

COLLECTION GREEN LAND

REVUE DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT



Indexation



REVUE SEMESTRIELLE / N° 007 / JUIN 2025

ISSN : 1987 - 1511

E-mail : revuemiri09@gmail.com

Tel. +237 6 99 56 34 79 / +223 94 61 09 74

Bamako – Mali

EQUIPE EDITORIALE

Directeur de Publication

M. Konan Lewis OSCAR

Directeur Adjoint

Mme Eliane KY

Comité scientifique et de lecture

Pr Mahamadé SAVADOGO (Professeur des Universités, Philosophie politique, Joseph Ki Zerbo, Burkina-Faso)

Pr Issa N'DIAYE (Professeur des universités, Philosophie politique, Bamako, Mali)

Pr Jean Maurice MONNOYER (Professeur des Universités, Philosophie-métaphysique Aix-Marseille I, France)

Pr Isabelle BUTERLIN (Professeur des Universités, Philosophie, Aix-Marseille I, France)

Pr Akissi GBOCHO (Professeur des Universités, Philosophie, Félix Houphouët Boigny, Cote d'Ivoire)

Pr Abdoulaye Mamadou TOURE (Professeur des Universités, Philosophie-Société, UGLC SONFONIA, Conakry, Guinée)

Pr Jacques NANEMA (Professeur des Universités, Philosophie, Joseph Ki Zerbo, Ouagadougou, Burkina-Faso)

Dr Mamoutou Karamoko TOUNKARA (Maitre de conférences, Sociologie, FASSO, Ségou, Mali)

Dr Nacouma Augustin BAMBA (Maitre de conférences, Philosophie politique, FSHE, Mali)

Dr Tamba DOUMBIA (Maitre de conférences, Sciences de l'éducation-Société, FSHSE, Mali)

Dr Ibrahim CAMARA (Maitre de conférences, Sciences de l'éducation-Société, ENSup, Mali)

Dr Sigame Boubacar MAIGA (Maitre de conférences, Philosophie politique et sociale, ENSup, Mali)

Dr Iba Bilina BALLONG (Maitre de conférences, Philosophie, Lomé, Togo)

Dr Fousseyni TOURE (Maitre-assistant, Anthropologie, I.P.U, Bamako, Mali)

Dr Mody SISSOKO (Maitre-assistant, Sociologie-Education, ENSup, Mali)

Dr Diala DIAKITE (Maitre-assistant, Sociologie, ENSup, Mali)

Dr Moussa COULIBALY (Maitre-assistant, Sociologie, FSHSE, Mali)

Dr Souleymane KEITA (Maitre-assistant, Philosophie, FSHSE, Mali)

Dr Chiaka DOUMBIA (chargé de cours à l'Université de Ségou (Mali) FASSO)

Dr Djibril KEITA (Pédologue)

Dr Françoise DIARRA (Maitre-assistant, Philosophie de l'environnement, FSHSE, Mali)

Dr Adama KONATE (Maitre-assistant, Sciences de l'environnement, Faculté des Sciences de l'Histoire et de Géographie)

Rédacteur en chef

Mme Fatoumata BAMBA

Secrétariat de la revue

M. Souleymane COULIBALY

Bamako-Mali

E-mail : revueenvironnement@yahoo.com

Tel. (00223) 76 37 87 25

Présentation de la Collection

La Revue des Sciences de l'Environnement est une collection périodique spécialisée du Centre Africain de Recherche et d'Innovations Scientifiques (CARIS) et de ses partenaires dans le but de renforcer et d'innover la recherche dans les domaines de l'écologie, l'éthique environnementale, l'agroécologie, la biologie, la biochimie, la chimie environnementale, la pédologie, la géologie, la géomorphologie, la géographie, la climatologie et dans toutes les disciplines des sciences du vivants et de la terre.

Les objectifs généraux de la revue portent sur la valorisation de la recherche environnementale et du développement durable à travers la diffusion des résultats d'avancées et découvertes scientifiques, des croisements d'informations, des comptes-rendus d'expériences et de la synthèse des données.

Son objectif spécifique est de redynamiser la production et le partage des projets de recherche scientifique et technologique sur les défis écologiques du changement climatique, l'éthique et la responsabilité environnementale, la crise démographique et les politiques environnementales en Afrique.

SOMMAIRE

***Boureima SAWADOGO, Amadou ZAN, Hamidou SANFO, Joachim
BONKOUNGOU***

Perception locale de la conservation de la forêt classée de Tiogo (FCT) face à une forte dépendance aux ressources forestières.....1

Brice Didier Celce KOUMBA MABERT

Environnement physique du littoral nord du Gabon : de l'estuaire du Komo à l'estuaire de la Mondah.....15

Bassy KANOUTE

Analyse statistique de l'impact socio-économique de l'orpaillage artisanal au mali : profils des acteurs, revenus et conditions de travail.....41

ENVIRONNEMENT PHYSIQUE DU LITTORAL NORD DU GABON : DE L'ESTUAIRE DU KOMO À L'ESTUAIRE DE LA MONDAH

Brice Didier Celce KOUMBA MABERT

Chargé de recherche CAMES en géographie des mers et des littoraux

Institut de recherche en sciences humaines (IRSH)

Centre National des Données et de l'Information Océanographiques

CNDIO-CENAREST, Libreville, Gabon.

E.mail : koumbamabertb@gmail.com

Résumé

Cette étude qui intéresse le littoral nord du Gabon, particulièrement l'Estuaire du Komo et l'Estuaire de la Mondah montre un environnement assez dynamique et dont le fonctionnement est régi par les forçages météo-marins. Compte-tenu de l'hétérogénéité de la zone d'étude, l'étude est orientée vers la mise en exergue de chaque unité morphologique. Au-delà de quelques caractéristiques qui touchent l'ensemble de la région, l'article fait un focus sur l'environnement physique de chaque Estuaire. Au terme de la revue de l'art sur le milieu en étude et des investigations de terrain, on y découvre un environnement vivant, à la fois sur les plans de la météo, de la géologie et de l'hydrologie. Ces différents éléments jouent un rôle important dans le fonctionnement naturel de la région. Une région caractérisée également par un réseau d'aires protégées.

Mots clés : Environnement physique, hydrodynamique, dynamique sédimentaire, forçages, littoral nord du Gabon.

Abstract.

This study, which concerns the northern coast of Gabon, particularly the Komo Estuary and the Mondah Estuary, shows a fairly dynamic environment whose functioning is governed by weather-marine forcing. Given the heterogeneity of the study area, the study is oriented towards highlighting each morphological unit. Beyond a few characteristics that affect the entire region, the article focuses on the physical environment of each Estuary. At the end of the review of the art on the environment under study and the field investigations, we discover a living environment, both in terms of weather, geology and hydrology. These different elements play an important role in the natural functioning of the region. A region also characterized by a network of protected areas.

Keywords: Physical environment, hydrodynamics, sedimentary dynamics, forcing, northern coast of Gabon.

Introduction

Le présent article propose une synthèse sur les travaux de recherche effectués autour de l'Estuaire du Komo. Ces travaux de recherche ont été engagés dans le cadre d'un lot de recherche portant sur la modélisation des circulations hydrodynamiques et sédimentaires autour de l'Arc d'Émeraude. L'article analyse et met en exergue les données *in situ* nécessaires à une meilleure compréhension de la dynamique dans la région d'étude et à la validation des modèles numériques utilisés dans le cadre de la modélisation des différents paramètres environnementaux.

Ainsi, l'objectif de cet article est de caractériser l'environnement physique de l'Estuaire et de la zone côtière autour de la région modélisée. L'approche méthodologique est basée principalement sur des enquêtes menées sur le terrain. Elle repose également sur la recherche bibliographique dans les domaines de la géomorphologie (topographie, nature des fonds, couvert végétal) et régime climatique (vents, température de surface, précipitations, etc.) de la région d'étude, de l'hydrologie du bassin versant du Komo et du fonctionnement hydrodynamique. L'étude couvre l'ensemble de l'Estuaire du Komo et s'étend jusque dans l'Estuaire de la Mondah, en arrière de Libreville.

- **Localisation de la zone d'étude et approche méthodologique**
 - **Zone d'étude**

Baignée par le Golfe de Guinée et l'océan Atlantique, la façade maritime du Gabon s'étend sur 800-900 km entre la Guinée Équatoriale au Nord ($\sim 1.1^{\circ}\text{S}$) et la République du Congo au sud (3.9°S) (Lebigre, 1983 ; PNUD, 2012). La zone d'étude se situe principalement dans la région de l'Estuaire autour de l'Arc d'Émeraude constitué des parcs nationaux d'Akanda et de Pongara et de l'arboretum Raponda Walker (Figure 1). L'Arc d'Émeraude, qui forme une ceinture verte autour de Libreville, comprend les estuaires de la Mondah et du Komo dont la côte, colonisée par la mangrove (Ondo Assoumou, 2017), montre une alternance de plages de sable, de zones rocheuses et de petites falaises entre les caps Santa Clara et Esterias (Mombo, 1991). Cet estuaire, dont les mangroves occupent $\sim 900 \text{ km}^2$, forme une ria de $2\,900 \text{ km}^2$ ouverte sur 15 km dans sa plus grande largeur à l'Ouest de Libreville (TEREA et SOGREAH, 2011). Dans cet article, une attention particulière sera donc portée sur le bassin versant du Komo qui joue un rôle clé sur les circulations hydrodynamiques et sédimentaires de l'estuaire.



Figure 1: Localisation de la région d'étude

○ Méthodologie de collecte de données

La méthodologie employée s'appuie sur un ensemble d'ouvrages et d'articles en rapport avec la zone d'étude. La recension des écrits est complétée par des enquêtes menées sur le terrain autour de l'Estuaire du Komo. L'avantage du site d'étude est qu'il se trouve à proximité de Libreville, capitale du Gabon. La recherche documentaire a donc porté sur la consultation des thèses, articles, ouvrages qui touchent aux différents points abordés dans cette étude. Les informations obtenues ont été ensuite organisées en thématiques en fonction des caractéristiques dans lesquelles se trouve la zone d'étude.

- **Résultats**
 - **Climat**
 - **Généralités**

De par sa position géographique centrée autour de l'équateur, le Gabon se situe au niveau de la zone de convergence intertropicale (ZCIT) qui est une région de basses pressions atmosphériques où les vents des basses couches atmosphériques convergent. Ces masses d'air, proviennent principalement de deux grandes zones de hautes pressions des deux hémisphères. Dans l'hémisphère sud, l'anticyclone subtropical de Sainte Hélène génère les alizés de direction SE-NO qui se chargent d'humidité au-dessus de l'océan Atlantique. À la traversée de l'équateur les alizés sont déviés et s'orientent vers le NE formant un flux de mousson du SSO influençant fortement le climat Gabonais. Au contraire, dans l'hémisphère Nord, l'anticyclone égypto-libyen génère un flux d'air sec et chaud, l'harmattan, qui s'enrichit également en humidité au-dessus du Golfe de Guinée. À cause des variations saisonnières de l'insolation à la surface de la Terre, la ZCIT exhibe un déplacement méridien avec une position la plus septentrionale (centrée vers 15-20°N) en été boréal (juin-août) et la plus méridionale (centrée vers 5°N) en hiver boréal (décembre-février).

Selon Leriche (1983), le cycle des saisons peut être décomposé en 4 phases:

- En juillet-août, la ZCIT et l'anticyclone de Sainte Hélène atteignent leur position la plus septentrionale. Les alizés du SSE traversent l'équateur et une masse d'eau froide issue du courant du Benguela se propage du Sud au Nord du Gabon. Cette eau froide stabilise les couches atmosphériques surjacentes : c'est la grande saison sèche associée à des pressions et des températures de l'air légèrement plus basses que le reste de l'année (voir ci-dessous). Durant cette saison, dont la durée augmente du NE au SO du Gabon, les précipitations sont rares. Cette sécheresse liée à la présence du courant froid est exceptionnelle en milieu équatorial.
- À partir de septembre la ZCIT commence à migrer vers le Sud, et le contre-courant équatorial, s'écoulant du nord vers le sud le long du Gabon, prend place et transporte des eaux chaudes qui réchauffent les masses d'air surjacentes et déstabilisent la couche limite atmosphérique. L'humidité de l'air est alors très forte, les températures augmentent et les

précipitations sont abondantes. C'est la grande saison des pluies.

- En janvier-février, la ZCIT atteint sa position la plus méridionale et la majeure partie du Gabon est soumise à une petite saison sèche durant laquelle les précipitations diminuent.
- À partir de mars-avril, l'anticyclone de Sainte-Hélène se renforce et la ZCIT migre vers le Nord. Le Gabon est alors soumis à une petite saison des pluies induite par les pluies de mousson associées aux vents du SSO. Ces pluies peuvent être renforcées par l'incursion d'air humide en provenance de l'océan Indien qui génère des tornades et de fortes précipitations.

Finalement, à partir du mois de juin, l'anticyclone de Sainte-Hélène et la ZCIT continuent leur migration vers le Nord et le climat Gabonais évolue progressivement vers la grande saison sèche de juillet-août.

Comme détaillé ci-après, la région de l'Estuaire qui nous intéresse plus particulièrement se caractérise par un grand nombre de jours de pluies (170-200) et de forts cumuls de précipitations (2000 à 3800 mm/an) (Lerique, 1983). L'ensoleillement y est également important (> 1500 h/an à Libreville) et les températures sont quasi-stationnaires toute l'année. Cette région est donc soumise à un climat équatorial de transition qui se caractérise par i) une forte grande saison des pluies, ii) une petite saison sèche associée à une récession des précipitations, iii) une petite saison des pluies durant laquelle les précipitations s'intensifient de nouveau, et iv) une grande saison sèche bien marquée.

▪ Pression et vents dans la région

Les côtes du Gabon se situent dans la zone de basse pression intertropicale où la pression moyenne au niveau de la mer est relativement constante et de ~ 1010 hPa. Au contraire des régions des moyennes latitudes, la pression atmosphérique au Gabon est très stable et n'est pas influencée par le passage de perturbations atmosphériques (dépressions ou anticyclones).

Les données de ré-analyses atmosphériques NCEP/NCAR suggèrent que les vents dominants dans la Baie de Carisco proviennent du secteur SOO avec des vitesses typiques de 2.5-3.5 m/s (PNUD, 2012). Les valeurs extrêmes sont de $8-10 \text{ m s}^{-1}$ avec une période de retour de 50 ans.

À Libreville, les données de l'aéroport montrent que les vents proviennent également principalement du SO avec des vitesses < 5 m/s dans 80% des cas et même < 1 m/s dans 30% des cas (Lerique, 1983 ; TEREA et SOGREAH, 2011). Les variations saisonnières de l'intensité des vents sont faibles avec une très légère intensification des vitesses moyennes en juillet-août. Durant cette saison sèche, les vents dominants sont de secteur SSO, avec une prédominance très marquée pour le SO (Figure2), et soufflent à une vitesse de 4-6 m/s pendant la journée (brise de mer) et de 3 m/s pendant la nuit (brise de Terre). En saison des pluies, les vents moyens dominants sont de 3-4 m/s et de secteur SO pendant la journée et calme (~ 1 m/s) la nuit. Cependant, des valeurs extrêmes > 7 m/s (2-3% des cas) de secteur NE sont observées entre février et avril lors du passage de tornades ou grains orageux.

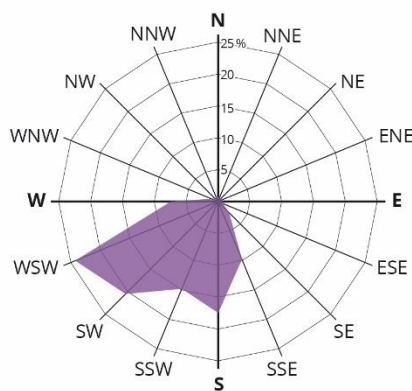


Figure 2: Les directions des vents (%) à Libreville

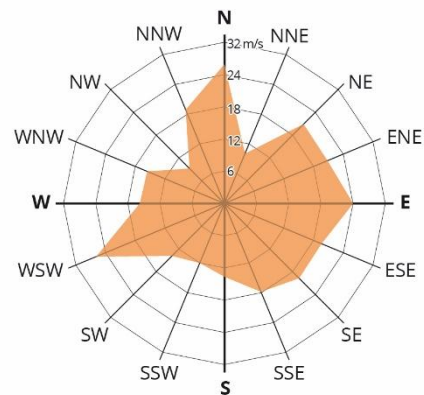


Figure 3: Rose des vitesses maximales des vents (m/s) à Libreville

Ces phénomènes violents, soufflant par rafales sont très éphémères et ne durent que ~ 30 mn. Bien que très aléatoires et difficilement prédictibles, la direction de ces épisodes extrêmes est habituellement du secteur NE et leur vitesse ponctuelle peut atteindre 20 à 30 m/s, et exceptionnellement ~ 40 m/s (Figure3). Comme mentionné par Mombo (1991), les conditions actuelles de vent n'ont pas d'impact sur la morphogénétique littorale et aucun modelé éolien n'est visible le long de la côte Gabonaise.

▪ Température de l'air

Les températures moyennes de l'air, de 25-26°C à Libreville (Mombo, 1991 ; TEREA et SOGREAH, 2011), diminuent légèrement du Nord de la Baie de Carisco vers le Sud et sont également moins élevées vers l'Est à cause de l'altitude (Lerique, 1983). Saisonnièrement, la température mensuelle moyenne varie entre ~24°C durant la saison sèche et ~27°C en février-avril, tandis que les minimales varient entre 23-25°C et les maximales entre 26-29°C. Les amplitudes thermiques à l'échelle saisonnière est faible dans l'ensemble du pays et varie de 2 à 5°C (Figure 4). Au contraire, les brises thermiques génèrent des fluctuations thermiques diurnes relativement importantes variant de 6°C près de la côte à 10°C à l'intérieur des terres (Lerique, 1983). Les températures journalières sont minimales vers 5-6h et maximales vers 14-15h.

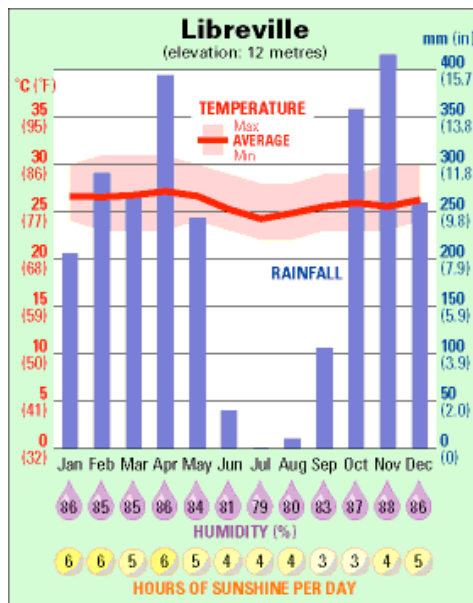


Figure 4: Conditions atmosphériques à Libreville (Source : <http://livingearth.canalblog.com/>)

▪ Humidité et Précipitations

Au Gabon, l'humidité relative atmosphérique moyenne est constamment supérieure à 80% et atteint parfois 98 %. À l'échelle diurne, le taux d'hygrométrie est maximum aux heures les plus fraîches (5-6h) et minimum aux heures les plus chaudes (14-15h) et ne descend que rarement au-dessous de 70 %. À l'échelle saisonnière, bien que les amplitudes soient faibles (4-8%) l'humidité

est logiquement maximale durant les deux saisons des pluies et minimale durant les deux saisons sèches.

Le cumul des précipitations annuelles ainsi que le nombre de jours de pluies diminuent du Nord au Sud du Gabon et de la zone côtière vers l'intérieur des terres, sauf autour de régions localisées sous influence de reliefs particuliers. Dans l'ensemble du territoire Gabonais, les précipitations varient de ~1400 à ~3500 mm/an (Lerique, 1983 ; Menie Ovono et *al.*, 2017). À Libreville, les précipitations moyennes sont de ~2900 mm/an (Figure 5) réparties sur ~180 jours de pluies.

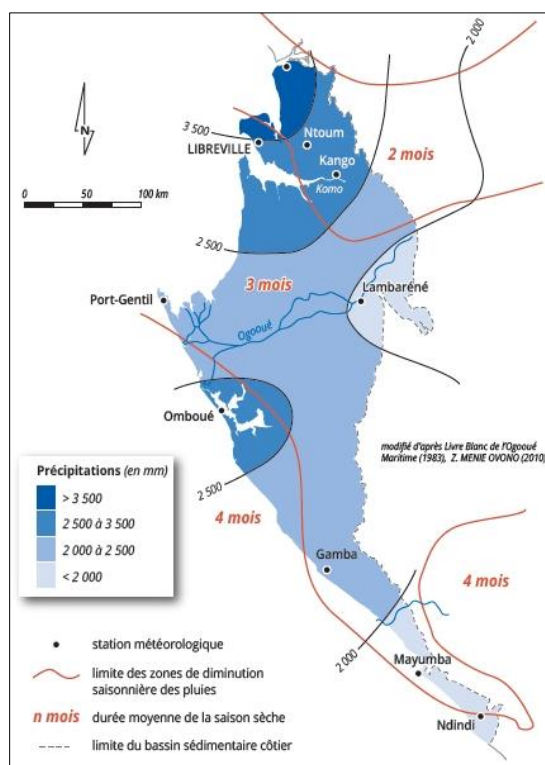


Figure 5: Répartition spatiale des précipitations annuelles sur le littoral du Gabon (source : Menie Ovono et *al.*, 2017)

À l'échelle diurne, la fréquence des pluies augmente la nuit, à cause de la convergence entre les alizés et la brise de terre qui crée de la convection atmosphérique. À l'échelle saisonnière, les précipitations sont importantes entre septembre et mai et maximales en octobre-novembre pendant la grande saison des pluies. Au cours de la saison humide, les pluies quasi permanentes et régulières peuvent être accentuées par les violentes averses localisées (grains orageux)

particulièrement observées en mars-avril après les forts coups de vent (tornades) du SE. Notons, que c'est dans les monts de Cristal, qui draine le bassin versant du Komo, que l'on relève le record du Gabon avec 226 jours de pluie par an.

Comme mentionné par Mombo (1991), le climat Gabonais qui se caractérise par de hautes températures, une forte humidité et de fortes précipitations, favorise l'altération des roches et provoque des apports détritiques importants depuis les bassins versants vers la côte. Les conditions atmosphériques contribuent aussi au développement et maintien d'une dense végétation côtière (forêt, mangrove à palétuviers. etc.) qui favorise la sédimentation fine.

- **Géologie et Hydrologie des bassins versants du Komo et de la Mondah**

- **Nature des sols et paysage**

Sur le plan pédologique, il faut noter simplement que la région de Libreville fait partie dans sa totalité du domaine ferralitique. Les sols sur calcaire de Sibang ne se rencontrent que sous la forme de taches de faible extension, notamment sur la rive gauche de l'estuaire, où les conditions favorables de granulométrie et de position topographique se trouvent réunies (Delhumeau, 1969). Le massif forestier des Monts de Cristal recouvre des sols généralement ferralitiques et argileux ou argilo-sableux caractérisés une coloration jaune à ocre rouge et une texture argileuse. Cependant, les fortes pentes présentent des sols minéraux bruts ou peu évolués. Ce sont des sols à faible fertilité comprenant une grande proportion d'argile fine.

Sur le plan morphologique, le bassin sédimentaire du bassin versant du Komo est une région basse caractérisée par une succession de basses collines enforestées à fortes pentes. Ce bassin est coupé par les grès de Ndombo qui constituent une ligne de crête SE-NO séparant le bassin de la Noya et les fleuves tributaires de l'estuaire du Komo et de la Mondah. À l'est, le bassin sédimentaire s'appuie sur les Monts de Cristal constitués de roches cristallines anciennes dont le relief est entaillé par de profondes vallées encaissées souvent rectilignes drainées par des rivières torrentueuses coupées de fréquentes chutes (chutes de Kingué et Tchimbélé). Au contraire, le piedmont des Monts de Cristal et la région des estuaires est envahie par des formations quaternaires alluviales ou marines colonisées par des mangroves à palétuviers. La

sériedésimantairecôtière comporte un substratum essentiellement formé de calcaire, d'argiles et de grès, sur lequel repose une importante couche de sable, des alluvions et des limons.

L'origine et la répartition des différents types sédimentaires autour de l'estuaire du Komo sont à rattacher à son histoire géologique. En effet, l'estuaire est un accident d'origine partiellement tectonique qui se présente comme un fossé d'effondrement dans lequel les vases se sont accumulées sur le socle rocheux, avec des épaisseurs qui peuvent atteindre une quarantaine de mètres dans certains secteurs. La genèse de cet estuaire remonterait à la grande régression marine de l'Ogolién entre 25 000 à 18 000 ans BP, période durant laquelle les fleuves côtiers ont creusé de profondes vallées incisées (Delibrias et al., 1973 ; Giresse et Moguedet, 1980 ; Giresse, 1989).

Ces considérations structurales sont autant d'éléments explicatifs de certains traits morphologiques et sédimentaires de la région de l'estuaire, notamment le large empatement par les alluvions modernes de la rive gauche affaissée, et l'absence de celles-ci sur la rive droite (Lasserre, 1958) (Figure 6).

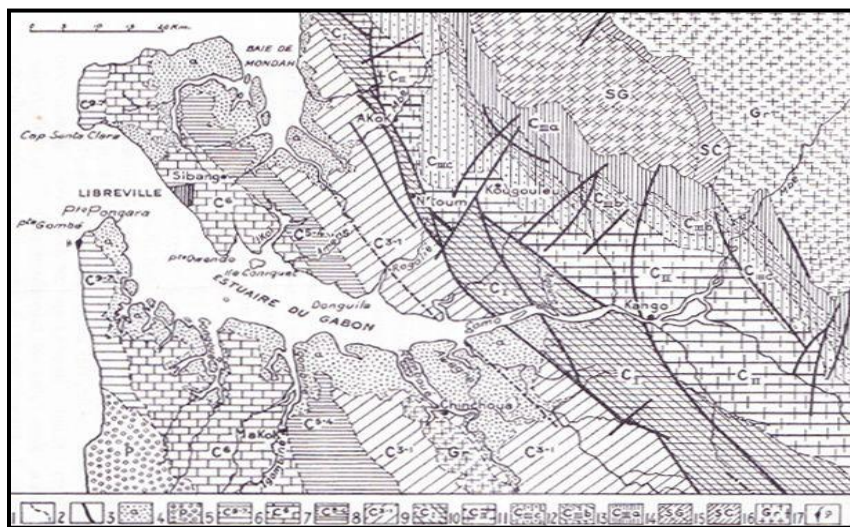


Figure 6: Carte géologique de la région de l'estuaire du Komo. 1. Limites des affleurements géologiques ; 2. Failles ; 3. Alluvions récentes ; 4. Sables plio-pléistocènes de la série des cirques ; 5. Sénonien à Danien ; 6. Turonien ; 7. Cénomanién ; 8. Albo-aptien ; 9. Aptien supérieur ; 10. Barrémien ; 13. Série ante-aptienne ; 14. Série supérieure schisto-gréseuse ; 15. Série inférieure schisto-calcaire ; 16. Socle ancien ; 17. Roches volcaniques récentes. (Source : Hourcq et Hausknecht (1954) ; extrait de Lassere (1958).

▪ Hydrologie du bassin versant du komo

L'estuaire du komo est l'aboutissement de cours d'eau à savoir le Komo et la Remboué. Toutefois, de nombreux autres cours d'eau de moindre importance situés sur les deux rives de l'estuaire contribuent également de quelque façon à alimenter l'estuaire du Komo dans sa partie aval (Figure 7).

Sur la rive droite, les cours d'eau qui alimentent l'estuaire du Komo sont, côté Sud, l'Igombiné et le Gongoué, et, côté Nord, le fleuve Rogolié et, de part et d'autre de la Pointe Owendo, le fleuve Egoumé en amont du parc à bois et la Lowé en aval de la Pointe, plus au Nord. L'hydrologie de ces cours d'eau reste très faible par rapport à celle du Komo.

Le bassin versant du fleuve Komo couvre une superficie de 5000 km² pour une longueur de 230 km, ce qui le met à la troisième place des grands fleuves du Gabon après l'Ogooué (193000 km² de bassin versant) (Pourtier, 1989) et la Nyanga (22500 km² dont 18000 km², soit 80 %, sont situés au Gabon (Lerique, 1983). Le Komo naît en Guinée-Equatoriale, dans la partie sud-ouest du plateau du Woleu-Ntem, qu'il draine entièrement de ses eaux. La plus grande partie de son bassin versant est en territoire gabonais. Son cours principal couvre une superficie d'environ 3200 km². La rivière Mbèi est l'affluent le plus important du Komo. Elle draine une surface de 1800 km². Son cours est perturbé par quelques accidents comme les chutes de Tchimbélé et de Kinguélé. Celles-ci ont été aménagées sur un rejet de faille dont la dénivellation totale atteint 110 m. (Peeters et al., 2010).

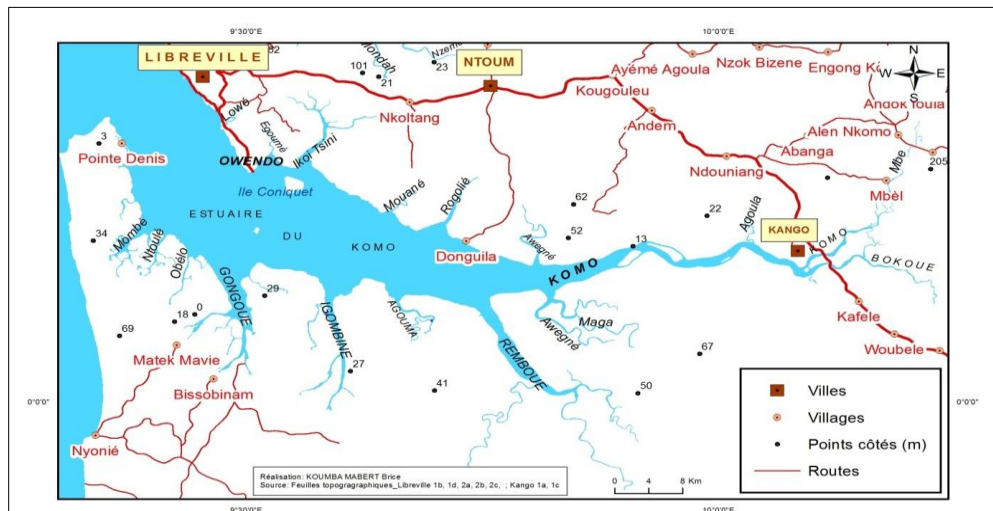


Figure 7: affluents principaux de l'estuaire du Komo

Le régime hydrographique du Komo est de type équatorial de transition caractérisé par une période de basses eaux (juillet-septembre) et deux périodes de hautes eaux séparées par une période de récession en janvier. Son débit moyen est de $65 \text{ m}^3/\text{s}$ et fluctue entre un débit d'étiage de $\sim 20 \text{ m}^3/\text{s}$ et un débit de crue de $\sim 250 \text{ m}^3/\text{s}$ (Peeters *et al.*, 2010). Au niveau des chutes de Tchimbélé et Kingué, le débit moyen est de l'ordre de $35 \text{ m}^3/\text{s}$ et $50 \text{ m}^3/\text{s}$. Les variations saisonnières de l'écoulement fluvial au Gabon reflètent celles de la pluviométrie, mais avec un léger retard. Les débits maximums sont observés en novembre -décembre durant la grande saison des pluies, puis entre mars et mai durant la petite saison des pluies. La date des basses eaux varie très peu au Gabon, contrairement à celle des crues. Le minimum mensuel absolu survient généralement à la fin de la grande saison sèche: en août au nord d'une ligne Medouneu-Makokou, mais en septembre dans le reste du pays.

▪ Hydrologie du bassin versant de la Mondah

La baie de la Mondah couvre une superficie de 350 km^2 (Ndotit Manguiengha, 2013), son bassin versant à une superficie de 1220 km^2 . Les cours d'eau qui se jettent dans la baie de la Mondah sont de petite taille et, malgré de fortes précipitations, charrient des volumes d'eau en relation avec la petite superficie des bassins versants qui leur correspond (Figure 8). Si dans la partie orientale de la baie, l'ensemble des bassins versants couvre environ 942 km^2 , dans la partie occidentale où se trouve la tanne de Moka, il ne couvre que 282 km^2 .

Les principaux cours d'eaux sont : Ntsini, Ikoy, Malibé, Abondo, Bombié, Evongoué, Kam, Mponzabang, Mekangoué et la Nzémé qui est le plus important. Le débit brut de l'ensemble des affluents (Ntsini, Ikoy, Malibé, Abondo, Bombié, Evongoué, Kam, Mponzabang, Mekangoué) de la baie de la Mondah a été estimé à $74 \text{ m}^3/\text{s}$ (Lebigre et Marius, 1984). Pour ce qui est de la Nzémé, fleuve le plus important du bassin versant de la Mondah, les études plus détaillées ont été réalisées par l'O.R.S.T.M à la demande de la Société d'Énergie et d'Eau du Gabon (S.E.E.G) ont permis d'avoir des données sur la superficie de son bassin versant de l'ordre de 100 km^2 , bien qu'il soit divisé en trois sous bassins versants, de son débit annuel moyen de $3 \text{ m}^3/\text{s}$, et la hauteur maximale enregistrée est de 375 cm et la hauteur minimale est de 19 cm au niveau des installations de SEEG à Ntoun (Lerique et Tourne, 1972).



Figure 8: Cours d'eau se déversant dans la Mondah

- **Bathymétrie et nature des fonds**

- **Bathymétrie**

Au large de l'estuaire du Komo et de la baie de la Mondah, le plateau continental (profondeurs < 200 m) est très étroit et ne s'étend qu'à 40-50 km du rivage. Au-delà de 500 m de profondeur, le talus continental s'approfondit très rapidement pour atteindre le plancher océanique qui se trouve à 2500-3000 m de fond.

Au contraire, la baie de Corisco et l'estuaire du Komo sont très peu profonds (quelques mètres). Dans la baie de Corisco, un chenal de direction SE-NO s'étend et s'élargit entre la baie de la Mondah et le Nord de l'île de Corisco avec des profondeurs de 10-20 m (Figure 9).

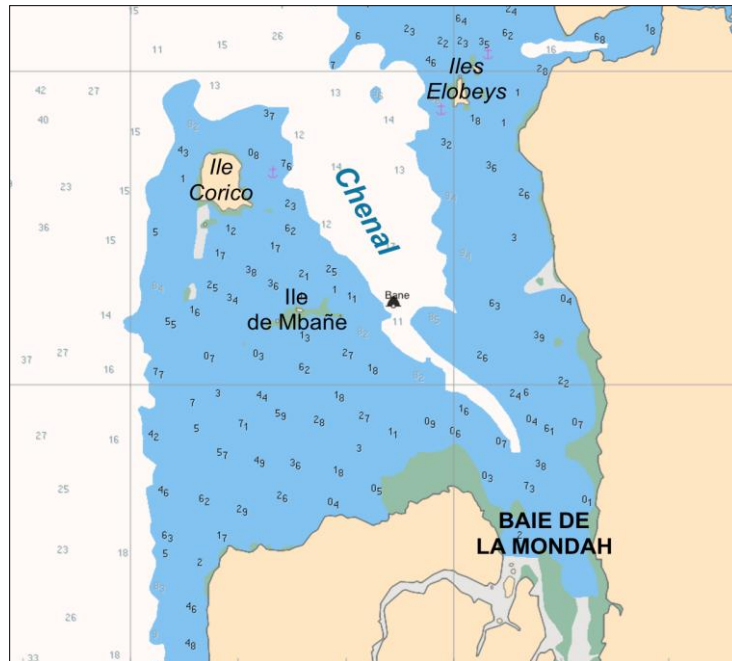


Figure 9: Bathymétrie (en m) de la Baie de Corisco. Les nombres indiqués en indice correspondent aux décimètres (exemple : 62 correspond à 6.2 m).

De même, dans l'estuaire du Komo, seule la passe de la Pénélope, qui sert de chenal de navigation le long de la Pointe Pongara, est profonde et atteint des fonds de 20-30 m. Cette passe est située entre plusieurs bancs de sable dont certains ont la particularité de former une flèche sableuse vers le Nord dans la continuité de la presqu'île de la Pointe Pongara. Cette flèche sableuse est très peu profonde ($< 2-3$ m) et fait déferler la houle en provenance de l'océan. Ce chenal de navigation, de direction NO-SE, s'incurve vers l'Est à la latitude d'Owendo afin d'atteindre le port. Hormis ce chenal de navigation, l'embouchure du Komo se caractérise par un large plateau qui s'étend devant Libreville à des profondeurs autour de 5 m (Figure 10). En amont de l'estuaire les fonds remontent progressivement mais les relevés bathymétriques sont inexistant à l'Est de 9.67°E . Le long du littoral de Libreville, la pente des fonds sont de $\sim 0.3\%$ pour des fonds de 5-10 m et augmentent à 4-5% à l'approche du rivage (TEREA et SOGREAH, 2011).

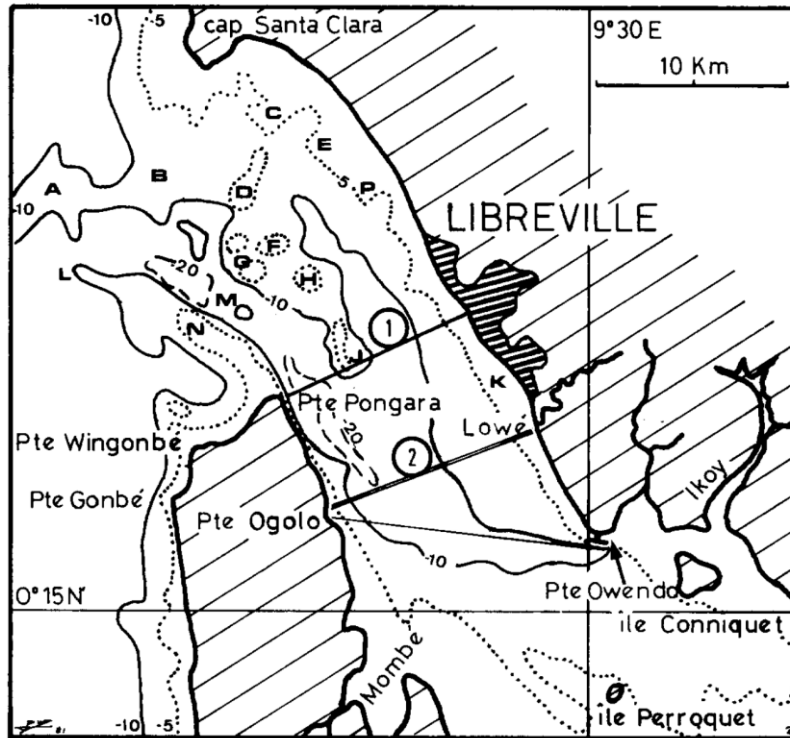


Figure 10: Bathymétrie de l'embouchure de l'estuaire du Komo. A: Banc de Thémis; B: Banc du Postillon; C: Banc de la Recherche; D: Banc du Nisus; E: Banc de l'Adour; F: Rochers de Vialètes; G: Banc de Caraïbe; H: Banc du Milieu; J: Banc du Sud---est; K: Banc de la Malouine; L :Banc de la Mouche; M: Banc du Papillon; N: Banc Pongara; P: Banc du Caïman. (Source : Weydert and Weydert, 1982).

Deux profils réalisés en travers de l'estuaire permettent de mieux apprécier sa structuration bathymétrique entre les deux rives. Ces profils bathymétriques révèlent des différences significatives selon leur position amont ou aval dans l'estuaire (Figure 11).

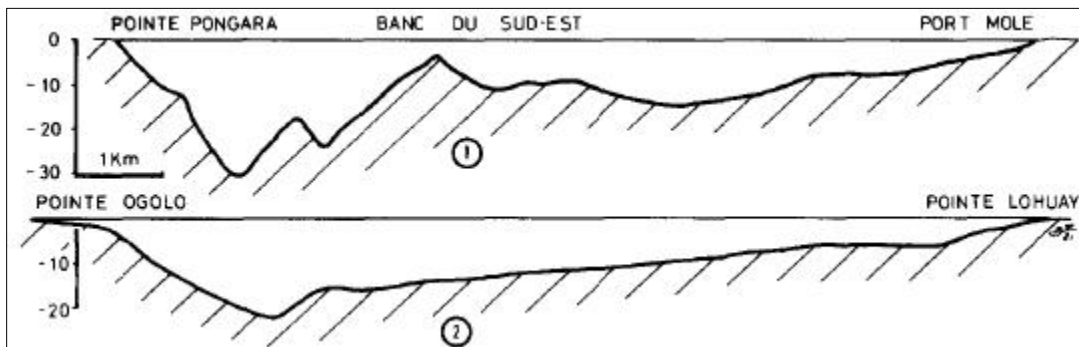


Figure 11: sections bathymétriques de l'estuaire (voir la position sur Fig.ci-avant). (Source : Weydert and Weydert, 1982).

Sur la section Pongara Port Mole, le profil met en évidence sur la rive gauche, une pente abrupte qui se matérialise par le chenal de navigation avec des profondeurs supérieures à 20 mètres. À l'opposé, la rive droite présente une pente faible due au large plateau librevillois dont la profondeur varie autour de -5 mètres. Entre les deux rives, on note la présence de hauts fonds, notamment Banc du Sud-est. La section Pointe Ogolo pointe Lohuay quant à elle se distingue sur la rive droite du plateau librevillois très étendu suivi par un important escarpement jusqu'à des profondeurs supérieures autour de 20 mètres qui constitue le chenal de navigation vers le Port d'Owendo et le New Owendo International Port (NOIP).

▪ Nature des fonds et dynamique des sédiments

La répartition des sédiments mobilisables dans l'estuaire du Komo et à proximité de son embouchure résulte de l'action des courants tidaux, fluviaux, et de la houle sur deux stocks sédimentaires distincts : des sédiments grossiers, sables et graviers, d'origine marine et des sédiments fins, vases et limons, d'origine continentale. Au niveau de l'embouchure, la dérive littorale des sables, issue de l'obliquité des houles australes de secteur SO et OSO, est partiellement interrompue par les forts courants de la passe Sud. Au jusant, le sable s'accumule au droit de la pointe Pongara sous forme de bancs : les bancs de Pongara et de la mouche. À cet endroit, les sédiments se caractérisent par une proportion en éléments sableux supérieure à 90% (Figure 12). Ces sédiments, qui peuvent avoir en moyenne un diamètre de 1mm, proviennent de l'érosion des pointes situées plus au sud (Gombé, Wingombé: voir Figure 10). L'estimation du volume de sable, que peut charrier la dérive littorale de la Pointe Gombé à la Pointe Pongara est de 500000 m³/an (Lafond, 1967).

Pendant le flot, une partie de la dérive littorale est entraînée vers l'intérieur de l'estuaire. Il s'ensuit une accumulation de sédiments marins dans la plus grande partie de l'embouchure, composés essentiellement des quartz auxquels s'ajoutent localement une fraction biodétritique à la pointe de Pongara. Une partie de ce stock est piégée dans le chenal de navigation où un tri granulométrique s'opère. Au niveau du chenal de navigation et du plateau Librevillois les sédiments se caractérisent par une concentration relativement forte en élément sableux, dont la concentration varie entre 10% et 90%. Au milieu de l'estuaire, la zone d'écueils est composée de

sédiments bio-détritiques (ou biogéniques) dont la proportion de sable est inférieure à 10 % (Figure 12).

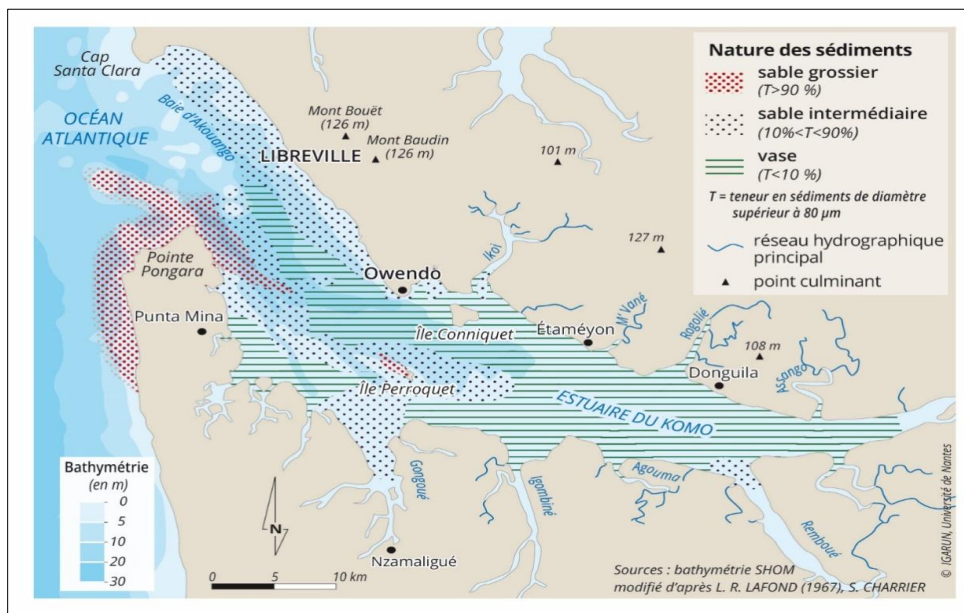


Figure 12: Variation de la teneur en éléments sableux de diamètre supérieur à 80 microns dans les sédiments de l'estuaire du Komo

La rive droite de l'embouchure est le siège d'une érosion intense des cordons littoraux (sablères) (PNUD, 2012). Dans cette région, à la reverse des courants (Figure 12), les courants deviennent faibles ou nuls favorisant une sédimentation fine et très fine dans la baie de la Sablière, majoritairement centré autour du lieu-dit la Cocoteraie (Mouyalou, 2017). Sur la rive droite de l'estuaire du Komo, les sédiments ont tendance à migrer du nord-ouest au sud-est, depuis la Baie d'Akouango vers la Pointe Owendo. Cette dérive littorale, qui résulte de l'obliquité dominante des houles du SOO-ONO, est associée à une granulométrie décroissante ($\sim 0.3\ \text{mm}$ à Libreville et $\sim 0.1\ \text{mm}$ à Owendo) (Weydert et Weydert, 1982 ; Mouyalou, 2011). Avant l'édification de l'épi de l'hôtel Dialogue à Libreville, le transit littoral était estimé entre 40000 et 60000 m^3/an (Bonnefille et al., 1968 ; Becat, 1995, MombéNguema, 2000). Aujourd'hui, la construction de cet épi a créé une limite artificielle de la cellule hydrosédimentaire. De ce fait, les houles font désormais face à un nouveau rivage et le transit sédimentaire sur la rive droite a connu une baisse considérable. Dans la zone amont de l'estuaire, les sédiments sont constitués principalement d'éléments très fins vaseux, mélangés en proportion variable à des sables fins (Lafond, 1967; Migniot et Brossard,

1990) (Figure 11). *Mignot et Brossard* (1990) estiment que près de 1.5 à 2 milliards de tonnes de sédiments fins sont mobilisés à chaque marée sur la totalité de l'estuaire du Gabon. Ces sédiments sont constitués majoritairement de kaolinite (65%) ainsi que d'illite (20%) et de montmorillonite (15%). En milieu halin, sous l'effet de la turbulence, les particules argileuses s'agrègent par floculation. Des macro floes (diamètre > 100 µm) dont la vitesse de sédimentation atteint 1 mm/s, peuvent être générés. La sédimentation de particules fines dépend de la taille des agrégats qu'elles forment, qui, pour un type de particules données dépend essentiellement de la turbulence et de la concentration des particules en suspension, et marginalement de la salinité. Ainsi, la vitesse de chute en eau calme de sédiments en suspension prélevés près du port d'Owendo varie d'un ordre de grandeur en l'espace de 4h30 après la pleine mer (*Peeters et al.*, 2010). Si les courants de la passe Sud sont suffisamment intenses pour exporter efficacement les sédiments fins, et empêcher leur accumulation, l'écoulement entravé par le haut fond du plateau librevillois permet à une partie des sédiments fins continentaux de rester à proximité de l'embouchure sous forme d'un panache turbide ou de se déposer pendant les étales de pleine mer. Les sédiments fins se déposent en remplissant partiellement la porosité des lits de sédiments grossiers et forment des bancs vaseux ou sablo-vaseux à l'intérieur de l'estuaire et sur le plateau continental à proximité de l'embouchure du Komo (*Bianchi*, 1992). Lors du flot, ces sédiments sont remobilisés et transportés vers l'intérieur de l'estuaire (*Weydert et Weydert*, 1982). Il s'ensuit la génération d'un «bouchon vaseux» dans la passe Nord. D'autres zones de l'estuaire sont le siège d'une sédimentation intense due soit à des courants faibles : le long de la rive droite, dans l'axe central de l'estuaire et dans les zones abritées telles que les cuvettes alluviales (*PNUD*, 2012), ou dans des systèmes tourbillonnaires piégeant les sédiments, comme à la pointe Owendo. Cette accumulation de sédiments fins peut atteindre 0.20 m par jour pendant les marées de vives-eaux (*Mignot et Brossard*, 1990).

- **Niveaux d'eau et houle et incidence dans l'Estuaire**

- **Niveaux d'eau et propagation dans l'estuaire**

L'élévation du niveau de la mer global, dû en particulier à l'expansion thermique liée au réchauffement climatique est de l'ordre de 2.6 mm par an au large du Gabon (*PNUD*, 2012). Outre

cet effet grande échelle, les variations du niveau de la mer en milieu côtier et estuarien peuvent être dus à différents phénomènes : les variations saisonnières du niveau stérique et la marée astronomique qui induisent des variations cycliques, et les phénomènes de surcote/décote influencés par la marée météorologique (ou baromètre inverse), les vents, ou le déferlement de la houle.

Le long des côtes gabonaises, les variations saisonnières du niveau moyen de la mer associées au réchauffement et refroidissement des masses d'eau océaniques sont de l'ordre de ± 10 cm. Au contraire, la marée astronomique, bien que considérée de faible amplitude, induit des variations beaucoup plus fortes notamment par la composante semi-diurne (M2). Cette marée dynamique remonte dans l'estuaire et, en saison sèche, est observée sur le Komo jusqu'aux environs du confluent Komo-Ndoua, sur la M'Bei jusqu'en amont de Andock-Foula et sur l'Awebe jusqu'à l'ancien village d'Adza (*Lerique, 1965*). En saison des pluies, à cause de l'augmentation des débits des cours d'eau, ces limites sont déplacées en aval. À l'embouchure de l'estuaire (Libreville, Owendo), l'amplitude est de l'ordre de 0.8-1 m en condition de mortes-eaux et de 2-2.5 m en conditions de vives-eaux (*TEREA et SOGREAH, 2011*). De même, les marnages typiques qui ont été observés sont de 2-2.6 m à Kango (~80 km en amont de l'embouchure), et de 0.3-1.5 m selon la saison à la confluence du Komo et de l'Awebe. Le temps de propagation de la marée entre ces 2 sites est de 2-2h30 (*Lerique, 1965*). Il est à noter que la marée semi-diurne présente une légère dissymétrie, avec, à l'embouchure une durée de montée légèrement plus forte que le temps de descente (*TEREA and SOGREAH, 2011*). Une relation inverse a été observée en amont de l'estuaire (*Lerique, 1965*).

La marée météorologique, liée aux variations de la pression atmosphérique (augmentation du niveau de la mer lors d'une dépression, et diminution lors d'un anticyclone) est très faible au Gabon, à cause de la stabilité de la pression atmosphérique autour de 1010 hPa dans cette région (Section 3.2). Les variations du niveau de la mer dues à la marée météorologique sont donc faibles et de l'ordre de ± 10 cm (*TEREA et SOGREAH, 2011 ; PNUD, 2012*), bien inférieures à celles provoquées par la marée astronomique. Durant les phénomènes de tornades et les grains orageux, la surcote générée peut toutefois atteindre 20 cm.

De plus, selon leur orientation, les vents poussent l'eau de surface vers la côte (vent de mer) ou vers le large (vent de terre) et provoquent ainsi une variation du niveau d'eau sur le littoral. Au

Gabon, les vents dominants du SSO (Section 3.2) sont favorables à une très légère surcôte de quelques centimètres. Finalement, le déferlement de la houle peut également provoquer des surcotes notamment près du rivage. Cependant, la houle étant relativement faible (voir Section 5.3) et très vite dissipée dans l'estuaire, les surcotes associées à son déferlement sont centimétriques et sont limitées à la rive droite (coté Nord) de l'embouchure (*TEREA and SOGREAH*, 2011).

▪ Houle au large et propagation dans l'estuaire

Le long des côtes Gabonaises la houle observée est une houle longue très uniforme et provient majoritairement du SSO. Elle est principalement générée dans l'Atlantique sud par les vents de grande échelle associés à l'anticyclone de Sainte Hélène (PNUD, 2012 ; *TEREA and SOGREAH*, 2011). Le régime de houle est relativement constant, et la direction du flux moyen, qui conditionne la géomorphologie ou le bilan sédimentaire de la côte, varie entre 195° et 205°. La houle du large a des périodes typiques de 10-14 secondes et des hauteurs de vagues significatives moyennes de 1-1.5 m.

Dans la région de l'Estuaire et la Baie de Corisco, les hauteurs de vagues significatives sont inférieures. L'intensité de la houle est légèrement modulée saisonnièrement, avec des hauteurs de vagues de 0.8-1 m en décembre janvier et de 1.2-1.4 m en juin-septembre. Cette même étude suggère que la hauteur des vagues extrêmes est de ~3 m (2.5 m dans la Baie de Corisco) avec une période de retour de 50 ans (PNUD, 2012). En utilisant un modèle de propagation de houle, les auteurs estiment que le flux moyen d'énergie de la houle varie entre 240 et 260° dans la région côtière de la Baie de Corisco et de l'Estuaire, avec des hauteurs de vagues maximum de 0.3-0.7 m dans la Baie de Corisco et de 0.9-1.3 m autour de l'estuaire du Komo. La houle venant du large s'atténue et se réfracte dans l'estuaire, en interaction avec les courants, la bathymétrie, et la marée (Figure 13).

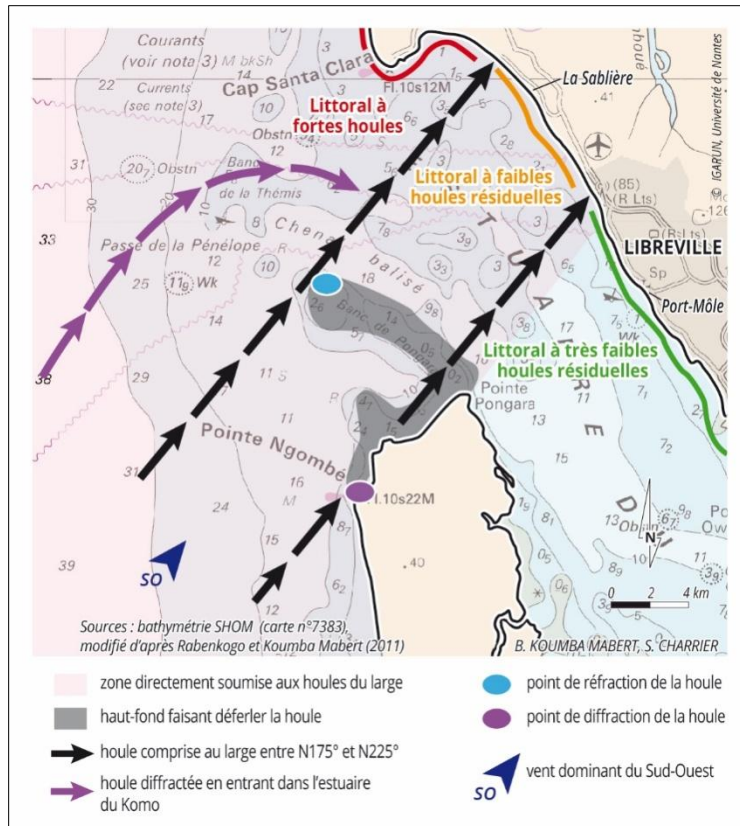


Figure 13: Les houles à l'entrée de l'estuaire du Komo(Mombo et al., 2017)

Un modèle numérique simule que la houle résiduelle au niveau d'Owendo provient de l'ouest avec des hauteurs très faibles n'excédant pas 0.5 m, et inférieures à 0.25 m dans 99% des cas. Les périodes de cette houle résiduelle sont étendues entre 6 et 12-15 s (TEREA et SOGREAH, 2011). Les houles extrêmes généreraient des houles résiduelles dans l'estuaire de ~0.6 m avec une période de retour de plus de 20 ans (DHI, 2010).

Cependant, à ces houles résiduelles s'ajoutent les clapots dus aux coups de vent, notamment ceux provenant du secteur SE liés aux tornades et grains orageux observés fréquemment pendant la saison des pluies. Il est estimé que les coups de vents forts de 6-8 m/s (1% d'occurrence) peuvent générer des clapots de 0.5-1 m au milieu de l'estuaire et de 0.3-0.6 m sur le rivage de Libreville (TEREA and SOGREAH, 2011). En cas de tornade extrême (vents > 25 m s⁻¹) l'agitation pourrait dépasser 2 m. Les effets associés à ces épisodes violents sont donc bien supérieurs à la houle résiduelle générée par la houle longue du large.

Discussion

L'article présenté avait pour ambition de caractériser l'environnement physique de l'Estuaire et de la zone côtière autour de Libreville, dans le nord du Gabon à travers une revue documentaire couplée aux résultats des travaux de terrain. Les références bibliographiques et les illustrations consultées rendent bien compte de l'environnement physique et de son fonctionnement. Dans l'Estuaire du Komo, de la pointe Pongara à la pointe Owendo, la recherche gabonaise a suffisamment documenté cette partie de la zone étudiée dans cet article. Entre Owendo et le fond de l'Estuaire, c'est-à-dire, Kango, un effort d'investigation reste à faire. Les prochains travaux de terrain devront davantage apporter des informations scientifiques pour parfaire la connaissance et le fonctionnement physique de l'ensemble de l'Estuaire du Komo, de sa source, à son débouché dans l'océan Atlantique. Le Lac Nokoue, au Bénin, bénéficie depuis quelques années d'un suivi continu des paramètres physiques et hydrologiques de la part de l'IRD. Les données collectées permettent de disposer des informations et des connaissances actualisées de cet environnement. L'essentiel des données obtenues dans l'Estuaire du Komo sont des informations issues des plateformes instrumentées déployées par l'ORSTOM dans les années 70.

Conclusion

L'environnement physique du littoral autour du Komo est un environnement d'estuaire influencé par la circulation océanographique. Issu du Quaternaire récent, la région se subdivise en deux ensembles composés de l'Estuaire du Komo et de l'Estuaire de la Mondah. L'estuaire est un accident d'origine partiellement tectonique sous la forme d'un fossé d'effondrement dans lequel les vases se sont accumulées sur le socle rocheux. Les sols prédominants sont plutôt de type ferralitique surplombant les calcaires de Sibang. Le climat équatorial qui y règne assure une pluviométrie qui permet de drainer la région avec des influences de l'anticyclone de Saint Hélène. Contrairement à l'estuaire de la Mondah alimenté par de nombreux petits cours d'eau, l'estuaire du Komo est principalement le prolongement des rivières plus importantes, Komo et Remboué. Si dans l'estuaire du Komo, les profondeurs peuvent atteindre des fonds de 20-30 m notamment au niveau de la passe de la Pénélope, qui sert de chenal de navigation le long de la Pointe Pongara, on note tout de même de petites profondeurs dans la baie de la Mondah colonisée essentiellement

par la Mangrove. Enfin, l'ensemble de cet environnement est protégé depuis 2002, par un réseau d'aires protégées, à la fois terrestres et marines.

Références bibliographiques

Becat (1995). Protection du littoral de Libreville du Port-Môle au pont Gué-gué, Rapport hydrosédimentaire, APD.1995, 37 p.

Bianchi, G. (1992). Study of the demersal assemblages of the continental shelf and upper slope off Congo and Gabon, based on the trawl surveys of the RV 'Dr Fridtjof Nansen', Mar. Ecol. Prog. Ser., 85, 9-23.

Bonnefille R., Cormault P., Pernecker L., (1968). Etude sur modèle réduit de l'aménagement portuaire d'Owendo. Rapport n°5. Etude sédimentologique. E.D.F., Dir. Et. Recherches- Gabon, Min. T.P., Libreville, HCO 31 R 060/T 614 DHM, 33 p. + annexes.

Delhumeau, M. (1969). Carte pédologique de reconnaissance au 1/200.000 : feuille Libreville - Kango. Paris : ORSTOM, 51 p. (Notice Explicative ; 36).

Delibrias G., Giresse P. et Kouyoumontzakis G. (1973). Géochronologie des divers stades de la transgression holocène au large du Congo - C.R.Ac.Sc., Paris, t. 276, sér. D, pp. 1389-1391.

DHI (2010) Comportement hydro-sédimentaire de l'estuaire du Gabon, Rapport d'étude, GPM, 108 p.

Giresse P. (1989). Quaternary seal-level changes on the Atlantic coast of Africa. In: TOOLEY M.J. et SHENNANI, seal-level changes, Basil Blackwell, London, pp.249-275.

Giresse, P., et Moguedet, G. (1980). Chronoséquences fluvio-marines de l'Holocène de l'Estuaire du Kouilou et des colmatages côtiers voisins du Congo. -Trav. et Doc. Géog.Trop. n° 39, Talence C.E.G.E.T., pp. 21-48.

Hourcq, V. et Hausknecht, J. (1954). Notice explicative de la feuille Libreville-Ouest ; carte géologique de reconnaissance au 1/500 000. Gouv. Gén. de l'A.E.F., Paris, Impr. Nat., 25p., 1 carte géol. Coul. 1/500 000 (Libreville Ouest, NA-32 SE-0.15).

Lafond, L.-R. (1967). Études littorales et estuariennes en zone intertropicale humide, Université de Paris Orsay, thèse de Doctorat d'État Sc., Tomes I, II et III (voir tome I, p.270-339 : « L'estuaire du Gabon », et tome III, illustrations).

Lasserre, G. (1958). Libreville, la ville et sa région. A. Colin, Paris. Coll. Fond. Nat. Sci. Pol., n°98, 348 p.

Lebigre, J.-M. (1983). Les mangroves des rias du littoral gabonais. Essai de cartographie typologique. Bois et Forêts des Tropiques, 199, 3-28.

Lebigre, J.-M. and C. Marius (1984). Etude d'une séquence mangrove-tanne en milieu équatorial, baie de la Mondah (Gabon). Bordeaux : CEGET, 1984, p. 132-144.

Lerique, J. (1965). Etudes de la remontée de la marée et de la salinité dans les rivières Komo, Mbei et Awebe. Paris : ORSTOM, 26 p.

Lerique, J. (1983). Hydrographie, hydrologie. *In* : Barret J., Walter R. (ill.). Géographie et cartographie du Gabon : atlas illustré. Paris : EDICEF, 1983, p. 14-17.

Lerique, J. and M. Tourne (1972). Etude hydropluviométrique du bassin versant de la Nzeme : rapport définitif : tome 1. Texte. Tome 2. Annexes et croquis. Libreville : ORSTOM, 126 + 57p.

Menie Ovono Z, Itongo M.T, Moukana Lebondi, J.A. (2017). Les villes inondées du littoral du Gabon. *in* Pottier P., Menie Ovono Z., Faure F. E. et Bignoumba G. S., « Les régions littorales du Gabon. Eléments de réflexion pour une planification stratégique du territoire. » ; LETG-Nantes Géolittomer (Nantes, France) et Raponda-Walker (Gabon), éditeurs.]; p. 289 à 313.

Migniot, C., Brossard, C. (1990). Diagnostic des causes d'envasement et proposition pour l'organisation des dragages d'entretien, Rapport de mission du 10 au 16 mars 1990, 54p + annexes.

Mombo, J.-B. (1991). La côte à rias du Gabon septentrional du Komo au Rio Mouni : cadre physique et morphologie littorale. Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux, 311 p.

Mombo J-B, Mouyalou V.M.T., Fattal P. (2017). Stabiliser le trait de côte, un enjeu majeur pour le Gabon : l'exemple du littoral Nord de Libreville. *in* Pottier P., Menie Ovono Z., Faure F. E. et Bignoumba G. S., « Les régions littorales du Gabon. Eléments de réflexion pour une planification stratégique du territoire. » ; LETG-Nantes Géolittomer (Nantes, France) et Raponda-Walker (Gabon), éditeurs.]; p. 221 à 241.

Mombe Nguema, J. (2000). Le Traitement de l'érosion marine sur la côte septentrionale du Gabon : de l'embouchure de l'Ogooué à l'estuaire du Mouni. Université de Nantes, Thèse doctorat n.r. Géographie, 640 p.

Mouyalou, V.M.T. (2011). Rapport du séjour scientifique au laboratoire CEFREM de l'Université Via Domitia de Perpignan, 13 janvier au 11 février 2011, 82 p.

Mouyalou, V.M.T. (2017). Dynamique morphosédimentaire d'un segment côtier sableux: du Lycée Léon Mba (Libreville) à La Sablière (Baie d'Akouango), thèse de doctorat en géomorphologie littorale, université Omar Bongo (Libreville), 339p.

Ndotit Manguiengha, (2014), cartographie des états de mangroves de la Mondah et leur dynamique, Mémoire de master II, ENEF, 115 p.

Ondo Assoumou E. (2017). Les paysages végétaux du littoral gabonais. *in* Pottier P., Menie Ovono Z., Faure F. E. et Bignoumba G. S., « Les régions littorales du Gabon. Eléments de réflexion pour une planification stratégique du territoire. » ; LETG-Nantes Géolittomer (Nantes, France) et Raponda-Walker (Gabon), éditeurs.]; p. 41 à 57.

Peeters, P., C. Tessier and P. Thômé (2010). Comportement hydro-sédimentaire de l'Estuaire du Gabon. Rapport de DHI préparé pour Gabon Port Management, 103 p.

PNUD (2012). Stratégie nationale d'adaptation du littoral gabonais aux effets du changement climatique – Tome 2, 153 p.

Pourtier R. (1989, Le Gabon : État et développement, Paris, l'Harmattan, Tome 1, 253 p.

TEREA et SOGREAH (2011). Extension du Port d'Owendo : Participation à l'étude d'impact environnementale – milieu physique. Rapport de phase 1 - établissement de l'état initial n°1712977-RP1, 38 p.

Weydert, P. et Weydert O. (1982). Etude sédimentologique de l'embouchure de l'estuaire du Gabon. Marine Geology, Volume 49, Issue 1, Pages 1-22, ISSN 0025-3227.