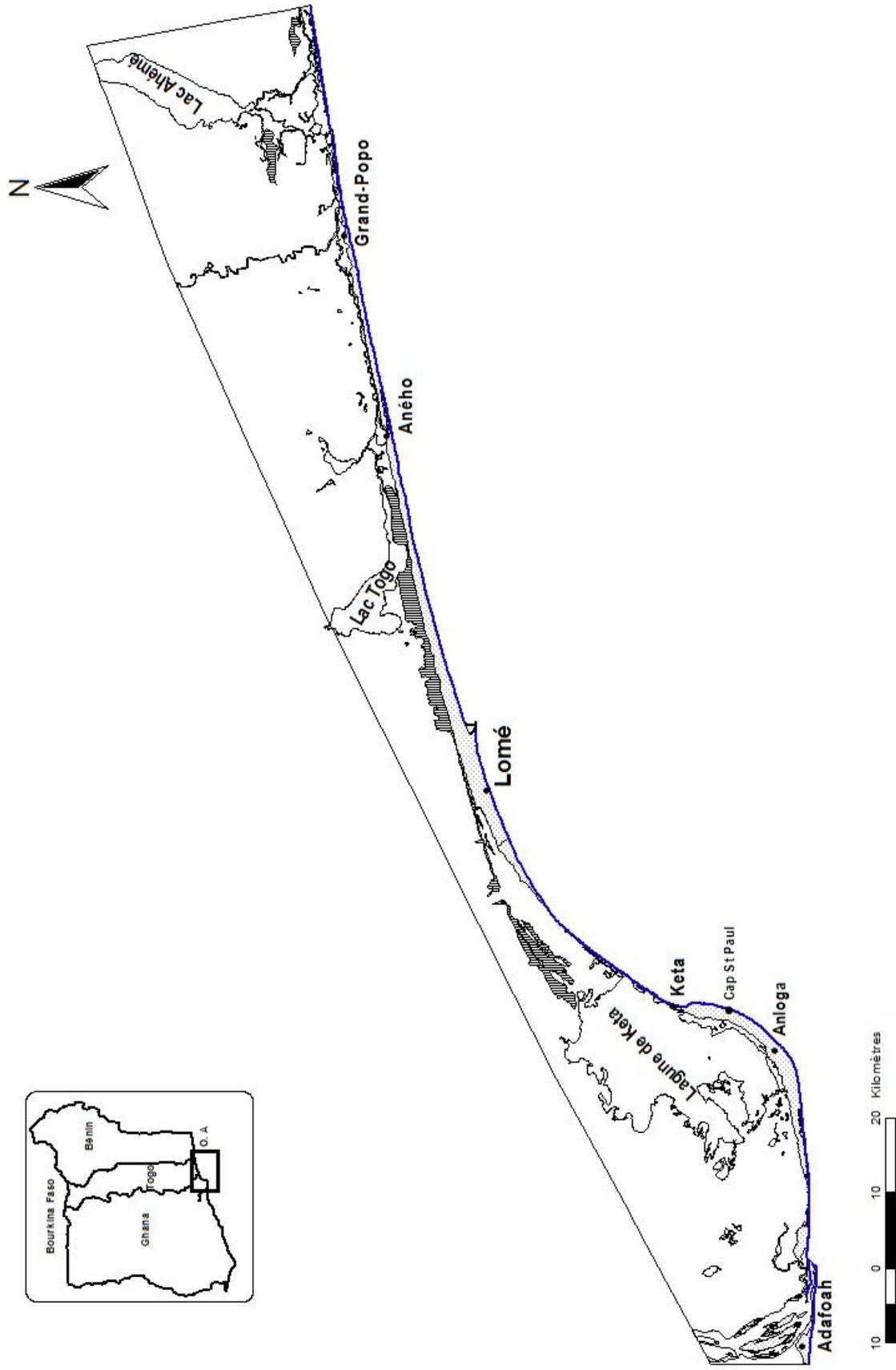
L'atelier de cartographie des résultats des études de cas, organisé au Centre de Suivi Ecologique de Dakar, du 21 au 25 juin 2010, a permis de centrer le cadre de cet exercice et a renvoyé le CGILE à redéfinir la taille spatiale de l'étude de cas. En définitive, la première proposition est reformulée et intitulée : Caractérisations des états de plage dans deux cellules de dérive littorale : Côtes à l'ouest et à l'est du port de Lomé.

I. CONTEXTE DE L'ETUDE

Les paysages littoraux en Afrique de l'Ouest sont fortement relevés par des grands établissements humains et économiques ; les villes de Dakar, Abidjan, Accra, Lomé, Cotonou, se distinguent par des croissances spatiales digitées à partir de nœuds urbains très concentrés, compactes, exprimant l'importance des populations et des usages sur l'espace côtier et leurs pressions sur les ressources biophysiques et les écosystèmes (Gervais-Lambony et Nyassogbo, 2006 ; Blivi, 1998 ; Anthony et Blivi, 1998). Les données cartographiques diachroniques, évolutives, concrétisent bien ces phases d'avancement de l'occupation du sol côtier et permettent également de caractériser les formes du relief côtier, soumises aux rythmes climatiques et hydro-dynamiques, d'énergie modérée à forte, se manifestant de façon synchrone, particulièrement dans le golfe du Bénin.

La côte du Togo appartient à un géosystème sédimentaire localisé entre deux fleuves, la Volta et le Mono, alimentant le courant de dérive littorale de volume de sables, redistribués le long de la côte dans le sens d'ouest en est (Blivi, 1993a ; Blivi, Anthony, Oyédé, 2002). La configuration géomorphologique de cette importante entité physique est relativement homogène, spatialement réduite, limitée par les formations sablo-argileuses compartimentées en plateaux et composée de cordons différenciés, des plans lagunaires de géométries très variables dans lesquels débouchent les rivières. Les aspects physiques, assez continus, marquent les caractères transfrontaliers des effets hydrologiques, sédimentologiques et océanographiques côtiers (fig.1).

Figure 1 : Espace côtier du golfe du Bénin, entre la Volta et le Mono



La plaine côtière, de 3 à 5 km de largeur dans cet espace entre les deux fleuves, se caractérise par des effets hydro-climatiques, notamment les inondations des secteurs exposés aux débordements des eaux des fleuves et rivières et des effets hydro-océanographiques, l'érosion et la sédimentation, régissant les états morpho-dynamiques de plages, dissipateurs et réflexifs mesurés sur la côte du golfe du Bénin. Le mécanisme d'érosion, de transport et d'accumulation, configure la côte en longues cellules de dérive littorale ou en cellules morpho-dynamiques, issues, d'une part, de cause naturelle : l'angle d'incidence des vagues à la côte et d'autre part, de cause anthropique : des jetées des ports provoquant un relief d'accumulation sur une façade et un relief de talus sur l'autre façade (Blivi, 1993b).

La côte du Togo, 50 kilomètres de longueur, constituée de systèmes sablo-lagunaire et de plages réflexives et dissipatrices, se positionne sur deux cellules morpho-dynamiques, indépendantes dans les causes et modes de fonctionnement. La jetée du port de Lomé, ouvrage maritime de 1200 m de long, en travers le courant de transport sédimentaire, délimite deux cadres physiques : le segment d'accumulation de la cellule de dérive littorale ouest, étendu sur 10 km et le segment d'érosion de la cellule de dérive littorale est, découpages morphologiques similaires des côtes des pays de l'Afrique de l'Ouest, étudiés par plusieurs auteurs.

La question fondamentale qui sert de pilier aux différentes approches abordées par ces travaux est le recul du trait de côte ; phénomène le plus en vigueur de la morpho-dynamique côtière, à cause de ses implications infrastructurelles et affectations négatives occasionnées, de son rythme d'évolution à des vitesses relativement fortes et de l'intérêt politique et d'aménagement accordé (Blivi, 1999).

1.1 LES TRAVAUX DEVELOPPES

Les travaux de la période 1980 à 2010, des publications, thèses et rapports de levé de terrain, sur la côte dans le golfe du Bénin démontrent l'importance scientifique de la question. Rossi (1989)¹ décrivait l'érosion du littoral dans le golfe du Bénin en mettant en jeu la perturbation de l'équilibre morpho-dynamique, depuis le pôle d'apport de la Volta jusqu'au Nigéria. L'intérêt de son travail signifiait la stabilité du géosystème, bouleversé par une série d'aménagement : le barrage d'Akossombo sur la Volta, les ports de Lomé et de Cotonou. Il montrait que la côte est longée par une puissante dérive littorale dont la capacité de transport est évaluée à 1,2 millions de m³/an. La disparition des apports de la Volta et le blocage du transit sédimentaire par les jetées ont eu pour conséquence une érosion très rapide des plages, détruisant, au Ghana, une partie de la ville de Kéta et menaçant, au Togo, des infrastructures économiques vitales pour le pays. L'auteur dans son travail avait indiqué l'influence du beach-rock sur la vitesse du recul du trait de côte. Le même auteur, en 1987, a rendu public l'exemple de l'utilisation d'une défense naturelle contre l'érosion littorale. Des études géotechniques menées sur le grès de plage ont donné des résultats de pétrographie et de résistance ; de même celles sur modèle réduit des conditions dans lesquelles le beach-rock peut servir de protection naturelle d'une côte en recul. Il révélait que les résultats du modèle, conformes aux observations en nature, indiquent que une dalle de grès de plage stabilise progressivement le recul du trait de côte lorsque sa largeur est supérieure à 10 m et sa hauteur au-dessus du zéro hydrographique

¹ Zeitschrift für geomorphologie N.F. Suppl.-Bd.73

au moins égale à 1 m. Du point de vue géotechnique, la dalle doit être massive, son épaisseur supérieure à 2,50 m et sa résistance à l'écrasement au moins égale à 250 kg/cm².

Blivi, (1993)², mettait en exergue deux générations de cordons et situait la gravité de l'érosion ; ce qui renvoyait le chercheur à des recherches de laboratoire et d'entreprise de travaux importants sur le terrain. Il a fait cas de la protection de la côte par des constructions en 1987-1988, de brise-lames et d'épis dont les effets s'étendent sur 15 km de côte.

Les auteurs Rossi et Blivi (1995)³ ont publié sur les conséquences des aménagements hydrauliques de la vallée du Mono (Togo-Bénin). Le Mono draine 30 000 km² et se jette dans l'océan par l'intermédiaire d'un vaste système lagunaire. Les études d'impact menées à l'aide de modèles mathématiques et physiques montrent que les conséquences de la gestion combinée des deux barrages, Nangbéto et Adjarala, vont être une modification du rapport débit/charge, suivi d'un réajustement morphodynamique : modification de tracé, érosion des berges et le remplacement d'un étiage nul de plus de six mois par écoulement permanent compris entre 40 et 120 m³/s : dulcification des eaux lagunaires. Les auteurs montraient la modification du régime à l'embouchure qui va se combiner avec les effets de la progression vers l'est de l'érosion côtière, beaucoup plus rapidement que ne le prévoient les modèles physiques.

Blivi (1998)⁴ édifiait une autre publication sur quelques aspects du beach-rock dans le golfe du Bénin : le cas du Togo. A partir de nombreuses observations de terrain, soutenues par l'analyse des photographies aériennes, des levés topographiques, complétées par des travaux de datations, de pétrographie, l'auteur dégagait la morphologie, les caractérisations sédimentaires, l'évolution polychronique du littoral et le rôle du beach-rock dans la dynamique de côte. La prospection menée dans le golfe du Bénin entre la frontière Nigéria-Bénin et le cap des trois pointes au Ghana a permis de localiser les affleurements de beach-rock sur la côte du Bénin, dans la crique à l'est du port de Cotonou, du Ghana, dans quatre sites notamment à Pram Pram où le beach-rock est à l'altitude du niveau des basses mers ; à Téma, il affleure dans la zone portuaire.

Anthony et Blivi (1998)⁵ ont replacé les générations de formations dans le contexte des phases de mise en place durant l'Holocène et se sont intéressés aux variations spatiales et temporelles du transport sédimentaire qui, probablement, a diminué ou a cessé vers 3400 ans B.P. L'évolution diachronique de la façade deltaïque mise en évidence à partir de photographies aériennes et de levés de terrain entre 1986 et 1992 ; a révélé le mécanisme d'érosion, de transport et de sédimentation.

² Géo-Eco-Trop, 17 (1-4)

³ Cahiers d'Outre-Mer, 48 (192)

⁴ Revue CAMES-Série B, vol.00

⁵ Marine Geology, 158

Blivi en 2000⁶ mettait en relief les effets du barrage de Nangbéto sur l'évolution du trait de côte. L'optimisation du rendement hydro-électrique par la construction du second barrage à Adjarala a poussé la recherche sur la maîtrise du transport solide dans la vallée et vers la mer, ainsi que les comportements du trait de côte. Les résultats de terrain montrent que les effets morpho-sédimentaires consécutifs à la mise en service du barrage de Nangbéto ne se sont pas encore répercutés sur la zone côtière. L'étude menée par l'auteur tentait de montrer l'impact qu'auraient les effets sédimentologiques sur l'évolution du trait de côte entre le Togo et le Bénin.

Le même auteur publiait en 2001⁷ dans la collection Patrimoines : le tricentenaire d'Aného et du pays guin, la vulnérabilité de la côte togolaise à l'élévation du niveau marin : une analyse de prévision et d'impact. Il établissait une revue des sites côtiers où un recul du rivage est observé sur les côtes sableuses en Afrique de l'ouest et du Centre et figurait que le phénomène résulte en général de l'action humaine. Il n'est pas lié à la transgression marine corrélative à l'effet de serre. L'analyse statistique des données marégraphiques disponibles, quoique relativement limitées, des stations littorales, montre, à partir des données de Takoradi, des tendances variables. La hausse du niveau marin le long des côtes du golfe du Bénin pourrait atteindre 30 cm en l'an 2030, en considérant l'année 1930 comme référence.

Au cours de la même année (2001)⁸, il publiait l'impact de l'érosion côtière et éléments d'étude de vulnérabilité. Il mentionnait que la morphodynamique côtière permet d'analyser les séquences de plages réflexives et dissipatrices des côtes sablonneuses. L'auteur précisait les vitesses d'érosion sur la côte de Cotonou, 12 m/an sur un segment de 5 km et variant entre 5 et 10 m/an sur environ 30 km sur la côte togolaise. Cette caractérisation morphodynamique de plage est en réponse aux variations significatives du bilan sédimentaire dont les conséquences sont très importantes du fait de l'utilisation de l'espace pour des activités industrielles et urbaines très variées et de la forte concentration de population vivant en bord de mer. L'auteur prenait en compte le contexte du changement climatique au regard de la hausse du niveau marin et indiquait le schéma d'analyse de la vulnérabilité des écosystèmes côtiers.

Trois auteurs, Blivi, Anthony, Oyédé (2002)⁹, ont publié: Sand barrier development in the bight of Benin, West Africa. La morphologie, les faciès sédimentaires, la stratigraphie et l'histoire du développement des rentrants côtiers ont été analysés à partir des données de carottes et des données de terrain. La reconstitution sédimentaire du milieu, des sables fluviatiles Pléistocène aux sédiments estuariens et fluvio-deltaïque Holocène, suivie de la stabilisation du niveau marin entre 6000 et 5500 B.P. a été valorisée. Le système de dérive littorale, unicellulaire le long du delta de la Volta, a stabilisé la baie entre 6000 et 4000 ans B.P. Les auteurs ont mis l'accent sur les rôles des ports dans le système sédimentaire côtier, de volume très important, en transit d'ouest en est avec une capacité de 1,2 à 1,5 millions de m³/an.

⁶ J. Rech. Sci. Univ. Bénin (Togo) 2000,4 (1)

⁷ Collection Patrimoines n°11 vol. 1

⁸ Revue de l'Université de Moncton, Vol.32 n° 1 et 2

⁹ Ocean and Coastal Management 45

Les auteurs Blivi et Adjoussi en 2004¹⁰ ont présenté dans une publication, la cinématique du trait de côte au Togo. Ils montraient la continuité de l'érosion côtière au Togo dans la cellule de 25 km de côte. Ils ont utilisé les méthodes basées sur la géomatique ; deux images landsat TM de janvier 1986 et ETM d'avril 2001 pour dégager l'évolution diachronique. Le positionnement du trait de côte de 2003, levé au GPS FX 312 a servi dans ce travail ; puis les levés mensuels sur 15 km de côte. Les vitesses de recul enregistrées sont en moyenne de 6 à 8 m par an. Les causes de l'érosion sont liées à la vidange des dépôts sableux sur la plage sous marine et à une réduction du transfert des sables dans le profil par le beach-rock. Les applications de protection mises en place à Kpémé et Aného ne fonctionneront pas dans ce segment ; par contre un ouvrage de haut de plage serait indiqué pour stabiliser la plage en recul.

En 2005¹¹, Blivi rédigeait un article sur la typologie d'un segment côtier pour une étude d'impact environnemental. Il montrait la croissance du développement, fondamentalement liée à l'exploitation des ressources naturelles. Ce travail était impliqué à l'objectif d'augmenter la capacité énergétique par l'utilisation du gaz naturel pour résoudre les problèmes de disfonctionnement énergétique dans la production d'électricité. L'implantation d'un équipement de transport de gaz de la source au terminal de transformation impose un état de connaissance des entités morphologique et biologique et des niveaux de réactions anthropiques et écologiques. Le segment de Gbétsogbé, entre PK11 et PK15, a servi de référence pour étudier l'impact. La position géographique du trait de côte entre deux dates a été signifiée avec une vitesse relativement faible de 1m/an.

Dans sa publication sur la structure sédimentaire de zone côtière, habitat écologique vulnérable, Blivi (2005)¹² mettait en exergue que les structures sableuses et rocheuses portent une série d'écosystèmes à habitats variés dont les grès de plages, de cimentation forte par le carbonate de calcium, le fer ou la calcite. Ces formations sont en relief sur toutes les côtes du golfe du Bénin et facilitent la biodiversité qui met en condition vulnérable le beach-rock aux pressions hydromécaniques et aux actions biochimiques. Ces situations fragiles réduisent la résistance du beach-rock, qui se dégrade et favorise le recul du trait de côte.

Blivi écrivait, en 2006¹³, sur les sensibilités des milieux marin et côtier aux effets induits par la construction d'un ouvrage industriel dans un environnement peu complexe. Il dégageait les risques de bouleversement et de translation dans les processus individuels et collectifs avec des niveaux de vulnérabilités répondant aux sensibilités faibles, mitigées et fortes. Il importait de mettre en jeu des méthodes et d'établir une analyse des effets à partir des facteurs de stress. Les recherches ont finalisé la définition et les caractérisations du secteur marin et côtier par une étude sur la situation existante. Elle révèle la dynamique sur la côte togolaise, favorisée par un plateau continental étroit, relativement plat et profond et par des conditions océanographiques d'animation synchrone sur toute la côte du golfe.

¹⁰ GEO-ECO-TROP 28/1-2

¹¹ Annales de l'Université de Lomé, Série Lettres et Sciences Humaines et Revue Ivoirienne des lettres, arts et sciences humaines, n° special 2006

¹² Revue de géographie de saint Louis n°5

¹³ Mosaïque, Revue interafricaine de philosophie, littérature et sciences humaines n° 005 & 006 et Revue du CAMES, Sciences Sociales et Humaines, nouvelle Série B, Vol.007 n°2

Le même auteur faisait en 2006¹⁴ une étude de contrainte physique dans l'aménagement de l'espace ; le beach-rock dans la planification de zone côtière. Il avait adopté la démarche de connaissance du site pour la planification d'activité industrielle, nécessitant une étude de référence en vue d'optimiser essentiellement les caractérisations du beach-rock. L'étude qu'il avait menée présentait la configuration du secteur traversé par le gazoduc, précisément, la géométrie du beach-rock, la structure, l'état de dégradation, l'essai de pénétration et la force compressive ou la résistance à l'écrasement significative comme contrainte à l'exécution du forage directionnel horizontal. Le recul du trait de côte constitue la cause de découverte du beach-rock ; formation sédimentaire consolidée, affleurant sur la plage aérienne où il est distant d'elle de quelques mètres et se trouve également sous les sables subactuels du proche plateau continental, en plusieurs lignes parallèles à la côte et à des profondeurs variables.

Dans la période, 1990 à 2000, des thèses sur la géomorphologie côtière et la géologie sédimentaire ont été soutenues, constituant des repères scientifiques de nombreuses thématiques de plaine côtière. Oyédé¹⁵ rendait public, en 1991, sa thèse sur la dynamique sédimentaire actuelle et messages enregistrés dans les séquences quaternaires et néogènes du domaine margino-littoral du Bénin (Afrique de l'ouest). Blivi¹⁶, en 1993, soutenait sa thèse sur la géomorphologie et dynamique actuelle du littoral du golfe du Bénin (Afrique de l'Ouest). Deux ouvrages qui restent un cadre d'appui pour le suivi scientifique de la disposition des formations littorales : les cordons différenciés, les terrasses alluviales, les embouchures lagunaires et fluviales et de la mobilité du trait de côte aux rythmes des flux sédimentaires et des actions anthropiques de protection des rivages. De nouvelles thèses sur la vulnérabilité des secteurs côtiers, le flux sédimentaire dans les systèmes fluviaux, les faits géographiques côtiers, les ressources en eau ont été soutenues, prolongeant les actualisations des données.

La période 2000 à 2009 a été très active en travaux de levé de données spatiales, organisés dans le cadre des objectifs techniques du Centre de Gestion Intégrée du Littoral et de l'Environnement de l'Université de Lomé, axé sur les problématiques de zone côtière, d'hydrographie et d'hydrologie fluvio-lagunaire, sur les aspects océanographiques. Il est organisé tous les trois ans un levé du trait de côte (2003, 2006, 2009) aux GPS FX312 et HANNA ; un levé des points fixes sur différents segments en réponse des sites d'érosion grave. Une base de données est disponible ; la référence utilisée est la photographie aérienne de 1985 et celle de 1955 sur 12 km de côte à partir de la frontière Togo-Ghana. Des produits, issus de ces données, permettent de présenter la dynamique du trait de côte dans les segments d'accumulation et d'érosion.

¹⁴ Journal de la Recherche scientifique de l'Université de Lomé, série B T8, V1

¹⁵ Université de Bourgogne-Université Nationale du Bénin, Thèse de Doctorat, Géologie Marine

¹⁶ Université Michel de Montaigne, Bordeaux 3, Thèse de Doctorat, Géographie Physique

1.2 PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE

L'état de la côte sableuse du Togo, longue de 50 kilomètres, est passé de la stabilité morphologique, réponse d'équilibre entre flux sédimentaires fluvio-marins et facteurs océanographiques côtiers, à la perturbation dans les flux sédimentaires de diverses sources, due aux ouvrages sur les fleuves et la façade maritime, créant des cellules morphodynamiques dans lesquelles le mécanisme est contrôlé par les processus d'érosion, de transport et de sédimentation. La configuration du paysage côtier impose ce même rythme cellulaire au bénéfice d'un abaissement d'apports continentaux (sous saturation de dérive) et à l'augmentation de l'énergie et de l'angle d'incidence des vagues.

Située sur deux cellules, séparées par l'ouvrage portuaire, le rythme d'évolution du trait de côte a toujours fait l'objet de suivi et de mesure aussi bien dans les segments d'accumulation que d'érosion (5 à 7 m en moyenne de recul par an), pour des raisons d'importance scientifique et économique. Plusieurs années de suivi, dont les données constituent la référence, vont permettre de bien localiser les secteurs et d'actualiser les méthodes pour fournir à un observatoire régional des données, calibrées pour la prise en charge de la question d'érosion côtière, transfrontalière avec des incidences majeures, obligeant les politiques à entreprendre des ouvrages de protection des secteurs économiques et viables.

Les connaissances sont suffisamment avancées sur la question, étudiée depuis les années 1980 ; plusieurs publications en font cas. Elle est bien prise en compte dans le programme de stratégie de réduction de la pauvreté et dans les communications nationales sur les changements climatiques par l'étude de vulnérabilité et adaptation du littoral (MERF-PNUD-DCN, 2010). La question est fondamentale puisque plusieurs instances régionales s'en approprient pour créer un élan et un engagement de solution définitive au recul du rivage avec des pertes économiques, individuelles et collectives.

L'étude sur l'érosion côtière de la zone UEMOA est une démarche de relèvement de cette question de mobilité du trait de côte en progradation et en régression. Dans le cas du Togo où son importance est liée aux usages côtiers, les objectifs mettront globalement en exergue la vision du contrôle continu des manifestations physiques.

1.3 OBJECTIFS DE L'ETUDE

La côte togolaise porte des composantes industrielles, urbaines et rurales qu'elle impose des objectifs de planification au regard des contraintes majeures de morphologie de plage :

- considérer les connaissances scientifiques et techniques pour constituer la référence de base,
- définir les sites géographiques de référence pour l'étude de mobilité du rivage,
- mettre en exergue les travaux précis sur les sites déjà suivis,
- tracer les lignes de côte en utilisant les données disponibles,
- montrer les influences des ouvrages de protection sur la dynamique côtière,
- proposer des orientations pour la continuité des levés de données et informations sur la frange côtière.

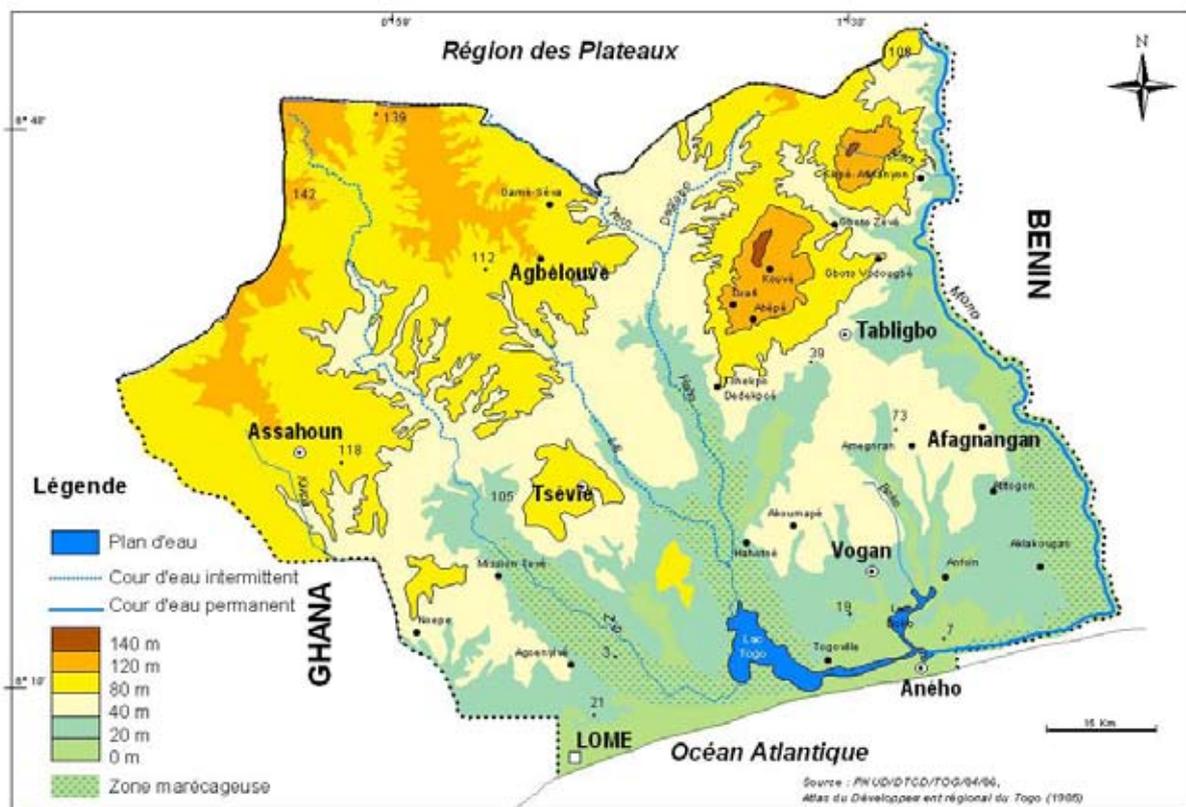
II. PRESENTATION DES SITES DANS LA REGION MARITIME

La Région Maritime, qui s'apparente à la région littorale, est localisée entre les longitudes 0°30'E et 1°50'E et les latitudes 6°05'N et 6°40'N. Elle a une superficie de 6 100 Km², représentant 11 % du territoire national. La région s'ouvre sur l'océan Atlantique par une côte basse sableuse (MEPF/ONUUDI, 1999 ; MERF, 2000 ; MERF-PNUD-DCN, 2010).

2.1 CADRE PHYSIQUE

La région littorale, y compris la ville de Lomé, se distingue par sa position géographique, ses trois bassins hydrographiques Zio, Haho et Mono liés par un système lagunaire s'ouvrant sur la mer (fig.2). Son climat est au rythme de deux vents qui régulent les saisons sèches intercalées entre les saisons pluvieuses, toutes marquées de conditions émergentes de température en nette augmentation et de pluie diluvienne. Cette ambiance climatique est supportée par une spatialisation de ressources physiques, naturelles dominées par des plans d'eau de surface, lesquelles portent les établissements humains déséquilibrés, variablement pauvres et les organisations économiques diversifiées.

Figure 2 : La région littorale du Togo

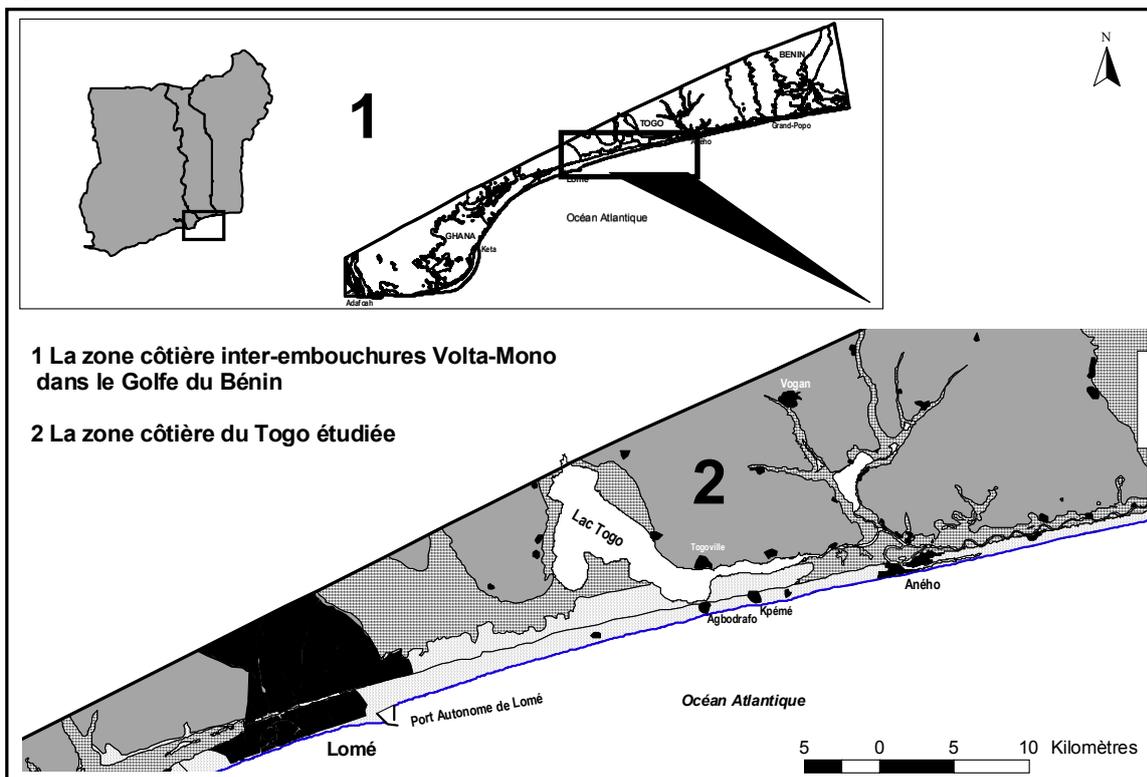


Ce contexte est couplé aux situations environnementales, du fait de leur évolution et impact sur les ressources humaines, les activités et le disfonctionnement biophysique des écosystèmes. L'érosion côtière domine dans ce paysage côtier comme une catastrophe, car plusieurs centaines d'hectares sont englouties par la mer ; la pollution sédimentaire envase les systèmes marins et côtiers et réduit les possibilités de productivité de certaines espèces ; l'inondation s'est installée à chaque saison des pluies, ennoyant les usages sur les terres de bas niveau topographique autour des drainages ; l'urbanisation grandit vite au profit d'un accroissement de la population (FNUAP, 2008) ; l'eau potable est une ressource très recherchée, insuffisante aussi bien pour les ruraux, consommateurs des eaux de surface de la terre de barre, que pour les urbains.

La région est constituée de plateaux compartimentés par la dépression de la Lama et les cours d'eau Zio, Haho et Mono, se situant entre les unités en roches cristallines au Nord et la plaine littorale au Sud (Klassou, 1996).

La plaine littorale est constituée de cordons littoraux sableux et de systèmes lagunaires recoupés par le système estuarien du Mono. Les formations fluvio-lagunaires et marines du littoral remontent à l'Holocène (Blivi, 1994, 1995). Deux systèmes de cordons, interne et externe, assez accolés forment une large unité continue entre le système lagunaire et la mer. Le cordon interne situé dans la partie Nord de la plaine littorale est constitué de dépôts sableux fins fluvio-marins, homométriques, de couleur jaune, exploités pour le bitumage. Il est à l'altitude 6 à 7 m, avec une épaisseur de 30 m. Le cordon externe est formé de plusieurs alignements successifs d'accumulations de sables, source de carrières de sable entrant dans la construction. Cette unité sédimentaire meuble de sables jaunes et clairs est large de 2 à 3 km dans les environs de Lomé et réduite à une étroite bande de 100 m à Aného (fig.3).

Figure 3 : Plaine côtière du Togo



La dynamique des paramètres océanographiques tels que le niveau marin, les courants, la houle, les vagues et la dérive littorale s'explique par la configuration étroite et relativement plane et peu profonde du plateau continental. Il présente une bathymétrie relativement subplane, assez régulière à partir de l'isobathe 10 m très proche du rivage, fréquemment à moins de 200 m. Il est découpé par des vallées comblées de sédiments, témoins d'une phase d'érosion. Son inclinaison est faible (moins de 1°) et a plus de 50% de sa bathymétrie en dessous de 50 m de profondeur. Les sédiments sont des sables fins à moyens avec des limons ; des sables durs, vases, graviers, galets, coquilles entières ou brisées, des coraux et des algues corallines (CNDO, 2003).

Les indicateurs du rythme océanographique : les courants, les marées, la houle, la dérive littorale et les vagues se manifestent de façon synchrone sur toute la côte du golfe de Guinée. La marée est de type semi-diurne avec deux hauteurs maximales et deux hauteurs minimales par jour, ayant une amplitude moyenne d'un mètre et un marnage faible, également d'un mètre. Ces conditions sont modifiées en période de tempête où les valeurs atteignent 2 m. Deux types de courants sont observés : le courant de Guinée, qui se manifeste au large à une vitesse moyenne de 1 m/s, orienté d'Ouest en Est et la dérive littorale, dirigée Ouest – Est également, avec une capacité de transport inférieur à 1 Mm³/an, évoluant dans une zone de plage aérienne entre 0,80 m et 0,50 m et de plage sous-marine entre -2 et -11 m (WAGP, 2003).

Les principaux vents sur le littoral du Togo, mesurés à la station Lomé-aéroport sont les vents du SSW et SW, soufflant en toutes saisons avec une vitesse moyenne mensuelle de 2 à 4 m/s ; les vents locaux, dû au réchauffement différencié des eaux océaniques et du continent ; les vents du NE, appelés " Harmattan" apportant la brume sèche et les particules fines des régions sahéliennes.

Sous l'impulsion des vents de l'Atlantique sud (vents du SSW et SW), la houle est assez régulière et se distingue par une hauteur moyenne de 1m à 1,5m ; en juillet - août - septembre, la hauteur maximale varie entre 2 et 3 m avec une période de 10 à 15 s. Son obliquité moyenne est de 6° à 7°, avec une direction SSW. La période de fortes houles se situe entre août-septembre et celle de faibles houles entre octobre-novembre et mai-juin avec 0,4 – 0,5 m de hauteur.

Les vagues à la côte animent le mouvement sédimentaire sur le proche plateau continental interne et la plage aérienne avec une capacité d'énergie modérée à élevée. Leur hauteur moyenne arrive à 1,25 m avec une période moyenne de 4 à 6 s.

Deux sources sédimentaires alimentent la côte : les embouchures des fleuves et le proche plateau continental interne. Les embouchures de la Volta et du Mono constituent les deux sources ponctuelles. Ces deux cours d'eau alimentent la dérive littorale en sédiments grossiers. Les apports en sédiments de la Volta avant la construction du barrage d'Akosombo étaient estimés à 1 M m³/an, sous le contrôle des débits de 1095 m³/s en saison sèche et de 6.000 m³ en saison pluvieuse. Les apports du Mono sont estimés à environ 100 000 m³/an. Avec la construction des barrages d'Akosombo et de Nangbéto (Rossi et Blivi, 1995 ; Blivi, 2000), la dynamique hydro-sédimentaire dans la basse vallée de

ces fleuves a été modifiée avec pour corollaire, une modification remarquable du transit sédimentaire sur la côte¹⁷.

Les apports en provenance du proche plateau continental interne et de la plage aérienne constituent les sources linéaires qui sont relativement importantes. Le proche plateau continental interne comporte des dépôts sableux holocènes qui alimentent assez régulièrement le flux sédimentaire côtier. La plage aérienne, d'une longueur de 50 km et constituée de sables à grains variés, contribue aussi au transit sédimentaire.

L'exhumation du beach-rock dans le secteur de côte à l'Est du port, est un indicateur probant du déficit sédimentaire constaté. Le beach-rock joue cependant un rôle dans cette dynamique côtière, parce qu'il freine, stabilise à court terme (5ans) le trait de côte dans les secteurs où il affleure (Blivi, 1998).

2.2 CADRE HUMAIN ET ECONOMIQUE

L'espace margino-littoral en front de mer se distingue par l'importance de la présence de l'homme, des services et des infrastructures de port maritime et d'aéroport (RT, RM, Commune d'Aného, 2007 ; Ministère du Tourisme, 2009). Les agglomérations de Lomé et d'Aného marquent par leur polarisation cet espace exposé aux faits essentiellement naturels.

La position géographique de cet espace fait de son site une richesse de ressources naturelles et anthropiques assemblées. Cette complexité met en exergue les pressions de l'homme par son emprise sur le système naturel. La ville de Lomé se trouve dans la zone ; elle est importante par 1 056 200 habitants, représentant 64% de la population de la Région Maritime, par les différentes catégories de services financiers et économiques, par les marchés, par les établissements de santé et d'éducation, par les infrastructures d'importation et d'exportation, par l'habitat très concentré sur les cordons, 11 736 habitants par hectare, surtout dans la partie basse de la ville et par le développement industriel et des sociétés d'entreprise. Elle est le siège du pouvoir politique, de l'administration centrale et de la coopération internationale. La ville d'Aného, symbole de l'histoire coloniale, ayant abrité la première capitale du Togo, se trouve dans l'aire géographique des sources culturelles très importantes de l'histoire des peuplements de la région du golfe du Bénin. La route internationale côtière de transbordements des hommes, des biens et services commerciaux reliant les capitales du Nigeria, Bénin, Togo, Ghana et Côte d'Ivoire passe par le pont sur la lagune, situé au centre ville.

¹⁷ BLIVI A., (1993) : Géomorphologie et dynamique actuelle du littoral du Golfe du Bénin (Afrique de l'Ouest) Thèse de Doctorat (Géographie physique) de l'Université de Bordeaux, 458 p.

2.3 EROSION COTIERE

L'érosion côtière est un phénomène de recul du rivage (photo.1) due à la diminution du volume sédimentaire en transit et à l'action des vagues sur les plages aérienne et sous marine (Blivi 2001). Elle est causée par la jetée du port de 1200 m, occasionnant deux cellules dont la cellule Ouest, un segment de sédimentation régressive sur 10 km de la ville de Lomé et une cellule Est, caractérisée par le recul du trait de côte de vitesse moyenne de 6 à 8m/an. En 1988, des ouvrages en enrochement de protection ont été construits, stabilisant le rivage entre Kpémé –Gumukopé et la ville d'Aného.

Photo 1 : Signification spatiale de l'érosion côtière ; recul du trait de côte à Kpogan



2.4 EROSION COTIERE

La pollution sédimentaire par le rejet des eaux argilifiées en mer (photo.2) est capitale, compte tenu de son étendue transfrontière et de ses affectations des ressources biologiques marines et lagunaires (Blivi, 2006). Sa composition est essentiellement des argiles et des métaux lourds identifiés dans le cortège des particules. L'usine, installée sur le cordon, assure les traitements des phosphates et libère un volume important d'eau par le déversoir en front de mer, transporté par le courant côtier du golfe du Bénin, de direction Ouest-est (photo.3). Des quantités d'argiles solides sont distribuées sur le haut de plage, rechargeant et atténuant le recul de la plage.

Photo 2 : Déchargement des eaux argilifiées sur la plage, en zone de côte protégée par des épis à Kpémé



Photo 3 : Transport des argiles par le courant côtier, état de la pollution transfrontière



2.5 INONDATION

La zone côtière est la partie terminale des trois bassins hydrographiques du Zio, Haho et Mono. Ils drainent les eaux dans les lagunes et les déchargent en mer. Les eaux remontent dans le sous-sol sédimentaire meuble des cordons et des vallées provoquant l'élévation des niveaux de nappes. L'inondation liée à l'absence de réseau d'assainissement ou au mauvais fonctionnement de celui-ci, affecte les quartiers de Lomé de façon récurrente suite aux pluies saisonnières. Elle est également due aux occupations humaines des zones inondables dans les vallées, des dépressions sur le plateau de terre de barre (photo.4). L'inondation dans les habitations sur le cordon sableux (photo.5) est expliquée par la remontée des eaux de la nappe phréatique.

Depuis 2007, la pluviométrie augmente en volume d'eau ; la distribution est à un rythme accéléré, créant des perturbations hydrométriques dans les systèmes de drainage. L'engorgement et la remontée des eaux s'effectuent dans des délais très courts provoquant des épandages d'eau dans les vallées utilisées par l'homme. Les eaux débordantes génèrent des inondations dans les maisons, des refoulements d'eau à travers les fissurations dans les formations sédimentaires stratifiées de zones estuariennes. Les inondations sont également dues aux balancements des écoulements fluviaux et marins par effet d'onde de marée dans la vallée du Mono. Les villages sur les terres exondées (Avévé, Agomé Séva etc...) sont ennoyés par l'élévation rapide du niveau des eaux suivie de l'épandage accéléré des eaux du fleuve, renforcée par les lâchers d'eau du barrage de Nangbéto. L'éloignement de l'embouchure à 14 km du droit du fleuve le long du cordon barrière retarde le déversement ; ce qui amplifie les ondes d'eaux dans toute la plaine côtière de lagunes.

Photo 4 : Inondation de quartier de la ville de Lomé



Photo 5 : Inondation par effet de remontée par capillarité des eaux de la nappe phréatique



III. APPROCHE METHODOLOGIQUE

Les données géoréférencées et celles issues des mesures de points fixes mettent en exergue les techniques mises en œuvre dans le cadre de l'analyse de la cinématique du trait de côte.

3.1 OUTILS

Ils sont à la fois cartographiques et informatiques :

- Photographies aériennes de 1955, 1985 TOG BEN couleurs, IGN, 1/10000
- Cartes topographiques, Togo, Bénin, Ghana, 1/50000
- Logiciels : Arc View 3.2a ; Map Info 7.5 ; Arc GIS

3.2 METHODES

Elles sont fondées sur :

- levé arpentage ;
- levé linéaire ;
- observations et rédactions des localisations, situations et circonstances géographiques ;
- points de repères fixes ;
- technique de positionnement ; récepteur du signal ;
- ligne de référence (trait de côte reconnue sur image de date ancienne) ;
- technique d'indicateurs sélectionnés (route, carrefour, pont, bâtiment, égout, wharf, pointe de jetée...) ;
- calcul de terres perdues (vitesse d'érosion et distance concernée) ;
- formule de calcul de zone d'ensablement.

3.3 EQUIPEMENTS

Ils se composent de :

- GPS FX 412, marge d'erreur 25 m
- GPS Hanna HI9828, marge d'erreur 10 m
- Outillages de mesure

3.4 DONNEES

Les types de données sont :

- X,Y, (Z) UTM
- Echelle temporelle (trait de côte) : 1955, 1985, 2003, 2006, 2009, 2010
- Type : numérique
- Format : numérique et papier
- Données ponctuelles : 2008, 2009, 2010

IV. ETATS DES PLAGES DES SITES ETUDIES ET EVOLUTION DIACHRONIQUE DU TRAIT DE COTE

La morphodynamique des plages est guidée par le processus d'érosion ou de transport d'accumulation de la cellule de dérive littorale. La côte togolaise est départagée dans deux cellules. La cellule ouest, d'une longueur de 25 km et la cellule est d'environ 30 km, entre le port et les ouvrages de protection, entre Gumukopé et Aného.

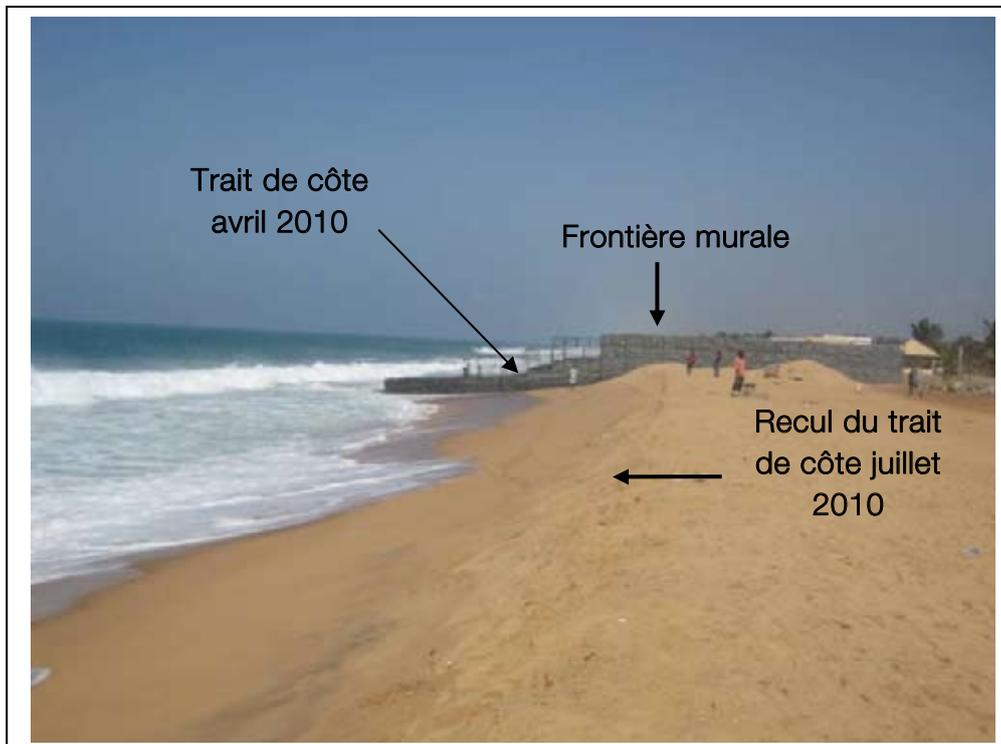
4.1 LA COTE OUEST DE LOME : CELLULE DE DERIVE LITTORALE OUEST

La cellule de dérive littorale comprend le segment d'érosion, entièrement sur la côte du Ghana ; le segment de transport, fluctuant autour d'un trait de côte avec tendance plus au recul qu'à l'avancée, dont la partie terminale va du PK0 au PK1.5 sur la côte togolaise ; le segment d'accumulation du PK2 au PK10, contre la jetée ouest du port de Lomé.

Deux états de plage caractérisent la côte ouest de Lomé :

- un état réflexif marqué par un talus de 1 à 1,50 m, dans la dernière flèche sableuse du haut de plage (photo.6), distant de 15 à 20 m des ouvrages et infrastructures économiques, sur une longueur de côte de 1500 m (de la frontière au carrefour du boulevard circulaire ouest) ;

Photo 6 : Plage réflexive, d'érosion sur la côte ouest de Lomé, frontière murale Togo-Ghana



(Photo du 8/07/10, K. Wilson)

l'autre type de plage est dissipateur, plage progradante, large surface de haut de plage (photo.7), de flèches sableuses coalescentes, parallèles et régulières, d'une longueur de 8 500 m.

Photo 7 : Plage dissipatrice, d'accumulation sur la côte ouest de Lomé



(Photo du 7/04/10, K. Wilson)

Des mesures du trait de côte sont assez régulièrement faites sur la partie critique de cette côte, du PK0 au PK2. Entre les données du 10 septembre 2008 et du 8 février 2009, sur les 16 points fixes de mesure, il est noté une sédimentation significative : sur le borne PK0, 19 m de distance du trait de côte en septembre 2008, alors qu'en février 2009, il est mesuré 33 m de la borne au trait de côte, d'où une progradation de 14 m. Le 7 avril 2010, il a avancé de 2 m par rapport à février 2009 (35 m) ; le 8 juillet 2010, il a reculé de 15 m en 3 mois. Dans l'axe du boulevard, une avancée de 19 m entre les deux dates a été enregistrée. Sur cette distance de côte de 1500 m, le site très exposé est d'une longueur d'environ 250 m, où sont installées les infrastructures des services de douanes. En juillet, toute cette partie de la côte ouest de Lomé a fortement reculé de 15 à 20 m par rapport à avril 2010.

Les levés du trait de côte de 2003 et 2006 montrent bien l'évolution de la zone d'accumulation (fig.4 et photo 8) par rapport à la ligne de base de 1967.

Figure 4 : Dynamique du trait de côte en zone d'accumulation entre 1967, 1986, 2003, 2006

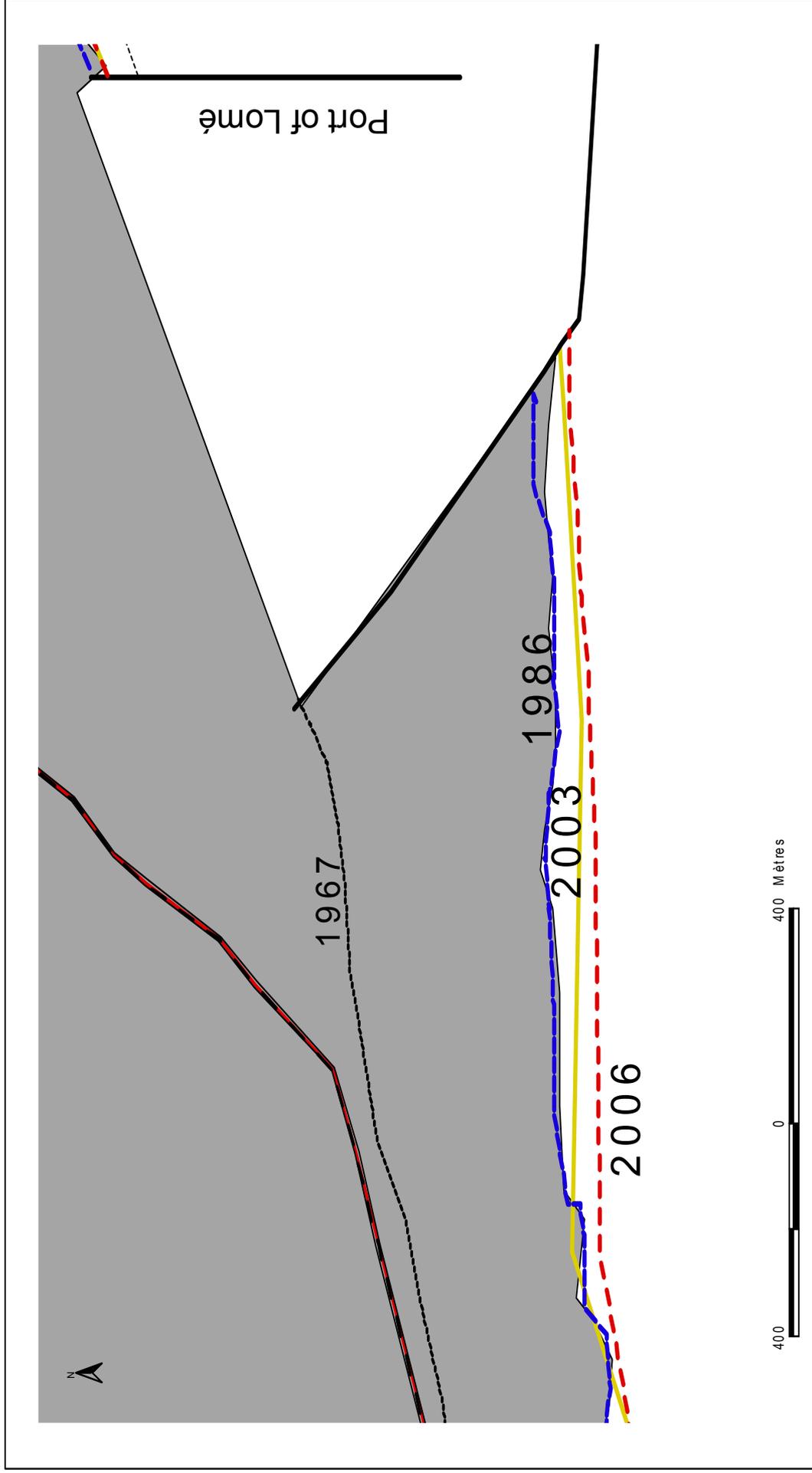
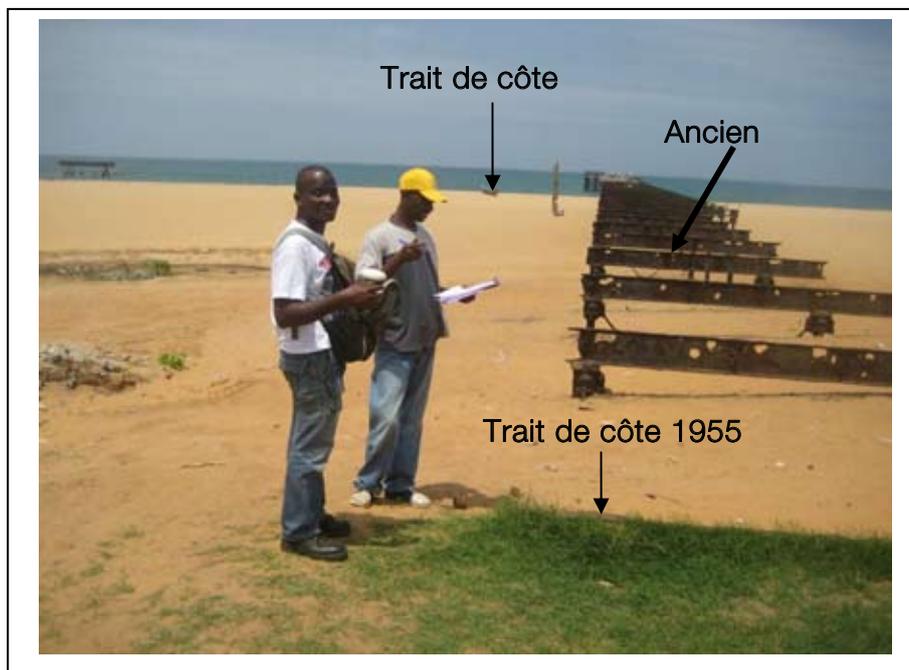


Photo 8 : Levé du trait de côte avec un GPS, en zone d'accumulation : trait de côte initial 1955 (avant la construction du wharf de Lomé) et trait de côte 2010



(Photo, 7/04/2010, A.B. Blivi)

Le levé du trait de côte d'avril 2009 a permis de reporter les coordonnées des points le long de la côte entre le PK0 et le PK10 (fig.5 et 6). Le trait de côte de 1986 est la référence, issu de la photographie aérienne (1 :10 000).

Figure 5 : Evolution des traits de côte entre 1986 et 2009, entre PK0 et PK5

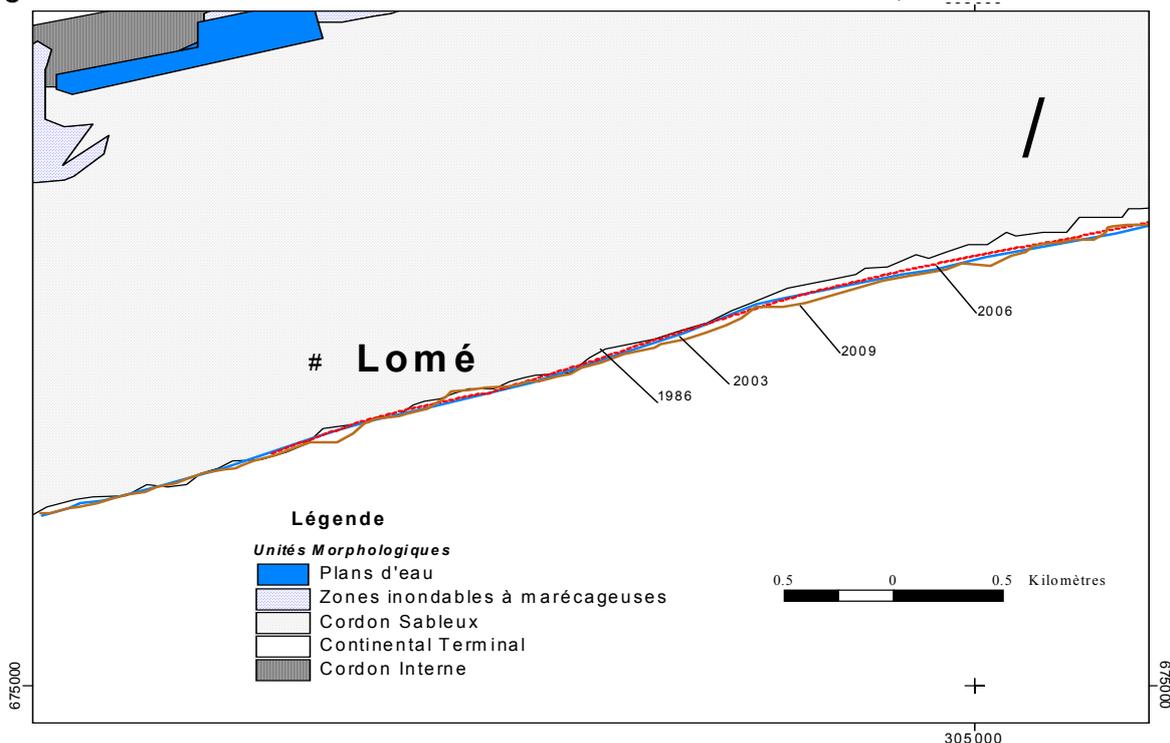
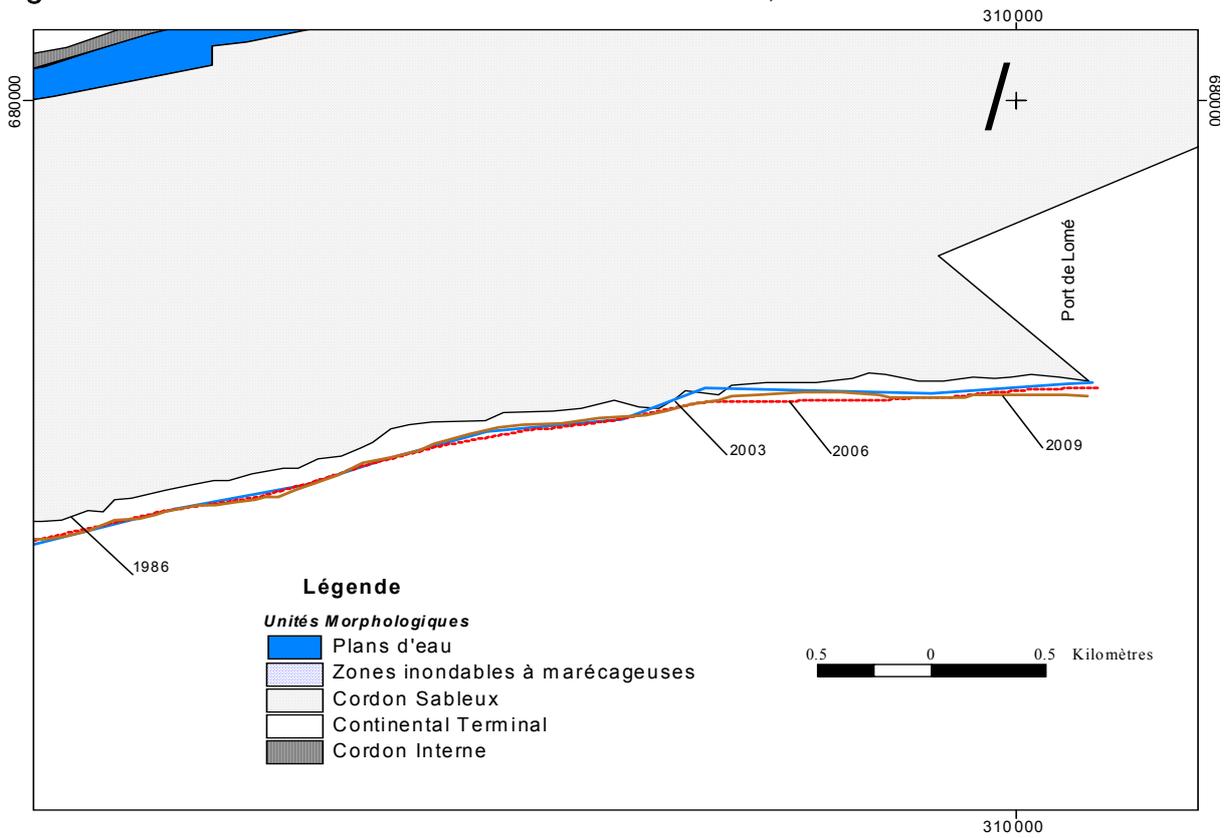


Figure 6 : Evolution des traits de côte entre 1986 et 2009, entre PK5 et PK10

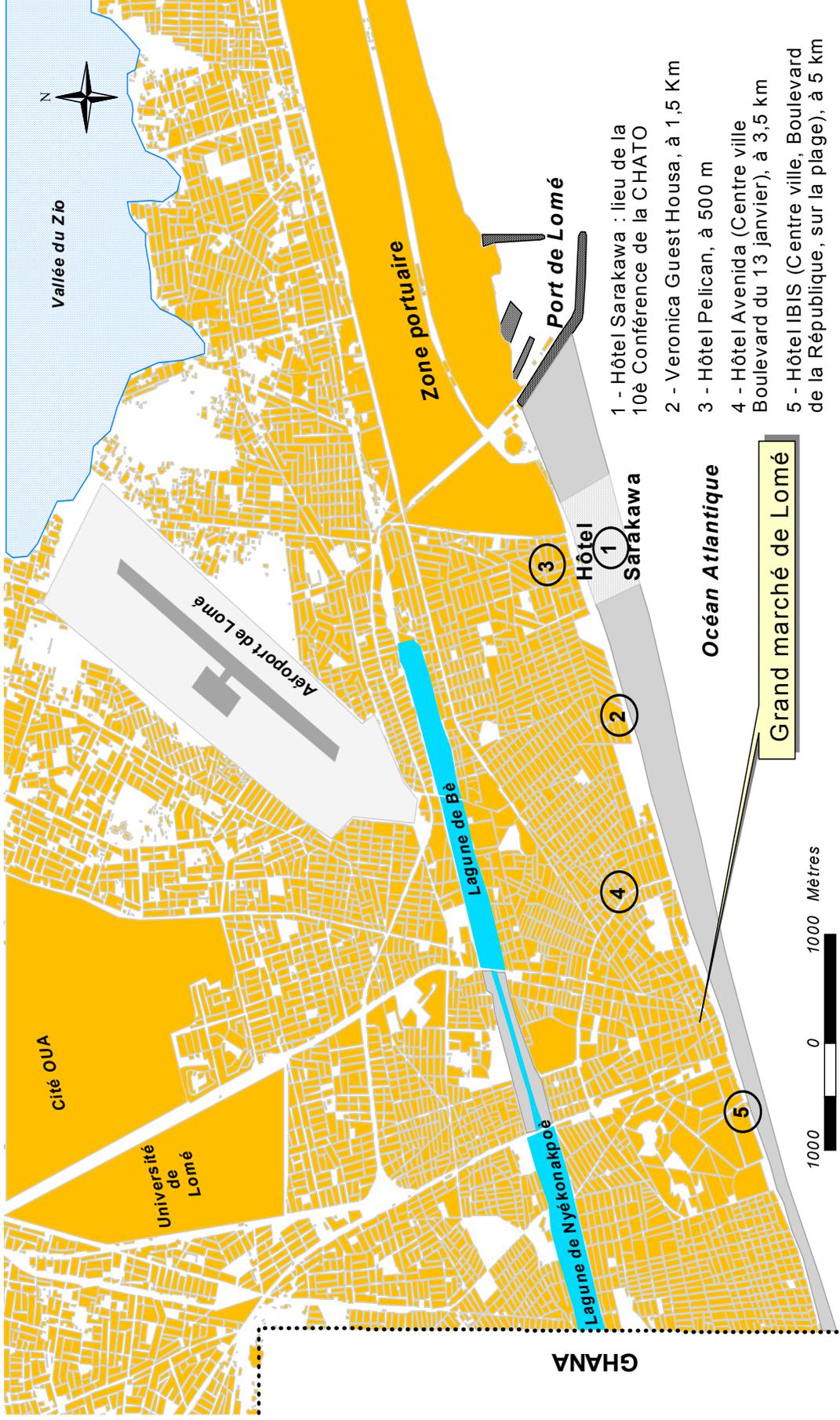


L'expression cartographique des données montre globalement que la côte ouest de Lomé, correspondant au segment d'accumulation de la cellule de dérive littorale, transfrontalière, a un rythme de croissance spatiale sur environ 8.5 km, stabilisant et augmentant la résilience des infrastructures en front de mer, notamment, le centre commercial et des affaires (l'aire du grand marché), les hôtels et résidences, le siège de ECOBANK (en construction), de la nouvelle route côtière (photo 9 et fig.7).

Photo 9 : Secteur d'accumulation progradante, entre PK6 et PK10
 (Photo de mai 2010, A.B. Blivi)

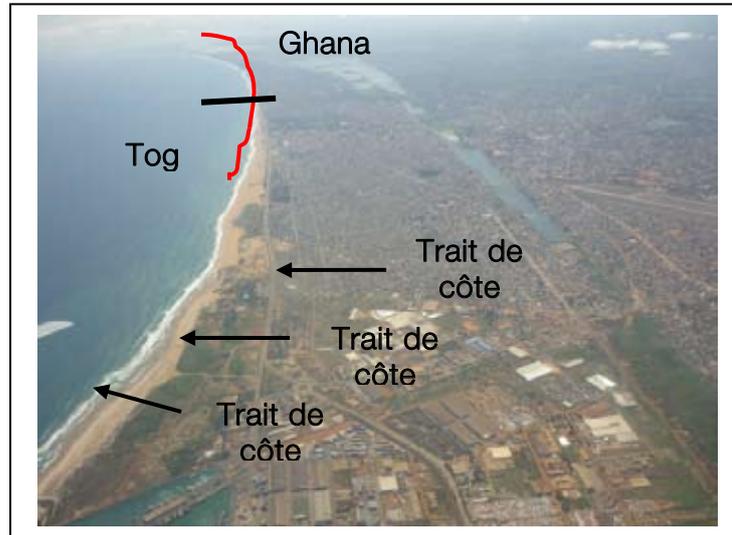


Figure 7 : Importance des ressources humaines, économiques, protégée par une côte d'accumulation progradante, entre PK3 et PK10 (ancien wharf et le port)



Le tronçon de 2 km (PK0-PK2 ; frontière – boulevard ouest), de régime sédimentaire aléatoire, entre recul et avancée du trait de côte, est de vulnérabilité élevée aux fortes vagues de tempêtes, aux marées de vives eaux, (Blivi, 2000) surtout que la baisse du flux sédimentaire est aussi forte dans le segment d'érosion de la cellule de dérive littorale (photo 10).

Photo 10 : Côte régressive vers l'ouest, vulnérable dans le secteur de la frontière
(Photo, A.B.Blivi)



La cellule de dérive littorale se situe entre deux ouvrages : une batterie d'ouvrages de protection de la côte à Kéta, constituée d'épis, longs de 200 à 300 m et de brise lames de 900 m et l'ouvrage maritime portuaire de Lomé, d'une longueur de 1200 m. Ces infrastructures, construites à différentes époques, ont recomposé le fonctionnement hydro-sédimentaire et morphologique le long de la côte, à partir de l'embouchure de la Volta.

Entre l'embouchure de la Volta et le port de Lomé, il existe deux cellules morphodynamiques. Les ouvrages de protection de Kéta sont construits, entre 2001 et 2004 (photo.11), sur le point terminal du segment d'érosion de la deuxième cellule de dérive littorale et bloquent le flux sédimentaire et la progradation latérale ouest du segment d'accumulation de la première cellule de dérive littorale, allant de l'embouchure de la Volta à Kéta (fig.8 et 9).

Photo 11 : Ouvrages de protection à Kéta, construits sur le segment d'érosion



La translation de séquences morphologiques a marqué le fonctionnement des deux cellules ; l'étendue de la zone de sédimentation sur la zone d'érosion et le rétrécissement des segments dans la deuxième cellule. Ce qui montre des segments recomposés en étendue spatiale avec un régime sédimentaire réduit dans la deuxième cellule.

Ces ouvrages sont contournés par une dérive littorale complètement sous saturée, avec des vagues d'angle d'incidence favorable à l'érosion marine de la flèche barrière entre la lagune et la mer. Ce nouveau segment d'érosion de la cellule est distant de 18 km, auquel est rattaché un segment court de transport de 5 km, transfrontalier, marqué par le balancement d'érosion-sédimentation saisonnier autour d'un trait de côte moyen. Le dernier segment de la cellule, la zone d'accumulation forcée par la jetée portuaire, de progradation latérale vers l'est, s'étend sur 8,5 km.

Figure. 8 : Deux cellules morphodynamiques entre l'embouchure de la Volta et le port de Lomé

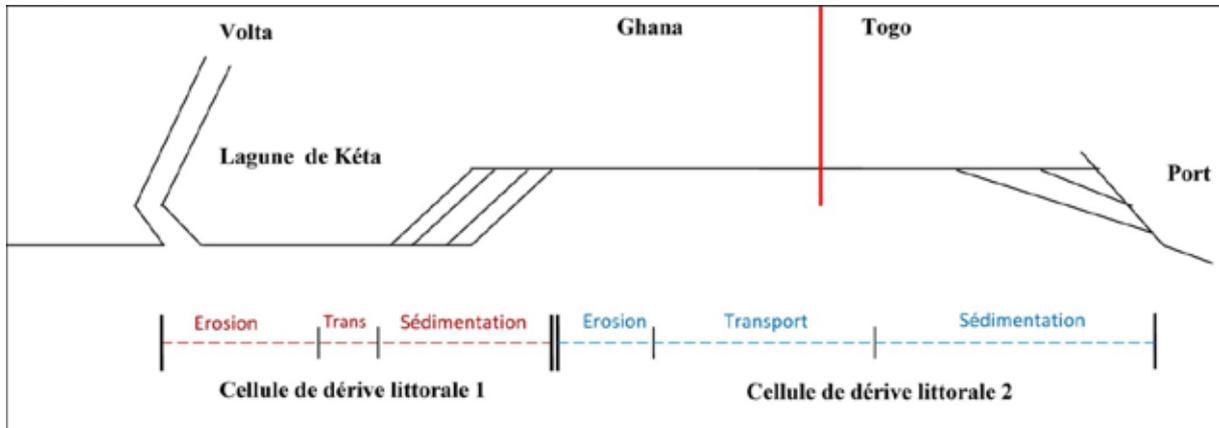
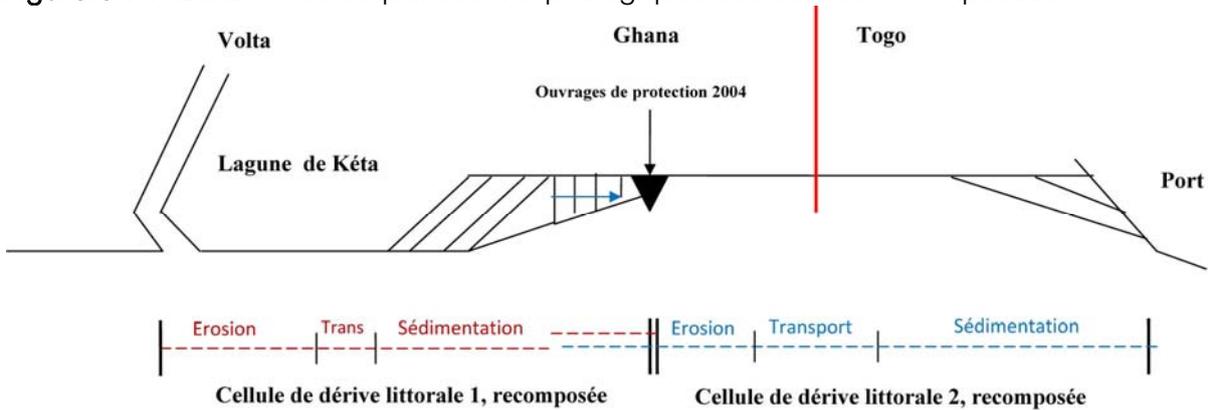


Figure.9 : Translation de séquences morphologiques des cellules recomposées



4.2 LA COTE A L'EST DU PORT : CELLULE DE DE RIVE LITTORALE EST

La construction de la jetée, entre 1964 et 1967, a déclenché une cellule morphodynamique dont les segments d'érosion, de transport et de sédimentation ont translaté progressivement, spatialement et temporellement, vers l'est avec le déplacement du pic de l'érosion. En 40 ans de recul du trait de côte, 300 à 400 mètres de plage ont été emportés sur 40 km de long (photo.12).

Photo 12 : Rivages de recul du trait de côte dû à l'érosion marine, segment d'érosion de la cellule de dérive littorale

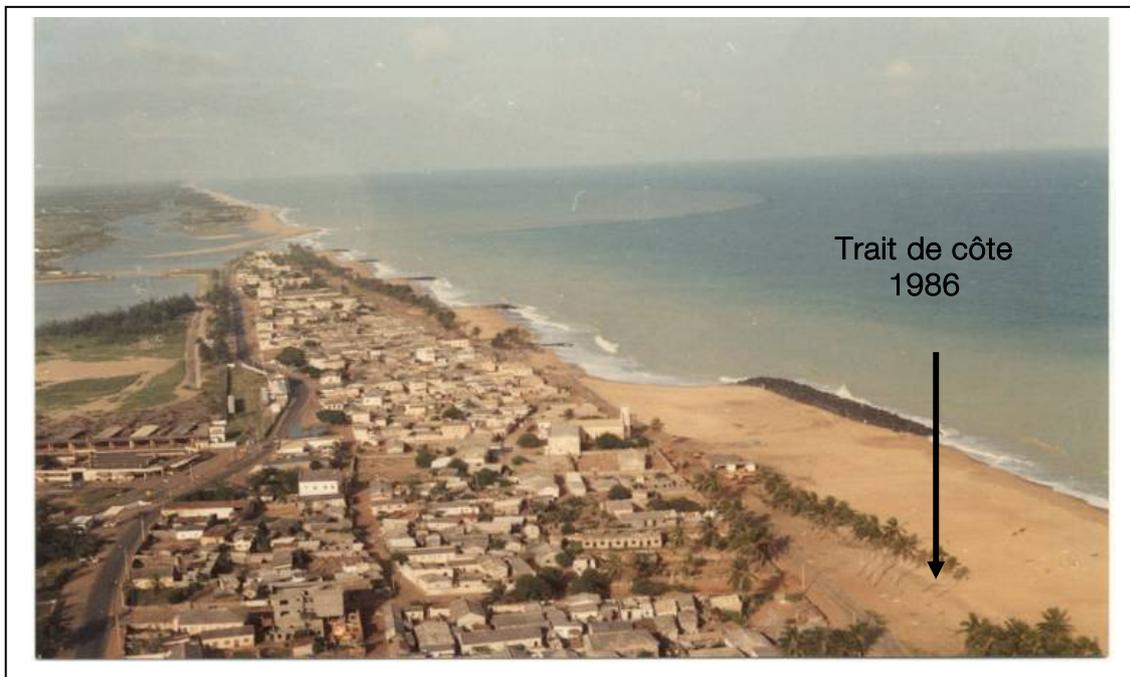


(Photo, A.B.Blivi)

Cette érosion translative a été vive entre 1967 et 1980, occasionnant des pertes dont les premiers pans de la route nationale côtière entre le PK12 et PK24, les hôtels et les villages. Plusieurs mesures de vitesse avaient été prises à travers des levés de profils de plage ; elles indiquaient des vitesses de 12 à 15 m/an. Au cours de cette même période, du PK25 au PK 40, les plages sont larges, d'épandages sédimentaires d'accumulation.

L'érosion a atteint toute la côte togolaise en 1988 (Blivi et Adjoussi, 2005), avec l'exhumation du beach-rock dans le profil de plage sur le bas de l'estran, à une position élevée au dessus du zéro hydrographique, écrasant les vagues et limitant le recul de plage, entre PK12 et PK15, à 2 m/an (Blivi, 2006). Les secteurs économiques et sociaux entre PK32 et PK36 (Agbodrafo et Kpémé, site industriel des phosphates) d'une part et PK38 et PK43 (ville d'Aného) d'autre part, ont été très menacés. Cette vulnérabilité forte dans ces deux secteurs a suscité des engagements politiques et scientifiques d'aménagement et de protection de côte par des ouvrages en épis de 60 à 80 m et un brise-lames, sauvegardant le trait de côte sur une distance de 15 km, en 1989 (photo.13).

Photo 13 : Ouvrages, brise-lames et épis, de protection de la côte à Aného, en amont de l'embouchure de la lagune

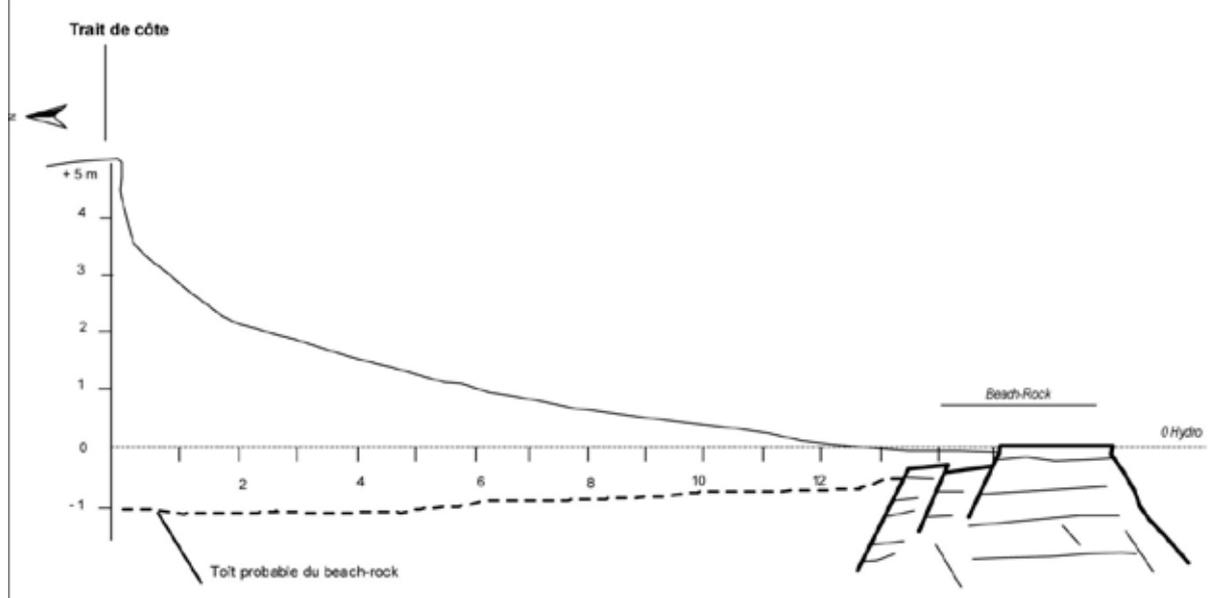


(Photo, G. Rossi, 1989)

La prise en charge scientifique et technique continue de suivi de l'évolution du trait de côte dans ce long segment d'érosion de la cellule s'est organisée à partir de 1995, en prenant comme référence l'image photographique de la côte de 1985 et quelques profils de plage de points fixes ayant résisté aux intempéries et aux usages sur la côte. L'évolution du trait de côte en 10 ans a gardé une vitesse de 10 m/an, en moyenne, avec des sites d'érosion avancée de 12 à 15 m/an entre PK32 et PK33 (Agbodrafo). Cette vitesse moyenne a baissé, 6 à 7 m/an en moyenne, avec l'exhumation du beach-rock sur environ 20 km de côte, jusqu'en 2000.

La dégradation du beach-rock par action mécanique des vagues dans plusieurs sites de côte et son niveau relativement bas, au zéro hydrographique (fig.10), ont favorisé les vagues violentes des périodes de marées vives et des saisons pluvieuses d'éroder les plages, de les reculer de quelques mètres supplémentaires et de remobiliser les sédiments vers l'est, piégés en partie par les ouvrages de protection.

Figure 10 : Profil de plage en érosion et le niveau du beach-rock par rapport au zéro hydro



Cette recharge sédimentaire, passagère, a permis, lors de la saison de 2009-2010, de reconstituer la flèche barrière, étroite de 5 à 10 m de large, à l'embouchure de la lagune à Aného, restée ouverte pendant 5 ans (photo.14), faute de sédiments en transit ; ce qui expliquait le déficit sédimentaire sur la côte togolaise, dû à la vidange des sédiments sur le proche plateau continental et la presque disparition de la plage sous marine et au blocage des sédiments dans le profil de la plage par le beach-rock sur quelques kilomètres. Cette flèche barrière, séparant la lagune de la mer, témoigne du transit sédimentaire en direction de la côte du Bénin (photo.15).

Photo 14 : Embouchure lagunaire à Aného ; échanges des eaux lagunaires et marines
(Photo, A.B.Blivi)



Photo 15 : Embouchure lagunaire à Aného ; fermée depuis novembre 2009
(Photo du 7/07/10, A.B.Blivi)



Des levés du trait de côte, avec usage d'équipement de géoréférence (GPS), sont organisés régulièrement et lorsque quelques significations spatiales d'effets océanographiques brutaux sont intervenus. Les données sont interprétées sur carte, montrant la mobilité du trait de côte tous les trois ans (fig.11).

Figure 11 : Mobilités du trait de côte 2003 et 2006 par rapport à la ligne de côte de 1985

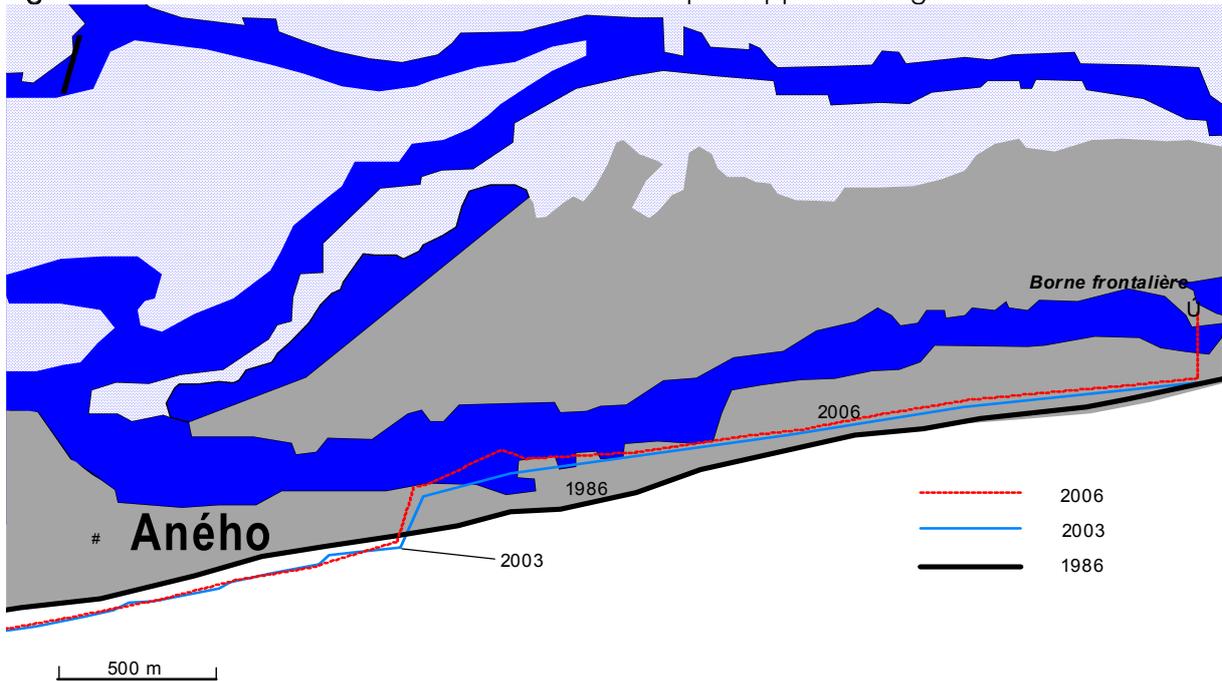
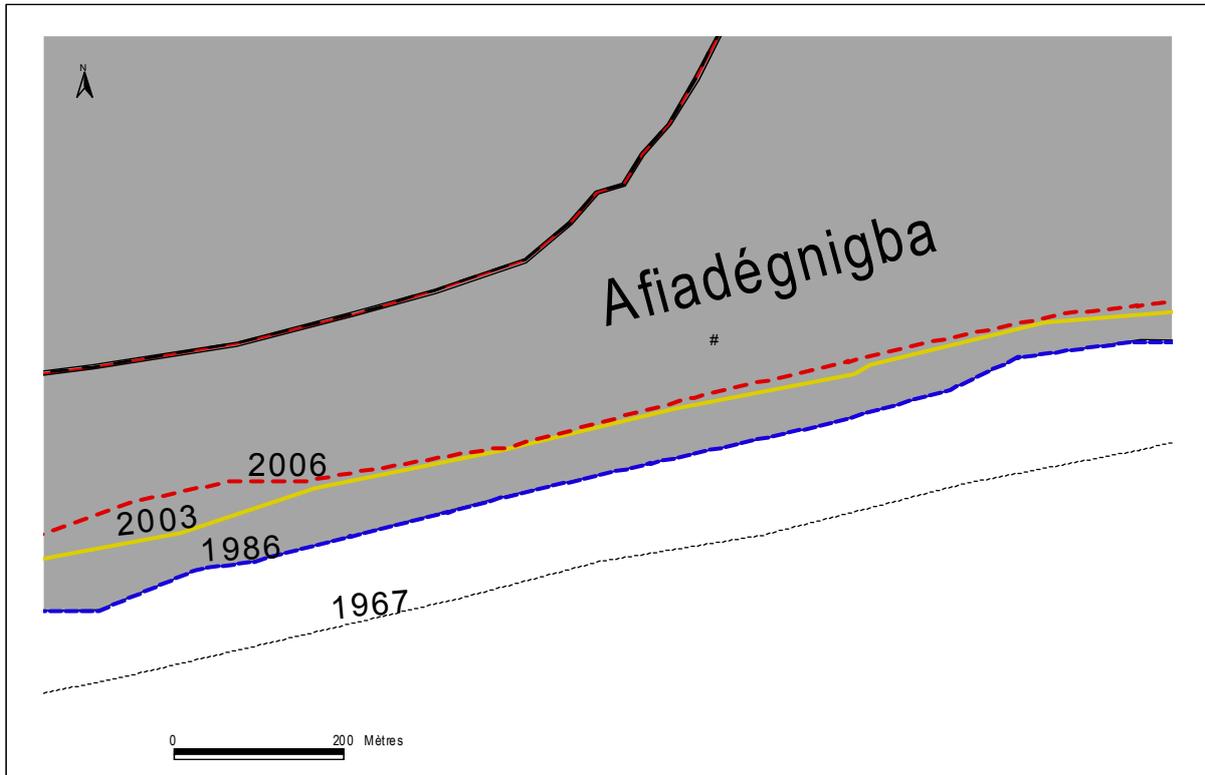


Figure 12 : Mobilités du trait de côte 1986, 2003 et 2006 par rapport à la ligne de côte de 1967



Les données collectées sur les différents traits de côte et les points repères fixes, régulièrement levés, montrent que l'érosion côtière continue et le niveau de gravité est fort, du fait que certaines infrastructures économiques et humaines sont menacées, affectées, et déplacées. La route nationale n°2, dans le secteur du village de Afiadégnigba, au PK23, se trouve à 75 m du trait de côte 2010 ; les villages Afiadégnigba et Gbétsogbé (PK11) perdent régulièrement des maisons chaque année. L'érosion menace le village d'Agbodrafo, au PK 33, qui n'est protégé que par des actions de fortune : déversement des argiles dures sur le haut de plage de la dernière flèche orientée vers la lagune. Entre les deux systèmes de protection de Kpémé-Gumukopé et Aného, une petite cellule dont le segment érodé est très prononcé, avec un recul impressionnant entre 1988 et 2008 d'environ 100 m sur 600 m, en moyenne 5m/an (photo.16).

Photo 16 : Segment d'érosion dans la cellule inter secteurs de côte protégés
(Photo du 7/04/10, A.B.Blivi)



Ce long segment d'érosion de la cellule, d'environ 27 km de long, constitue la problématique de développement, d'aménagement et de protection des ressources en terre, à laquelle une importance nationale et régionale doit être réservée. Sur le plan scientifique et technique, les résultats acquis sur la morphodynamique côtière ont eu pour cadre un ensemble d'outils, de méthodes et de volontés de recherche, base d'un plan objectif d'adaptation aux effets immédiats, à court et long termes.

Les enjeux socio-économiques de la zone côtière représentent plusieurs milliards de francs ; les populations augmenteront dans les espaces et les deux grands établissements, continueront d'utiliser l'environnement littoral, prédisposé pour accueillir les grands projets industriels, immobiliers, autour du port de Lomé, en croissance et en extension.

4.3 ANALYSE DE LA SYNTHÈSE CARTOGRAPHIQUE DES COTES OUEST ET EST

Elle se fonde sur des documents photographiques de 1955, 1985 et du levé au GPS du trait de côte de 2009. Les points concordants sur les photographies ont été repérés et harmonisés. Toute la méthodologie prescrite dans le cadre de cette étude de cas a été respectée ; l'application, à partir des logiciels indiqués, a été mise en œuvre pour dégager la cartographie de mobilité des traits de côtes et les calculs de vitesse morphodynamique. Trois types de cartes ont été mises au point : la carte 1 concerne la dynamique du trait de côte entre 1955 et 1985 ; la carte 2 rapporte l'évolution entre 1985 et 2009 ; la carte 3 établit la synthèse à partir des traits de côtes de 1955, 1985 et 2009.

La synthèse cartographique consolide les données spatiales disponibles sur les états de plage (carte 3), suivis depuis plusieurs années, décrits dans les publications et résumés dans cette étude de cas. Les calculs montrent pour la période 1955-2009, dans le segment de sédimentation, deux sous-segments : le premier (ouest) présente une moyenne de 244,48 m, équivalente à 4,28 m de progradation par an ; dans le second, long de 6 km, il est révélé une avancée de 8,38 m/an, montrant une accumulation régressive de la jetée vers l'ouest, d'une moyenne de 467,20 m. Le plus long profil d'accumulation est de 800 m.

Sur la côte à l'est du port, l'érosion a évolué en fonction du beach-rock. Trois sous segments ont été dégagés : dans le premier, la vitesse de recul est de 15,79 m/an ; la distance moyenne, sur la période de 54 ans, est de 594,64 m/an. Le second sous-segment présente un recul annuel de 6,35 m ; 255,37 m de recul en moyenne. Dans le dernier segment, 15,31 m de recul par an ; ce qui est équivalent à une moyenne de 812,37 m. Le site le plus en recul correspond au village de Afiadégnigba (PK20-PK22), où la nationale 2 se trouve à 75 m du trait de côte, levé en avril 2010.

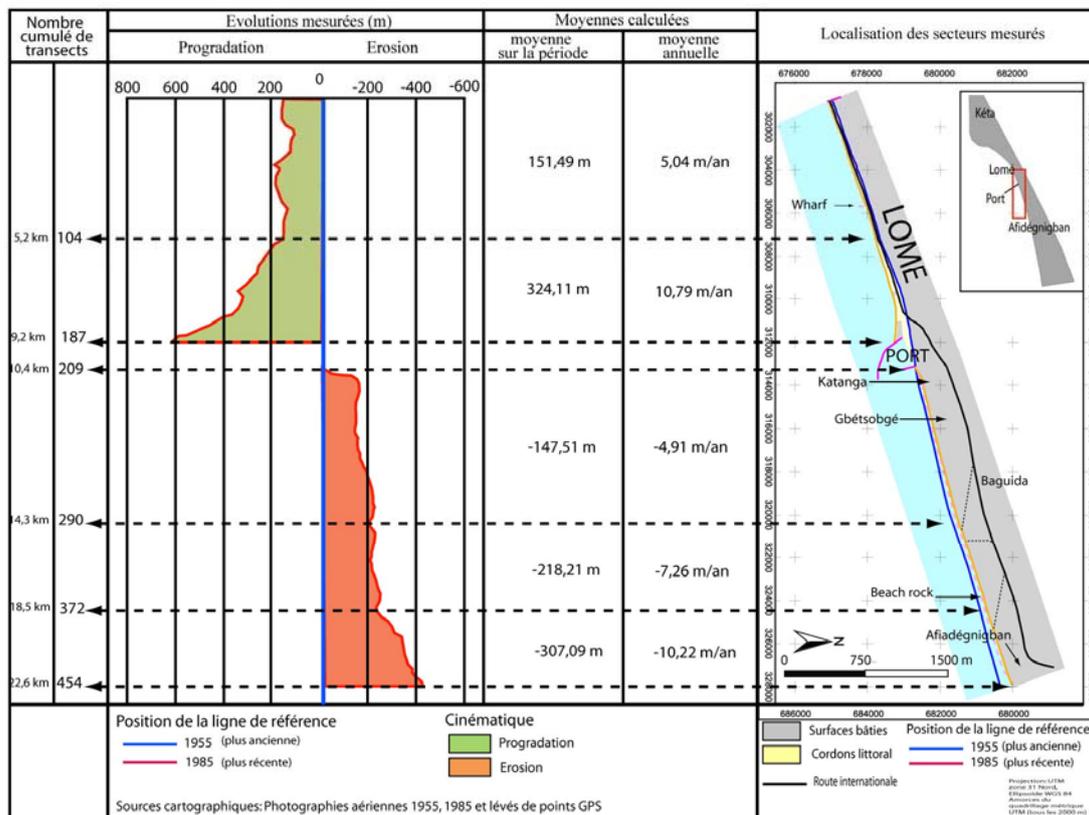
L'interprétation cartographique des données utilisées, de diverses sources, montre les significations spatiales de mobilité des traits de côte en sédimentation et érosion. Il en résulte que les réglages de résolutions entre mesures de terrain et les points de ligne de côte, géoréférencés par différents GPS de marge d'erreur considérable (25 m), soient un objectif des travaux du programme de lutte contre l'érosion côtière. Les vitesses d'érosion générées, dans le cas de cette étude, présentent des séquences de recul global ; durant les 54 ans, elles ont été variables sur des distances et périodes courtes en fonction du positionnement du beach-rock, graduellement mis en hauteur par rapport au zéro hydrographique.

Dans le premier sous-segment d'érosion, d'environ 3 km, entre 1967-1985, la vitesse est passée de 12 - 15 m/an à 5 - 2 m/an, du fait du rôle progressif de brise-lames joué par le beach-rock, en fonction de son exhumation jusqu'à atteindre +1.5 m au dessus du niveau zéro hydrographique.

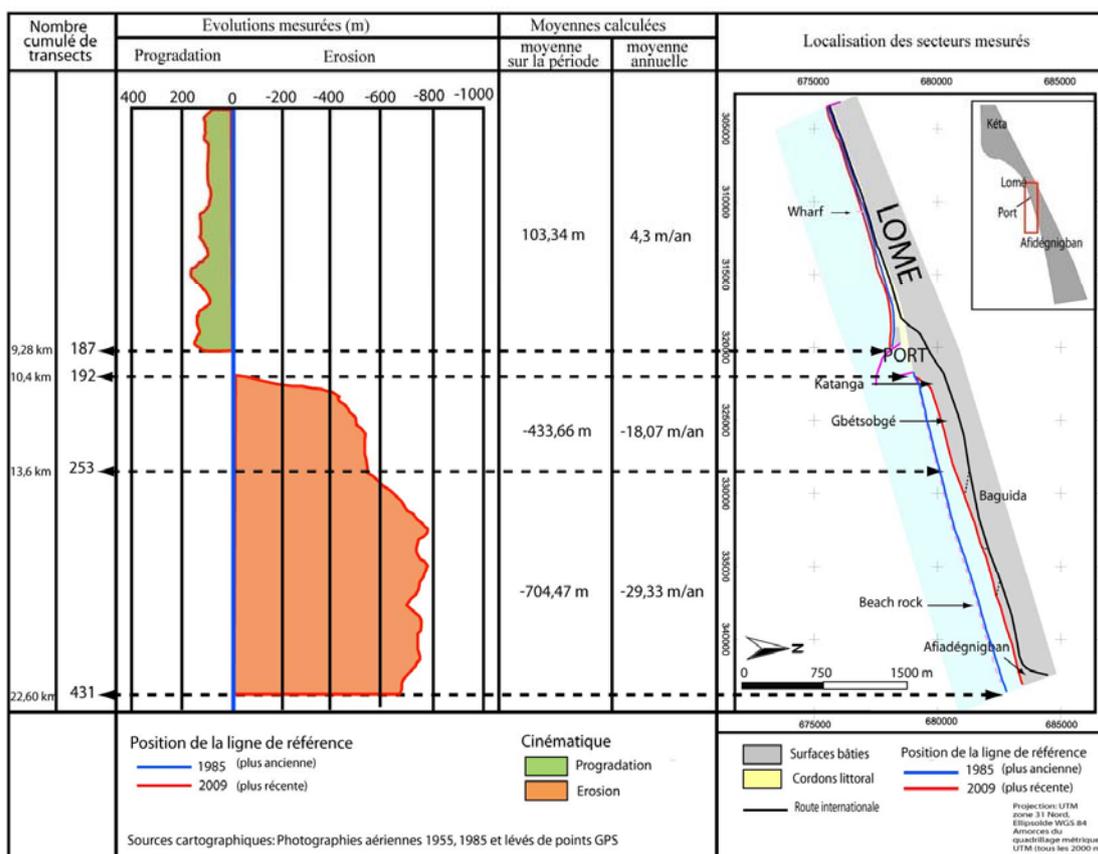
Dans la période 1955-1985, le segment de sédimentation, constitué à partir de 1967 avec la construction de la longue jetée du port (1200 m), a évolué de façon régressive vers l'ouest ; ce qui donne dans le paysage un secteur de large accumulation ayant pour base la jetée et un secteur de passage de flux sédimentaire relativement rétréci. Les vitesses générées dans cette étude montrent 5 m/an pour le segment de transit et d'équilibre de plage et 10 m/an pour le segment de progradation sur 6 km. Cette indication de vitesse d'accumulation dans le premier segment n'est pas significative de la réalité terrain. Il est notoire de comprendre que le flux sédimentaire détermine un régime d'érosion et de sédimentation, donc un trait de côte fluctuant. Les valeurs moyennes d'érosion calculées dans cette période sont relativement basses par rapport aux situations réelles d'érosion après la construction du port.

Dans la période 1985 - 2009, les données de mesure d'érosion montrent le développement de la cellule de dérive par un segment de départ des sédiments très prononcé. Il a progressé pendant 24 ans ; le beach-rock a ralenti le processus jusqu'à son effondrement, réduisant la vitesse sur environ une dizaine d'année à 2 m/an. Les valeurs issues du modèle utilisé rendent compte de la pression hydrodynamique et du manque de flux sédimentaire ; mais elles paraissent fortes par rapport aux circonstances de terrain. L'interprétation graphique et cartographique des manifestations de l'érosion côtière sur la côte démontre l'historique de l'évolution et renseigne valablement sur la portée de ce phénomène dû à la baisse ou la cessation du flux sédimentaire entre cellules morphodynamiques.

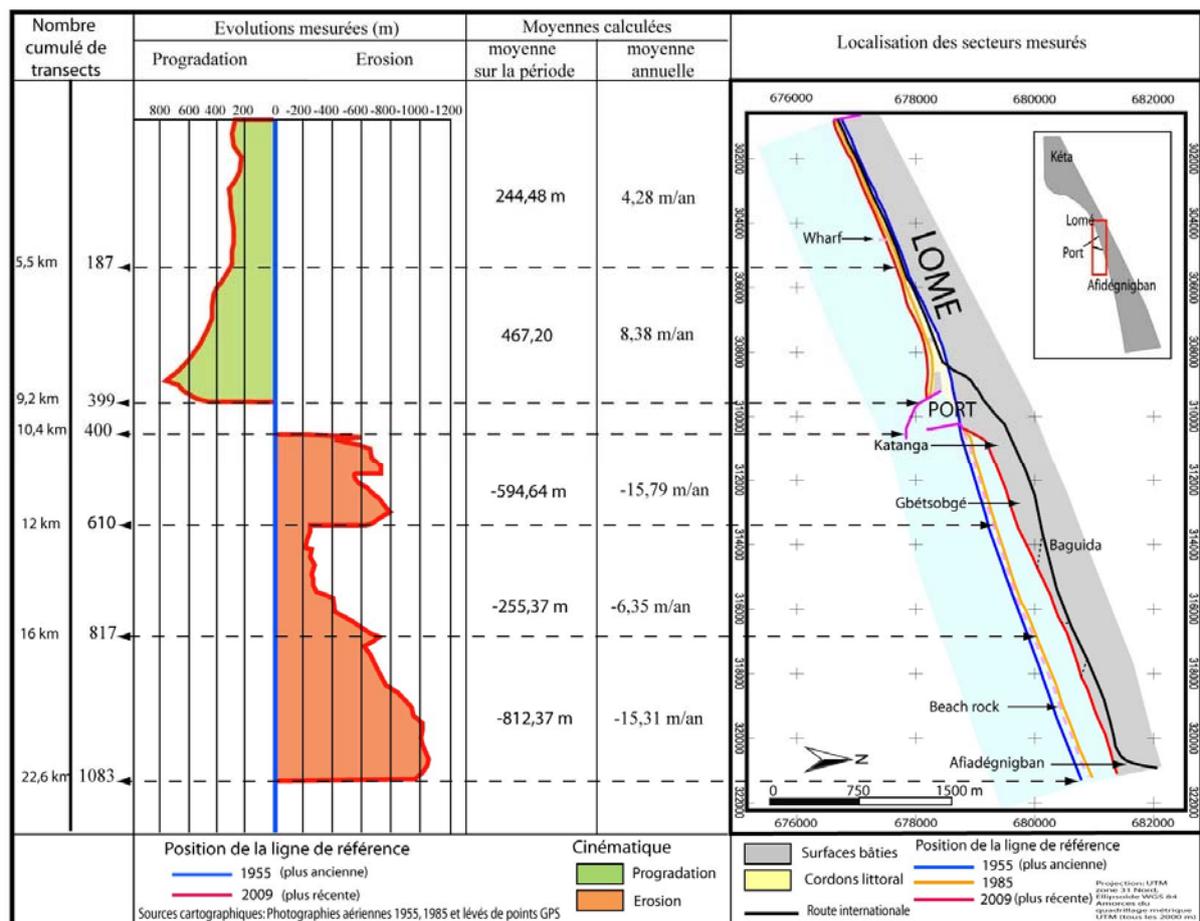
Carte 1 : Dynamique du trait de côte entre 1955 et 1985



Carte 2 : Dynamique du trait de côte entre 1985 et 2009



Carte 3 : Evolution des traits de côte de 1955, 1985 et 2009



V. PRESENTATION DES ETATS DE PLAGES ET RELATIONS AVEC L'ENVIRONNEMENT COTIER

Distance de côte	Aléa (causes)	Effet (Erosion/Sédimentation)	Impact/vitesse	Implications et Observations
PK0- PK2	Réduction du flux sédimentaire	Erosion/Séd Tendance saisonnière : Erosion	Erosion : 12 m Sédimentation : 15 m	Route côtière
PK2.5- PK10	Accumulation	Progradation avancée	10 à 15 m	Ensablement des égouts
PK10- PK12				Zone du Port
PK13- PK16	Réduction du flux sédimentaire / Forte action des vagues	Erosion	5 m en moyenne	Perte de terre, urbain et rural ; de pans de villages ; infrastructure menacée
PK17- PK22	Réduction du flux sédimentaire / Forte action des vagues	Erosion	5 m en moyenne	Perte de pans de village ; route nationale n°2 en danger de destruction
PK23- PK34	Réduction du flux sédimentaire / Forte action des vagues	Erosion	5 à 12 m en moyenne	Perte de terres rurales, d'infrastructures du village (cimetière, église)
PK35- PK39	Accumulation par ouvrage de protection	Stabilisation de côte par ouvrage de protection	Négligeable	Déferlement de vagues de marées de vives eaux
PK40- PK45	Fonctionnement de cellule	Erosion/Accumulation	Erosion : 5 m par an sur 600 m Accumulation	Perte de terre rurale, église du village
PK45- KP50	Accumulation par ouvrage de protection	Stabilisation de côte par ouvrage de protection	Négligeable	Très négligeable

VI. PROGRAMME FUTUR : ETUDE DU SUIVI DU TRAIT DE COTE ET DE LA ZONE ADJACENTE

6.1 PROGRAMME FUTUR : ETUDE DU SUIVI DU TRAIT DE COTE ET DE LA ZONE ADJACENTE

La continuation des activités de contrôle de l'évolution du trait de côte, des secteurs sensibles, menée par le Centre de gestion Intégrée du Littoral et de l'Environnement de l'Université de Lomé sera encore déterminante dans les conditions prises en charge par le promoteur de cette étude de cas, fortement ancrées sur le programme de lutte contre l'érosion côtière de l'UEMOA. Ce programme futur prendra appui sur les renforcements de capacités et des formations techniques des nouvelles technologies d'application, adéquates et complémentaires à la science de base : la géomorphologie côtière.

Les sites étudiés sur les bases disponibles et les références ponctuelles, dans cette étude de cas, font objet de cadre méthodologique et appliqué, à intégrer dans le futur programme régional de suivi du trait de côte. Ce programme futur de suivi tiendra compte de l'évolution du flux sédimentaire et du trait de côte de la façade côtière ouest du delta de la Volta au Ghana, dont dépend le fonctionnement des deux premiers kilomètres de la côte togolaise. Ce site est très sensible et vulnérable au risque d'érosion due aux fortes marées de vives eaux qui diminuent le volume de plage en profil plongeant vers l'importante infrastructure routière et les bâtiments du service des douanes.

6.2 BESOINS DU PROGRAMME

Les besoins chiffrés de ce programme futur sont :

- Formations avancées : trois jeunes chercheurs géographes en cartographie dynamique et géomatique
- Durée : 6 mois dans un centre spécialisé en Afrique de l'ouest
- Coût : 5 400 000 Fcfa
- (Stage : 1 500 000 Fcfa ; Prise en charge : 2 700 000 Fcfa ; Voyage : 1 200 000 Fcfa)
- Logiciels de géomatique (dernière version) : 2 500 000 Fcfa
- Table à numériser : 1 600 000 Fcfa
- Table traçante : 1 200 000 Fcfa
- Outillage : 500 000 Fcfa
- Ordinateurs, disques externes, et imprimantes couleurs : 5 000 000 Fcfa
- Véhicule : 7 500 000 Fcfa
- Total du coût des besoins : 23 700 000 Fcfa.

6.3 TERMES DE REFERENCE

Titre de l'étude : Etude du suivi de l'évolution des états de plages du Togo

Promoteur : UEMOA

Opérateur scientifique et technique : Centre de Gestion Intégrée du Littoral et de l'Environnement, Direction de la Recherche, Université de Lomé

Résumé : objet et nature des prestations

Les présents termes de référence se rapportent aux prestations scientifiques et techniques d'étude morphodynamique de plages, érosion et sédimentation côtières, inscrite au programme régional de lutte contre l'érosion côtière de l'UEMOA. L'étude de cas intitulée : Caractérisations des états de plage dans deux cellules de dérive littorale : côtes à l'ouest et à l'est du port de Lomé, constitue le socle de cette proposition d'étude de levé de données spatiales et d'interprétations cartographiques expliquées. Elle prendra en compte des mesures sur la côte du Ghana, bordant la partie terminale orientale du delta et également, l'état d'occupation, quantitatif et qualitatif, de la zone adjacente de 100 m de la ligne de base.

Objectifs :

L'objectif principal est de renforcer les connaissances, les méthodes sur les applications d'interprétations des faits côtiers, particulièrement la mobilité du trait de côte en zones de sédimentation et d'érosion et d'assurer les autorités compétentes dans les prises de décision de gestion et de protection de la côte.

Les objectifs spécifiques sont de :

- décrire l'importance économique de la zone adjacente, dans le contexte du domaine public maritime,
- définir l'état de la ligne de base de référence,
- lever les coordonnées des points le long du trait de côte
- cartographier l'évolution des traits de côte,
- examiner les aires potentiels de risques et les dommages occasionnés,
- identifier les mesures de réduction des effets d'érosion,
- établir un plan de protection de la côte.

Méthodes :

Le CGILE mettra en œuvre toutes les méthodes applicables au levé d'informations et de données de position topographique de la ligne de base, en utilisant les techniques utiles, notamment :

- d'implantation de bornes de référence des profils ou des points de rupture, tous les 200 m ; 500 m et 1 km,
- de nivellement,
- de mesure du profil topographique de plage,
- de levé de coordonnées X, Y, Z,

Résultats attendus :

Un document faisant état d'inventaire de l'occupation du sol dans la bande côtière des 100 m de la ligne de base est disponible,
La ligne de base de référence dans un plan géoréférencé est établie,
Les cartes des segments de côte à une échelle bien définie selon les normes requises sont faites,
Un document de calcul des superficies à perdre, dans des échelles temporelles est proposé,
Un schéma de structures de protection de plages selon les configurations géomorphologiques est également proposé et disponible.

Le CGILE fournira les produits suivants au terme des phases de l'étude qui durera cinq ans :

- un rapport d'étude sur les aspects liés au titre de l'étude,
- des cartes de mobilité de côte, de calcul des terres perdues dans la zone d'érosion,
- un schéma de protection avec les coûts de réalisation

Mandats

- Le CGILE a pour mandat de réaliser l'étude dans un délai de 5 ans ; des rapports d'étapes seront fournis au promoteur sur l'évolution des travaux inscrits,
- d'utiliser les résultats existants pour renouveler les connaissances,
- de collaborer avec les équipes du Ghana et du Bénin pour une meilleure prise en compte régionale de la problématique transfrontalière,
- d'organiser une enquête sociale pour établir l'inventaire quantitatif et qualitatif des occupations dans la bande de 100 m du trait de côte,
- d'établir la vulnérabilité proche de l'effet,
- de s'appuyer sur la responsabilité du promoteur dans le cadre du programme régional de lutte contre l'érosion côtière pour obtenir des données additionnelles,
- d'organiser des missions de contrôle des objectifs au Bénin et Ghana,
- de proposer un plan de protection

Plan d'exécution et délais des opérations de base :

Le plan d'exécution se compose de :

- topographie raccordée à un point repéré X, Y, Z et pose des bornes, 3 mois de travaux,
- levés périodiques, tous les 6 mois,
- cartographie des informations et données, programmée sur la période de l'étude,
- levé de données sociales pour l'établissement de la vulnérabilité proche.

Coût de l'étude de suivi :

les opérations de base : 8 000 000 Fcfa

levé périodique (500 000 F x 2 = 1000 000 par an x 5 ans) : 5 000 000 Fcfa

traitements cartographiques et calculs : 1 500 000 Fcfa par an x 5 ans : 7 500 000 Fcfa

Coordination de l'étude : 1 200 000 Fcfa par an x 5ans 6 000 000 Fcfa

Total : 26 500 000 Fcfa

Durée de l'étude

La durée de l'étude est de 5 ans (2011-2016).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANTHONY, E.J. & BLIVI, A.B., 1998 – Morphosedimentary evolution of a delta-sourced, drift-aligned sand barrier-lagoon complex, western Bight of Benin. *Marine Geology* 158, pp 161-176.

BLIVI, A.B., 1993a - Morphology and current dynamics of the coast of Togo (Morphologie et dynamique actuelle de la côte du Togo). *Géo-Eco-Trop*, 17 (1-4) 21-35.

BLIVI A., 1993b - Géomorphologie et dynamique actuelle du littoral du Golfe du Bénin (Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat (Géographie physique) de l'Université de Bordeaux, 458 p.

BLIVI, A.B., 1994 - The geomorphological evolution of the Volta delta during the Holocene. In *Proceedings, International Symposium on Quaternary Coastal evolution : Models, Process and Local to Global Factors*. IGCP, Project 274; pp 11-14, Oosduinkerke.

BLIVI, A.B., 1995 - Le delta de la Volta : de l'Holocène à l'Actuel ; *Ann. Univ. Bénin, Sér. Lett.*, Tme XV, 1995, pp 109-125.

BLIVI, A.B., 1998 - Les contraintes de l'aménagement du site de Lomé : l'exemple de la morphologie. *Collection "Patrimoines" n°7*, pp 175-188.

BLIVI, A.B., 1998 - Quelques aspects du beach-rock dans le golfe du Bénin ; le cas du Togo. *Revue CAMES, série B*, vol. 00, pp 43-56.

BLIVI, A.B., 1999 – Impacts de l'érosion côtière sur l'économie d'un pays et éléments d'étude de vulnérabilité. Exemple du Togo dans le Golfe de Guinée. In *Travaux et Recherches Géographiques n°15*, pp51-66.

BLIVI, A.B., 2000 – Effets du barrage de Nangbéto sur l'évolution du trait de côte : une analyse prévisionnelle sédimentologique. *J. Rech. Sci. Univ. Bénin (Togo)*, 2000, 4(1) : 29-41

BLIVI, A.B., 2000 – Vulnérabilité de la côte togolaise à l'élévation du niveau marin : une analyse de prévision et d'impact. *Collection "Patrimoines n°11"*, vol.2, pp 643-660.

BLIVI, A.B., 2001 – Impact de l'érosion côtière et éléments d'étude de vulnérabilité : exemple du Togo (Golfe de Guinée). *Revue de l'Université de Moncton*, vol.32, n° 1-2, 2001, 289-308.

BLIVI, A.B., ANTHONY, E.J. & OYEDE L.M., 2002 – Sand barrier development in the bight of Benin, West Africa. *Journal : Ocean and Coastal Management*, vol : 45(2-3) pp 185-200.

BLIVI, A.B. & ADJOUSSE, P., 2004 – La cinématique du trait de côte au Togo vue par télédétection (Moving of the Togo shoreline detected by remote sensing). *Geo-Eco-Trop*, 28, 1-2 : 27-38.

BLIVI, A.B., 2006 – Etude de contrainte physique dans l'aménagement de l'espace ; exemple du beach-rock dans la planification de zone côtière. J.Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo), série B, 8 (1) : 27-41.

BLIVI, A.B., 2006 – Pollution sédimentaire de frange côtière : analyse sédimentologique prévisionnelle de réduction des argiles déversées en mer à partir de la décantation. Ann. Univ. de Lomé, Sér.Lettre., Tome XXVI-2, pp.37-46.

Centre National des Données Océanographiques Togo, 2003 - Morphologie et dynamique côtières. PNR (Environnement marin et côtier). Col. de Recherche, vol. 1, n° 1.

Direction de la Météorologie Nationale, 2009 - Données de pluviométrie et de températures de la station de Lomé-Aéroport de 1971 à 2009.

FONDS DES NATIONS UNIES POUR LA POPULATION, 2008 - Etat de la population togolaise, Lomé, 55 p..

GERVAIS-LAMBONY. & NYASSOGBO K., 2006 - Lomé, Dynamiques d'une ville africaine. Karthala, Paris, 326 p.

KLASSOU, K.S., 1996 – Evolution climato-hydrologique récente et conséquences sur l'environnement : l'exemple du bassin versant du fleuve Mono (Togo-Bénin). Thèse de Doc. Univ. Michel De Montaigne (Bordeaux III). 472 p.

MEPF/ONUUDI, 1999 – Profil Environnemental du Littoral du Togo (Projet Grand Ecosystème Marin du Golfe de Guinée), 81p.

MERF-PNUD, 2000 - Etudes des cas de vulnérabilité : la zone côtière et la pêche. Communication nationale du Togo à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques.

MERF-PNUD-DCN, 2010 - Etude de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques : le littoral du Togo. Deuxième Communication Nationale du Togo (CCNUCC), MERF-PNUD, 320p

MINISTERE DU TOURISME, 2009 : Schéma d'aménagement de sites touristiques du cordon littoral du Togo ; 62 p + annexes, Lomé.

ROSSI, G. & BLIVI, A. B., 1995 - Les conséquences des aménagements hydrauliques de la vallée du Mono (Togo-Bénin). S'aura-t-on gérer l'avenir ? Cahiers d'Outre-Mer, 48 (192), pp 435-452.

RT, RM, Commune d'Aného, 2007 - Plan de développement socio-économique culturel de la commune d'Aného, 2008-2012, Aného, 124 p + Annexe

WAGP, 2003 - Etude d'impact du gazoduc sur l'environnement marin et côtier du Togo, 320p.

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Espace côtier du golfe du Bénin, entre la Volta et le Mono	6
Figure 2 : La région littorale du Togo	13
Figure 3 : Plaine côtière du Togo.....	14
Photo 1 : Signification spatiale de l'érosion côtière ; recul du trait de côte à Kpogan.....	17
Photo 2 : Déchargement des eaux argilifiées sur la plage, en zone de côte protégée par des épis à Kpémé.....	18
Photo 3 : Transport des argiles par le courant côtier, état de la pollution transfrontière	18
Photo 4 : Inondation de quartier de la ville de Lomé	19
Photo 5 : Inondation par effet de remontée par capillarité des eaux de la nappe phréatique	20
Photo 6 : Plage réflexive, d'érosion sur la côte ouest de Lomé, frontière murale Togo-Ghana	22
Photo 7 : Plage dissipatrice, d'accumulation sur la côte ouest de Lomé	23
Figure 4 : Dynamique du trait de côte en zone d'accumulation entre 1967, 1986, 2003, 2006	24
Photo 8 : Levé du trait de côte avec un GPS, en zone d'accumulation : trait de côte initial 1955 (avant la construction du wharf de Lomé) et trait de côte 2010	25
Figure 5 : Evolution des traits de côte entre 1986 et 2009, entre PK0 et PK5	25
Figure 6 : Evolution des traits de côte entre 1986 et 2009, entre PK5 et PK10	26
Photo 9 : Secteur d'accumulation progradante, entre PK6 et PK10.....	26
Figure 7 : Importance des ressources humaines, économiques, protégée par une côte d'accumulation progradante, entre PK3 et PK10 (ancien wharf et le port).....	27
Photo 10 : Côte régressive vers l'ouest, vulnérable dans le secteur de la frontière	28
Photo 11 : Ouvrages de protection à Kéta, construits sur le segment d'érosion.....	28
Figure. 8 : Deux cellules morphodynamiques entre l'embouchure de la Volta et le port de Lomé	29
Figure.9 : Translation de séquences morphologiques des cellules recomposées	29

Photo 12 : Rivages de recul du trait de côte dû à l'érosion marine, segment d'érosion de la cellule de dérive littorale	30
Photo 13 : Ouvrages, brise-lames et épis, de protection de la côte à Aného, en amont de l'embouchure de la lagune	31
Figure 10 : Profil de plage en érosion et le niveau du beach-rock par rapport au zéro hydro	32
Photo 14 : Embouchure lagunaire à Aného ; échanges des eaux lagunaires et marines....	32
Figure 11 : Mobilités du trait de côte 2003 et 2006 par rapport à la ligne de côte de 1985	33
Photo 15 : Embouchure lagunaire à Aného ; fermée depuis novembre 2009	33
Figure 12 : Mobilités du trait de côte 1986, 2003 et 2006 par rapport à la ligne de côte de 1967	34
Photo 16 : Segment d'érosion dans la cellule inter secteurs de côte protégés	34
Carte 1 : Dynamique du trait de côte entre 1955 et 1985	37
Carte 2 : Dynamique du trait de côte entre 1985 et 2009	37
Carte 3 : Evolution des traits de côte de 1955, 1985 et 2009	38