
Localisation optimale du port maritime en République Démocratique du Congo : Une approche géomatique de la physiographie et des contraintes hydrodynamiques de la côte atlantique

Rombaut Serge Pangu Sanghy¹, Médard Ntombi Muen Kabeya², Charles Tsasa Ngoma³, Alexandre Nzeza Toko⁴, Jean de Dieu Minengu⁵

⁽¹⁾Université de Kinshasa. Faculté des Sciences. Département des Géosciences. Laboratoire d'Observation du Bassin du Congo. BP 190 Kinshasa XI (RDC). E-mail : serge.pangu@unikin.ac.cd

⁽²⁾Université de Kinshasa. Faculté des Sciences. Département des Géosciences. Laboratoire d'Hydroclimatologie. BP 190 Kinshasa XI (RDC)

⁽³⁾Parlement National Cabinet du 2^{ème} Vice-Président. Bureau de l'Assemblée Nationale. BP 3955 Kinshasa I (RDC)

⁽⁴⁾Congolaise des Voies Maritimes (CVM). Département d'Exploitation. BP 39 Boma (RDC).

⁽⁵⁾Agence Congolaise de la Transition Ecologique et du Développement Durable. Kinshasa/Palais de la Nation (RDC).

Reçu le 20 décembre 2020, accepté le 24 février 2021, publié en ligne le 8 mars 2021

RESUME

Description du sujet. La République Démocratique du Congo, malgré son énorme potentiel hydrographique et ses 40 km de littoral, reste une enclave commerciale. Les études de faisabilité se succèdent pour offrir à ce pays un port en eaux profondes qui peut considérablement améliorer son volume des échanges commerciaux avec l'extérieur.

Objectif. Dans une approche géomatique, cet article vise à déterminer la meilleure localisation du site qui peut abriter ce port.

Méthodes. L'étude est basée sur des observations de terrain, une carte topographique au 1/10000^e et des données bathymétriques ainsi que des études hydrodynamiques antérieures. En utilisant le logiciel Integrated Land and Water Information System, un Système d'Information Géographique a intégré les données de la géologie, de l'hypsométrie, de la bathymétrie, de l'occupation du sol et les diverses contraintes hydrodynamiques tant dans l'estuaire du fleuve Congo que le long de la côte atlantique. Le traitement du modèle numérique de terrain qui s'en est issu, a généré plusieurs résultats qui ont été transposés dans le logiciel Surfer. Celui-ci a permis une configuration globale de la morphologie de la côte, de la circulation océanique dans cette zone ainsi que de l'hydrographie de l'estuaire.

Résultats. À partir de cette analyse, il ressort que la Rade de Banana comprise entre la basse terrasse de Banana (au nord et à l'ouest) et l'île des Pêcheurs (au sud), présente les meilleures dispositions pour l'aménagement d'un port en eau profonde qui pourra s'étendre sur une surface de près de 500 hectares.

Conclusion. Des études sur la gestion d'immenses quantités de sédiments (sables moyens à fins) doivent être réalisées sur la Rade de Banana comprise entre la basse terrasse de Banana (au nord et à l'ouest) et l'île des Pêcheurs (au sud).

Mots-clés : Espace commercial enclavé, Port en eau profonde, Système d'Informations Géographiques, Crique de Banana.

ABSTRACT

Optimal location of the seaport in the Democratic Republic of Congo: A geomatics approach to the physiography and hydrodynamic constraints of the Atlantic coast

Description of the subject. Despite its enormous hydrographic potential and its 40 km of coastline, Democratic Republic of Congo remains an commercial enclave. Feasibility studies follow one another to provide this country with a deep-water port that can significantly improve its foreign trade amount.

Objective. In a Geomatics approach, this paper aims to determine the best site location that can harbor this port.

Methods. The study is based on field observations, a 1/10000^e topographic map and bathymetric data provided by Congolese of the maritime lanes as well as previous hydrodynamic studies. Using the Integrated Land and

Water Information System software, a Geographic Information System has integrated geology, hypsometry, bathymetry, land use data and various hydrodynamic constraints both in the Congo River's estuary than along the Atlantic coast. The processing of the Digital Elevation Model, produced using all those data, has generated several results which have been transposed in the Surfer software. This allowed a global configuration of the coast morphology, the oceanic circulation in this area and hydrography of the Congo River estuary.

Results. Based on this analysis, it appears that Banana Creek, between the low terrace of Banana (north and west) and Fisheries Island (south and eastern north), presents the best arrangements for a deep-water port development that could extend over nearly 500 hectares.

Conclusion. Studies on the management of immense quantities of sediment (medium to fine sands) must be carried out on the Bay of Banana between the low terrace of Banana (to the north and to the west) and the Fisheries Island (to the south).

Keywords: Trade enclave, Deep-water port, Geographic Information System, Banana Creek.

1. INTRODUCTION

Une analyse assez récente révèle que l'actuelle croissance économique des pays de la CEEAC (Communauté Economique des Etats de l'Afrique Centrale) dont la République Démocratique du Congo, reste encore fondamentalement dépendante de l'exportation des produits pétroliers, miniers et autres matières premières. Il est aussi démontré que le transport maritime constitue le mode de transport le plus déterminant pour le développement des échanges commerciaux régionaux et mondiaux, il drainerait 92 à 97 % du commerce international africain. Pourtant, la République Démocratique du Congo, malgré ses 14500 à 16300 km des voies navigables classifiées (Devroey, 1941 ; CICOS, 2007 ; Pangu, 2018) dont 137 à 148 km de biefs maritimes (Devroey, 1941 ; Meulenbergh, 1968 ; Pangu, 2018) et 40 km de littoral (Devroey, 1941) demeure un espace commercial enclavé. Tous les échanges commerciaux à l'Ouest du pays passent par les ports fluviaux de Boma et Matadi qui servent de relais aux ports maritimes étrangers. Le reste du pays n'a aucun accès à la mer.

En effet, le bief maritime qui abrite ces deux ports est souvent obstrué par un ensablement très important surtout dans le bief dit "région divagante" où les nombreux bras du fleuve affichent des profondeurs rarement supérieures à 5 ou 6m (Meulenbergh, 1968 ; CVM, 2020).

Cet ensablement quasi permanent surtout pendant les périodes des basses eaux, constitue une difficulté majeure à la navigation des navires d'un certain mouillage. Une étude récente montre que le régime des débits moyens de ce bief pourrait être sensiblement perturbé après l'implantation du Complexe hydroélectrique du Grand Inga (Pangu *et al.*, 2020). En conséquence, la praticabilité de cette voie vitale exige continuellement de grands et coûteux travaux de dragage. En plus, Kalumba (2016) révèle que des études crédibles ont démontré que les importations et exportations congolaises offrent une croissance en PIB de plus de 15 milliards USD à la République du Congo, à la

Zambie, à la Tanzanie, au Botswana, au Kenya et à la RSA chaque année. Devant ces réalités morphologiques, hydrographiques et économiques, l'aménagement d'un port en eau profonde est devenu une urgence économique pour la République Démocratique du Congo.

Dans la présente étude, des données hypsométriques, bathymétriques, hydrodynamiques et de l'occupation du sol ont été confrontées au Système d'Informations géographiques en utilisant les logiciels ArcGIS, ILWIS et Surfer. Cette approche géomatique a permis de proposer un site pouvant abriter idéalement le port maritime de la République Démocratique du Congo.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Site d'étude

L'étude s'est déroulée exclusivement le long du littoral atlantique compris dans le territoire national de la République Démocratique du Congo. Il s'agit de l'espace compris entre la frontière australe de l'Enclave de Cabinda (5°46'S/12°12'E) et l'extrême sud de l'estuaire du fleuve Congo (6°04'S et 12°22'E) (figure 1).

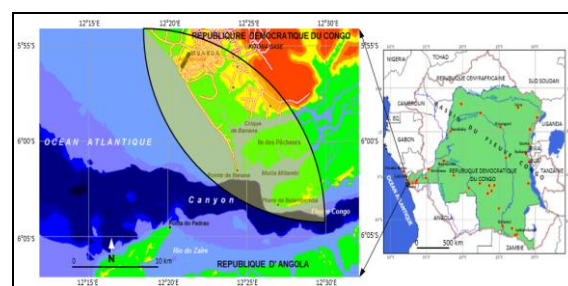


Figure 1. Localisation de la zone d'étude sur le littoral congolais

Dans la zone située entre la pointe de Banana et la ville de Muanda, au nord de l'estuaire, la côte est plate avec une altitude inférieure à 20 m. Plus au nord, entre Muanda et la frontière Cabindaise, une falaise de près de 25 m surplombe la plage. Le plateau continental se prolonge en pente douce jusqu'à l'isobathe de 50 m tout le long du littoral de

telle manière qu'à plus de 10 km au large de la côte, les fonds n'atteignent pas 8 m de profondeur sauf aux larges de Bulambemba où passe le canyon sous-marin qui se prolonge au-delà de 30 km dans le lit du fleuve (Meulenbergh, 1968 ; Giresse *et al.*, 1973 ; Giresse, 1980 ; Savoye *et al.*, 2009 ; CVM, 2020). La végétation la plus remarquable est constituée des mangroves à *Rhizophora racemosa* et à *Rhizophora mangle* dans les zones basses baignées par les eaux saumâtres et la savane herbeuse à *Pandanus tectorius* et *Imperata cylindrica* (Muyaya, 2017) sur la terrasse continentale d'altitude inférieure à 150 m.

2.2. Matériel

Carte topographique et de la circulation générale

La configuration de la physiographie générale du site a été obtenue en utilisant la carte topographique de la RD Congo produite par l'Institut Géographique du Congo en 1980 (figure 2). Les mises à jour de ce fond topographique ont été effectuées avec les isohypses générées à partir d'un extrait du modèle numérique de terrain SRTM3_AFRIDATA de la Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de la NASA. La circulation générale dans le littoral congolais a été représentée grâce aux courants marins décrits par Giresse *et al.* (1980) (figure 3).

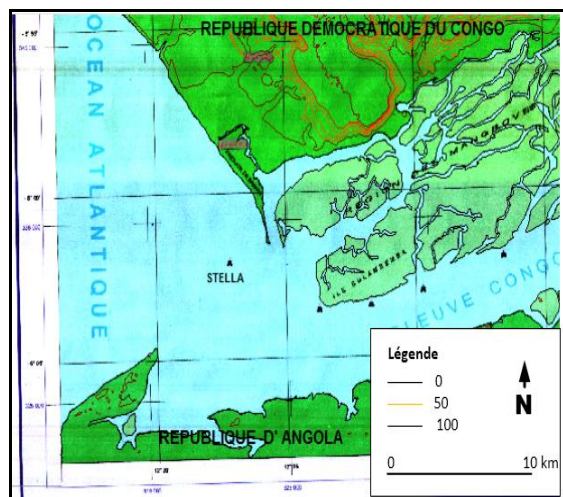


Figure 2. Extrait de la carte topographique du littoral Atlantique et de l'estuaire du Fleuve Congo (Source : IGC, 1980).

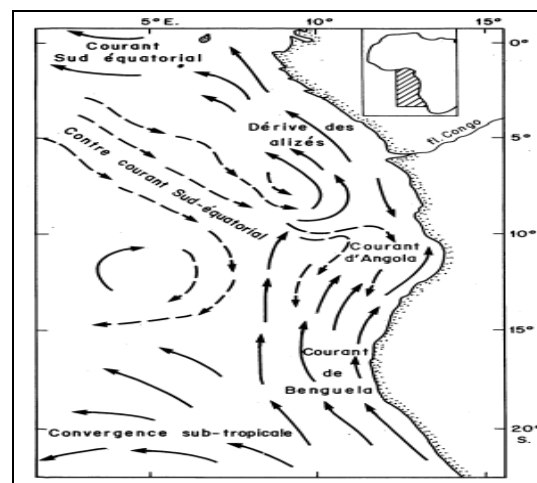


Figure 3: Extrait de la carte des principaux courants marins aux larges des côtes congolaises et angolaises d'après Moroshkin *et al.* (1970) et Dufour *et al.* (1973) cités par Giresse *et al.* (1980)

Cartes bathymétriques

Les cartes bathymétriques utilisées pour la modélisation de la morphologie du fond de l'estuaire ont été élaborées par la Direction d'exploitation de la Congolaise des Voies Maritimes. Quelques sondes témoins ont néanmoins été prélevées sur quelques points cibles afin d'apprécier de manière indicative l'évolution de la bathymétrie générale de l'estuaire. Ces cartes bathymétriques (figure 4) ont été produites à partir des levés bathymétriques du 20 au 21/08/2008, seules données disponibles jusqu'à ce jour.

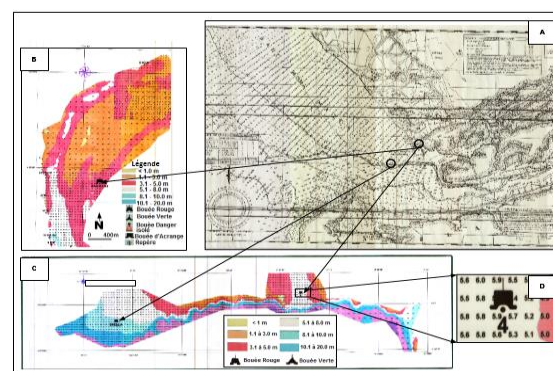


Figure 4. (A) Carte bathymétrique du littoral et de la zone de l'estuaire du Fleuve Congo au 1/10000 montrant la bathymétrie fine de la Rade de Banana, (B) bathymétrie de la route d'entrée dans les eaux congolaise (C) et quelques sondes autour de la Bouée Rouge (D) à l'entrée de la Rade de Banana selon le levé bathymétrique du 20 au 21/05/2008 ; Référence : Echelle d'Etiage de Banana = 1.18 m (Source : CVM, 2017)

Images satellitaires

L'occupation du sol dans la zone d'étude a été cartographiée grâce à la classification d'une scène

optique Sentinel2 (S2 et une scène radar Sentinel1 (S1), à double polarisation (VV – VH) du 16 mai 2016 effectuée par Muyaya *et al.* (2017) et dont les extraits sont représentés à la figure (figure 5).

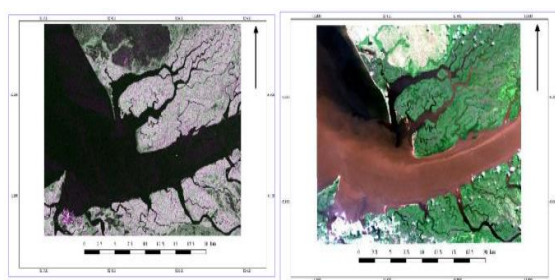


Figure 5 : Extraits des scènes du littoral congolais (optique Sentinel2, à gauche) et (radar Sentinel1 à double polarisation (VV – VH), à droite) du 16 mai 2016 (Muyaya *et al.*, 2017)

Données de terrain

Les données de terrain ont été collectées dans le but de valider l'occupation du sol, la morphologie générale et l'évolution de la bathymétrie de la zone d'étude qui ont été respectivement réalisées à l'aide des données historiques, d'images satellitaires, des cartes topographiques et bathymétriques. Il s'agit, entre autres des données suivantes :

- des levés topographiques au GPS de poche (figure 6a) qui ont été corrigés par des levés au DGPS (figure 6b) pour fixer quelques repères altimétriques au sol ;
- des sondes témoins prélevées en utilisant le Sondeur GARMIN STRIKE 4 (figure 6c) autour de quelques points ciblés tels la Bouée Stella, la Bouée Rouge à l'entrée de la Rade de Banana, le quai SOCIR ou encore les larges de Bulambemba ;
- des données sur le marnage à Bulambemba ;
- des photographies (figure 7).



Figure 6. (a : gauche) Une vue du levé topographique au GPS GARMIN 62 TS ; (b : centre) Une vue du levé de précision au GPS Différentiel ; (c : droite) Sondeur GARMIN STRIKE CHIRP4



Figure 7. (à gauche) Erosion côtière à Nsiampfumu/Muanda ; (au centre) Un pêcheur des eaux côtières de Muanda ; (à droite) Une vue de la Mangrove à l'estuaire aux larges de l'Île des Pêcheurs à Banana.

Techniques utilisées

Système d'information géographique (SIG)

Les cartes topographiques, bathymétriques et celle de la circulation générale ont été respectivement numérisées puis digitalisées pour obtenir des cartes vectorielles à l'aide du logiciel ArcGIS 10.2.5. Ensuite, les données topographiques et bathymétriques de terrain ont permis de mettre à jour les cartes hypsométriques et bathymétriques. Ces deux cartes vectorielles ont été intégrées dans un Système d'Informations Géographiques qui a permis de développer un modèle numérique de terrain (MNT) de l'estuaire du Fleuve Congo et ses environs à l'aide du logiciel Integrated Land and Water Information System (ILWIS Academic 3.0) (figure 8).

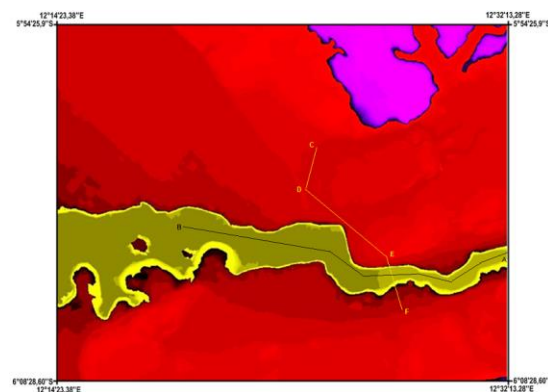


Figure 8. Modèle numérique de terrain de la zone de l'estuaire du Fleuve Congo et du littoral congolais aux larges de Muanda et Banana

Analyse topographique

Des profils topographiques ont été réalisés dans quelques directions décrites sur la figure 8 afin d'approfondir la physiographie générale dans la région de l'estuaire du Fleuve Congo. Il s'agit d'abord du profil en long AB au départ des larges Manianga sur le Fleuve jusqu'à l'ouest de Ponta do Padrao à Soyo en Angola puis, des profils en travers au départ du quai SOCIR à Banana en passant par le quai de la CVM (CD), le Phare de Bulambemba (DE) jusqu'à la rive gauche en Angola (EF).

Télétection

L'analyse des images classifiées par Muyaya *et al.* (2017) (figure 5) complétée par des observations de terrain (figure 7) et des vues de la zone d'étude affichées par Google Earth Pro ont permis de cartographier l'occupation du sol de l'ensemble de la zone de l'estuaire du fleuve. Cette carte générale a représenté avec certitude les résultats de cette étude.

Interviews et communication interpersonnelle

Des échanges avec des personnes ressources de la CVM, de la SCTP, de la SOCIR, de PERENCO-REP et des pêcheurs, ont été complétés par une visite guidée de l'estuaire. La randonnée a été conduite par le Chef de service de pilotage de la CVM accompagné d'un sous-officier de la base navale, spécialisée dans l'historique du site et son évolution. Les entretiens ont été focalisés sur le marnage et les autres contraintes à la navigation observées ainsi que les perspectives d'aménagement qu'offre ce site.

Identification des contraintes hydrodynamiques du littoral congolais

La description des contraintes hydrodynamiques aux larges de Muanda et Banana a été réalisée grâce aux données historiques fournies par la littérature (courants marins décrits par Berrit, 1962 et Giresse *et al.*, 1980 et la diffusion des eaux de l'Atlantique dans les eaux du Congo décrites par Meulenbergh, 1968).

3. RESULTATS

3.1. Physiographie de la région de l'estuaire du Fleuve Congo

Représentation 3D de la bathymétrie de l'estuaire

La combinaison des données topographiques extraites du MNT et les sondes bathymétriques corrigées ont permis de développer un Modèle 3D de l'estuaire du fleuve Congo à l'aide du logiciel Surfer 18.1 (figure 9).

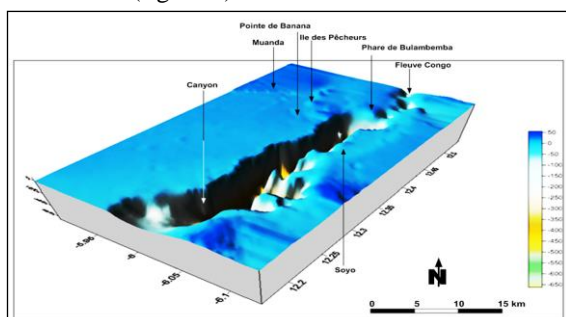


Figure 9. Représentation 3D de la zone de l'estuaire du Fleuve Congo et du littoral congolais aux larges de Muanda et Banana

La figure 9 montre le canyon sous-marin qui obstrue l'estuaire du Fleuve Congo et occupe près de 70 % du chenal principal du fleuve à l'entrée du territoire congolais avec une profondeur moyenne qui excède 90 m (figure 10). Ce canyon se prolonge dans le lit du fleuve jusqu'aux environs de Malela à plus de 40 km de la côte.

Profils topographiques du fleuve Congo dans la région de l'estuaire

Des nombreux auteurs dont Devroey (1941) ; Meulenbergh (1968) ; Savoye (2009) ; CVM (2020) ont démontré que le fleuve Congo coule sur une pente très modeste entre Boma et Malela. Cette faible pente favorise le dépôt des immenses bancs de sable qui caractérise ce bief où les chenaux anastomosés du fleuve migrent à perpétuité ; ce qui a valu le pseudonyme de "région divagante" attribuée à cette zone (figure 10). En effet, la pente moyenne d'écoulement dans la région divagante est respectivement de 4, 12 cm/km, 6, 12 cm/km et 8,50 cm/km pour un niveau d'eau à Boma de 0,50 m, 1,87 m et 3,50 m correspondant respectivement à un débit total de 30 055 m³/s, 45 970 m³/s et 69 030 m³/s.

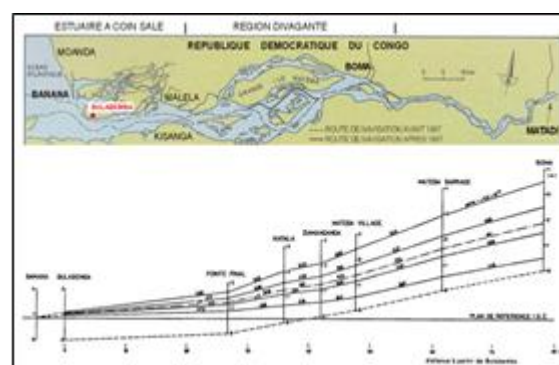


Figure 10. Lignes d'eau moyennes dans la Région divagante du bief maritime du fleuve Congo pour des niveaux d'eau de 0,5/ 1,5/1,87/2,5/3,5 m à Boma correspondant respectivement à un débit de 30.055 / 41360 / 45.970 / 54.350 et 69.030 m³/s (CVM, 2014)

La figure 11 ci-dessous renseigne qu'à la hauteur de Manianga, en aval de Malela, la fosse géologique qui se prolonge dans le lit du fleuve Congo atteint déjà des profondeurs qui avoisine 90 m jusque vers la palplanche n°3 avant de traverser une petite saillie sur son lit mineur où la profondeur se réduit jusqu'à 30 m par endroit, sur environ 1500 m en amont de Bulambamba avant de descendre à plus de 100 m à la hauteur de cette île (figure 12). Après cette passe, le fleuve plonge brutalement à 200 m de profondeur aux larges du Phare de Bulambamba où il coule dans la direction Est-Ouest en plein Océan Atlantique. A la hauteur de la rade de Banana, il coule déjà à 300 m et à 25 km de

Bulambemba, la fosse océanique atteint par endroit 650 m de profondeur pour aller s'évanouir dans son profond éventail sur la plaine abyssale à 1000 km de la côte congolaise comme le confirme Savoye (2009). Les profondeurs le long des rives demeurent relativement modestes. Elles ne dépassent que rarement 8 m comme le renseigne la carte bathymétrique générale établit par la CVM en 2010.

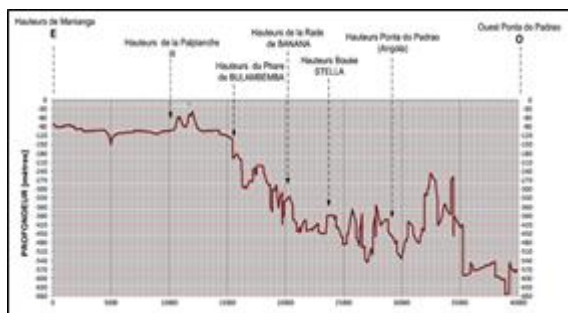


Figure 11. Profil en long du fleuve Congo dans la zone d'estuaire

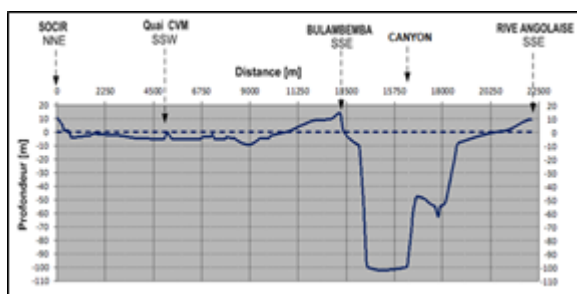


Figure 12. Profil en travers du fleuve à la hauteur de Bulambemba

3.2. Contraintes hydrodynamiques dans l'estuaire du fleuve congo

Profil bathymétrique du littoral congolais relativement faible

Le profil bathymétrique représenté à la figure 11 montre que les profondeurs sont relativement faibles dans la crique de BANANA (bras Nord), surtout entre le quai de SOCR et celui de PERENCO-REP situé entre l'île des Pêcheurs et la rive droite du fleuve. La moyenne oscille autour de 5 m vers la rive droite (rive concave) alors qu'elle remonte jusqu'à 3 m aux larges de l'île des Pêcheurs (rive convexe). La situation s'améliore quelque peu lorsqu'on progresse vers les quais de la SCTP et de la CVM. Cette situation s'améliore lorsque l'on progresse du quai de la CVM vers l'estuaire.

Cette faible profondeur est le résultat de la forte sédimentation dans l'estuaire du fleuve Congo qui charrie en moyenne 142 m³/jour soit 52 195 m³/an de sédiments dans la seule Rade de Banana. A cet

apport par charriage, il convient d'ajouter 104 m³/jour soit 37 960 m³/an de matériaux en suspension, surtout lorsqu'on considère que la vitesse d'écoulement approche 0,60 m/s pour un débit liquide d'environ 2 600 m³/s (Tableau 1).

Tableau 1. Mesures hydrométriques et sédimentologiques dans la Rade de Banana du 11 au 13/08/1991

SECTION	DATE	DEBIT LIQUIDE (m ³ /s)	SURFACE		VITESSE MOYENNE (m/s)	DEBIT SOLIDE (m ³ /24h)		CONCENTRATION (g/cm ³)	PROFONDEUR MOYENNE (m)
			MOUILLEE (m ²)	(m/s)		SUSP.	CHARRIAGE		
ENTREE (M.M)	11-08-91	1 865	4 304	0,433	55	35	5,588.10 ⁻⁵	4,56	
ENTREE (M.D)	11-08-91	3 496	4 278	0,817	153	170	1,071.10 ⁻⁵	4,55	
MILIEU (M.M)	12-08-91	1 617	4 421	0,366	26	35	4,404.10 ⁻⁵	5,63	
MILIEU (M.D)	12-08-91	3 224	4 207	0,766	207	307	1,847.10 ⁻⁵	5,36	
SORTIE (M.D)	13-08-91	2 623	4 511	0,582	78	161	1,057.10 ⁻⁵	4,04	
MOYENNE		2 565	4 344	0,59	104	142	2,7918.10 ⁻⁵	4,83	

Source : Direction d'exploitation de la CVM/Boma, 2014.

Pire, les mêmes mesures prélevées au quai de la SOCR, une année après (Tableau 2), ont révélé que l'apport des sédiments par charriage a atteint 813 m³/jour soit 296 745 m³/an pour un débit liquide de 2 004 m³/s.

Tableau 2. Mesures hydrométriques et sédimentologiques dans la Rade de Banana du 06 au 07/07/1992

SECTION	DATE	E.E BANANA (m)	DEBIT LIQUIDE (m ³ /s)	SURFACE		DEBIT SOLIDE (m ³ /24h)		D.S. TOTAL (m ³ /24h)
				MOUILLEE (m ²)	Um (m/s)	SUSP.	CHAR.	
QUAI SOCR	6 au 7/7/1992		2,004	4,560	0,44	1	813	814

Source : Direction d'exploitation de la CVM/Boma, 2014.

Des analyses sédimentologiques des prélèvements effectués au quai de la SOCR ont révélé que l'essentiel des matériaux déposés dans la Rade de Banana est constitué des sables moyens et fins mais aussi, des argiles et vases. La vitesse de chute de particules est relativement élevée oscillant autour d'une moyenne de 5,11 cm³/s (Tableau 3).

Tableau 3. Analyses sédimentologiques des prélèvements par charriage et par benne du 06/07/1992 au quai de la SOCIR dans la Rade de Banana

ZONE DE PRELEVEMENT	DATE	N° PRISE	SECTION	ANALYSE d50 (µ)		VITESSE DE			COORDONNEES X Y	DATE D'ANALYSE	OBSERVATION
				TAMISAGE	TUBE	CHUTE cm/s					
01. JETEE SOCIR	06/07/1992	P1 C	Quai SOCIR		457,72	6,71	325,8	337,39	20/07/1992	Sable moyenne	
02. JETEE SOCIR	06/07/1992	P2 B	Quai SOCIR	475	479,98	7	325,8	337,39	18/07/1992	Sable moyenne	
03. JETEE SOCIR	06/07/1992	P3 C	Quai SOCIR		421,08	6,19	325,71	337,59	20/07/1992	Sable moyenne	
04. JETEE SOCIR	06/07/1992	P4 B	Quai SOCIR	430	396,34	5,57	325,71	337,59	18/07/1992	Sable moyenne	
05. JETEE SOCIR	06/07/1992	P5 C	Quai SOCIR		143,73	1,8	325,61	337,81	20/07/1992	Sable fin	
06. JETEE SOCIR	06/07/1992	P6 B	Quai SOCIR	250	260	3,39	325,61	337,81	18/07/1992	Sable moyenne	
07. JETEE SOCIR	06/07/1992	P7 B	Quai SOCIR				325,52	338,01	Pas d'analyse	Argile	
08. JETEE SOCIR	06/07/1992	P8 B	Quai SOCIR				325,4	338,25	Pas d'analyse	vase	
09. JETEE SOCIR	06/07/1992	P9 B	Quai SOCIR				325,35	338,36	Pas d'analyse	vase	

Source : Direction d'exploitation de la CVM/Boma, 2014

Influence des courants marins et fluviaux

La superposition des graphes de courants marins dominants dans le littoral congolais décrits par Giresse *et al.* (1980), des cartes bathymétriques, des informations fournies notamment par Devroey (1941), Meulenbergh (1968) confortées par des observations de terrain ont permis de développer un SIG, à l'aide du logiciel ILWIS, qui a abouti à la production de la carte générale des principaux courants marins et fluviaux de la région de l'estuaire du fleuve Congo (figure 13).

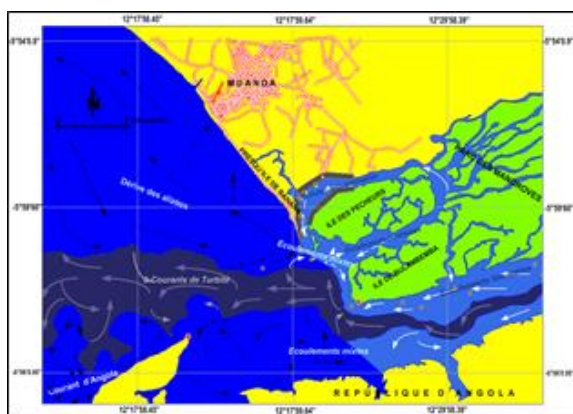


Figure 13. Courants fluviaux et principaux courants marins dans l'estuaire du Fleuve Congo

Avec son immense débit qui oscille à Boma autour de 41 000 m³/s en moyenne (Pangu, 2018), le fleuve Congo, par trois différents types d'écoulement respectivement influencés par sa pente longitudinale, les crues et sa profondeur. Tour à tour, l'écoulement est peu perturbé lorsqu'il s'étale sur de grandes surfaces ou lorsqu'il coule le long de berges exhaussées à pente faible ; cet écoulement devient de plus en plus turbulent lorsqu'on se rapproche du chenal principal ; cette turbulence se renforce lorsque le fleuve s'engouffre

brutalement dans la fosse océanique, charriant des matériaux de toute nature caractéristique des courants de turbidité. L'influence de ce courant reste perceptible. Avant de se déverser dans l'océan, les eaux du fleuve se buttent comme dans tout estuaire à trois courants concurrents : le courant de dérive littoral, les vagues et les marées.

Influence des marées

En plus de la houle, la marée se propage dans la baie de Banana avec une amplitude sensiblement constante ; lorsque cette amplitude n'est pas forte, les vitesses de jusant et de flot demeurent faibles en valeur absolue (Devroey, 1941 ; Meulenbergh, 1968 ; Savoye, 2009). Le courant de dérive littoral est représenté, par la dérive des alizés au Nord du canyon et du courant d'Angola au Sud.

Des études menées par la CVM (2014) sur base des observations du marnage entre 1976 et 1977 (figure 13) ont confirmé les allégations de Meulenbergh (1968) et des études antérieures qui ont signalé la forte influence des marées sur la variation du niveau d'eau dans le bief maritime. En effet, il a été démontré qu'à Bulambemba, la marée est du type semi-diurne avec une différence journalière relativement grande. On peut aussi observer une période semi-mensuelle avec vive-eau et morte-eau ainsi qu'une période semi-annuelle avec des marnages maximaux aux environs des équinoxes. Pour la période 1976-1977, on a observé que le marnage maximal se situe autour de 1,80 m contre un minimum approchant 0,50 m. La moyenne du marnage est aux environs de 1 m (figure 14). La durée du gagnant est proche de 6h20' alors que celle du perdant est d'environ 6h00'. Le sens de rotation du courant de la marée est ici lévogyre (sens inverse de la rotation des aiguilles d'une montre) comme l'ont signalé Devroey (1941) et Meulenbergh (1968) qui ont confirmé que le marnage devant l'estuaire est d'environ 1 m.

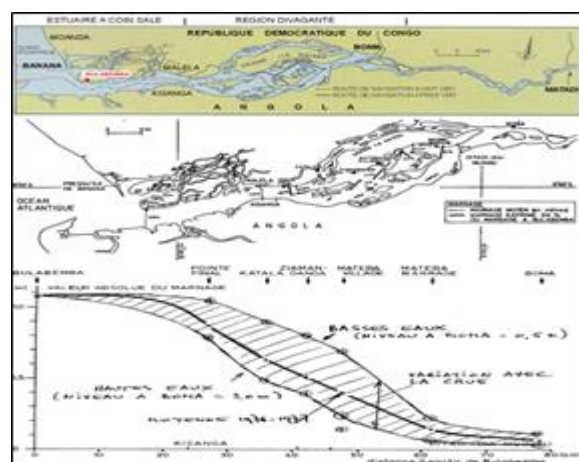


Figure 14. Cartes de la Région divagante et variation du marnage dans le bief maritime du fleuve Congo (CVM, 2014)

4. DISCUSSION

Les études de faisabilité relatives à la construction du Port en eau profonde de Banana ont jeté leur dévolu sur l'île de Bulambemba en premier lieu puis sur la rade de Banana en suite (figure 14). Cette étude s'est proposée d'éluder les motivations profondes de ce choix. Pour ce faire, l'étude a analysé les contraintes physiographiques et hydrodynamiques du site. Car, la littérature renseigne que le comportement d'un système côtier résulte des mouvements à l'interface eau/sédiments. Schématiquement, les conditions hydrodynamiques (vagues, courant et marée) induisent un transport sédimentaire responsable de l'évolution morphologique de la côte (Jago *et al.*, 1984 ; Kroon, 1994 ; Rihouey, 2004). Cependant, les conditions hydrodynamiques locales sont fonction des forçages au large mais sont aussi fortement influencées par la topographie du site (Hequette *et al.*, 1993 ; Philipps, 1992).

Sur le plan topographique, les profils en long et en travers du fleuve Congo effectués dans la région de l'estuaire se solde par deux constats majeurs : (i) le bras principal du fleuve qui sépare la RD Congo et la République d'Angola est obstrué par un canyon sous-marin qui se prolonge jusqu'aux abords de la région divagante du bief maritime (Devroey, 1941 ; Meulenbergh 1968 ; Giresse *et al.*, 1980 ; Savoye, 2009 ; Pangu, 2018) ; (ii) le littoral congolais s'élève peu à peu en altitude quand on part de la pointe de Banana, aux côtes plates, vers le Nord de Muanda (Nsiamfumu jusqu'à la frontière cabindaise), où il est soumis à une forte érosion côtière qui s'est soldé par l'érection des falaises abruptes atteignant jusqu'à 20 m de haut et qui couvrent près de 73 % du linéaire côtier congolais, comme l'ont confirmé l'enquête du projet GEM – CG/ GCLME)/MECNEF-RDC-ONUDI (2007) et le MECNT/ RDC (2010). Le linéaire côtier Banana-Muanda serait le meilleur emplacement compte tenu de sa topographie et de son accessibilité.

Mais, l'analyse des contraintes hydrodynamiques dans le littoral congolais a révélé que de manière générale, le profil bathymétrique aux larges de la ville de Muanda et de la cité de Banana est relativement modeste. En effet, cette zone est nourrie en permanence par des flèches de sables mises en mouvement par des puissants courants de turbidité (27 millions de m³/an de sédiments charriés par le fleuve Congo d'après Giresse *et al.*, 1980 ; Savoye *et al.*, 2009 ; CVM, 2010) et les vagues qui balaient l'exutoire du fleuve. Ces forces poussent une grande partie des sables vers le nord où ils sont charriés par la dérive des alizés. Ces dépôts ont abouti à un envasement de cette partie du littoral où les profondeurs y atteignent rarement 6 m même jusqu'à plusieurs centaines de mètres de la côte.

Considérant que dans l'estuaire, le courant de surface de jusant varie entre 32 et 52 nœuds et le courant de flot subit une chute de vitesse de 20 % environ tandis le marnage moyen oscille autour de 1 m, l'île de Bulambemba serait le site idéal parce qu'elle baigne dans des eaux suffisamment profondes, avec son talus abrupt au Sud-ouest, au Nord-ouest et à l'Ouest où il donne directement sur le canyon. Cette île se situe aussi à l'entrée obligée des navires à l'intérieur des terres congolaises. Un port maritime à cet endroit faciliterait le transbordement des cargaisons vers les ports fluviaux de Boma et Matadi sans avoir besoin de mouiller dans les eaux internationales. De plus, le développeur du projet disposerait déjà des locaux abandonnés dans cet ancien centre pénitencier naguère réputé pour son site très sécurisé par des barrières naturelles. Malheureusement, l'île de Bulambemba est très enclavée et directement exposée aux courants de turbidité qui y ont aménagé une sorte de gorge au pied du plateau continental. Le site est également exposé en permanence aux vagues et aux fluctuations des marées.

La littérature renseigne que l'un des critères incontournables pour l'implantation d'un port en eau profonde est l'établissement d'une zone calme protégée par divers ouvrages pour limiter les influences hydrodynamiques du site (Nzau, 2013). De tout ce qui précède, cette étude valide la localisation du projet de Port de Banana dans la Rade du même nom située à l'exutoire du bras Nord du fleuve Congo entre la presqu'île de Banana et l'île des Pêcheurs (figure 14). Quoique n'étant pas à l'abri des contraintes hydrodynamiques étayées dans ce papier, ce site présente des avantages majeurs : il est protégé par la presqu'île dont la pointe peut être renforcée par des digues plus imposantes ; il est très sécurisé par la Force Navale des FARDC dont il abrite déjà la Base ; il est très accessible et ses problèmes majeurs sont bien connus de la CVM et des armateurs. Son handicap essentiel demeure sa faible profondeur induite par la faible vitesse d'écoulement et la forte sédimentation qui en découle.

5. CONCLUSION

La démarche déterministe adoptée dans cette étude a visé la localisation préférentielle du site pouvant abriter le port maritime de la RDC. Il a été question d'analyser les contraintes physiographiques et hydrodynamiques à partir des données d'observation directe et surtout des données historiques fournies par les entreprises du secteur ou tout simplement par la littérature. Au moyen du Système d'Informations Géographiques, l'intégration de toutes les données a permis de configurer les principales contraintes du site. Il

s'agit notamment de l'avancée de l'érosion côtière au Nord de Muanda, de l'obstruction de l'estuaire du fleuve par un profond Canyon sous-marin, des flèches de sables charriées en permanence par les courants de turbidité et déviées vers le Nord par les courants de dérive littoral, des fluctuations des marées et enfin, de la faible vitesse d'écoulement qui favorise la sédimentation dans la Rade de Banana.

La recherche valide la localisation du Port de Banana dans la Rade de Banana parce que l'influence des courants fluviaux et marins y est significativement atténuée ; le site est très accessible et bien sécurisé. Néanmoins, l'étude prévient que d'immenses quantités de sédiments notamment, des sables moyens à fins ainsi que de vase devront être draguées pour rencontrer la profondeur optimale d'exploitation. Ce faisant, des précautions scientifiques et opérationnelles devront être prises pour surveiller l'évolution de la sédimentation sur ce site de manière durable. Cette préoccupation reste donc à éluder.

Remerciements

Les auteurs remercient Monsieur J.P. Mbuyi, Chef d'antenne CVM à Banana, qui a facilité la randonnée dans l'estuaire et qui a permis le contact avec les différentes autorités civiles et militaires. Ces remerciements s'adressent aussi au Pilote en Chef de la CVM qui a personnellement conduit le Canot d'opérations, à l'Ingénieur Goma de la PERENCO-REP, au Sergent Mbuyu de la Base Navale des FARDC, au Guide touristique ainsi qu'aux cadres et agents de la Direction d'Exploitation de la CVM à Boma qui ont mis à notre disposition toute la documentation technique sans laquelle cette étude ne pouvait aboutir.

Les auteurs également leurs remerciements à l'Agence Congolaise de la Transition Ecologique et du Développement Durable (ACTEDD) pour l'appui apporté à la publication de cet article.

Références

Berrit G., 1962. Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le Golfe de Guinée. *Cahier Océanique*, 14, 372-387.

CICOS, 2007. *Gestion durable des ressources en eau du bassin du Congo*. Ebauche - 2ème version, juin 2007, Kinshasa, RDC.

Congolaise des Voies Maritimes (CVM), 2014. *La propagation des marées dans le bief maritime du fleuve Congo*. <https://docplayer.fr/53187634-Propagation-de-la-maree-dans-le-bief-maritime-du-fleuve-congo.html>.

Congolaise des Voies Maritimes (CVM), 2014. Propagation de la marée dans le bief maritime du Fleuve Congo. Présentation aux *Etats Généraux des Voies Navigables*, Kinshasa, 24 p.

Congolaise des Voies Maritimes (CVM), 2020. La Problématique de l'aménagement et de l'entretien des voies navigables : cas du bief maritime du fleuve Congo. Présentation aux *Journées de réflexion (Etat des lieux) sur la création et l'opérationnalisation du Fonds d'Entretien des Voies Fluviales et Ferroviaires en République Démocratique du Congo*, 10-11 novembre 2020, Université de Kinshasa.

Devroey E., 1941. *Le Bassin hydrographique congolais. Spécialement celui du bief maritime*. Mémoires de l'Institut Royal Colonial Belge, Section des Sciences Techniques, Coll. In-8°, III (3), Bruxelles, 172 p. https://www.kaowarsom.be/en/mem_tec_36

Giresse, P. & Kouyoumontzakis G., 1973. Cartographie sédimentologique des plateaux continentaux du sud du Gabon, du Congo et du Zaïre. *Cahiers de l'ORSTOM, série Géologie*, V (2), 235-257.

Giresse P., 1980. *Carte sédimentologique du Plateau Continental du Congo. Notice explicative n° 85*, ORSTOM, Paris, 33p. <https://core.ac.uk/download/pdf/39877437.pdf>

Hequette A. & Hill P.R., 1993. Storm-generated currents and offshore sediment transport on a sandy shoreface, Tibjak Beach, Canadian Beaufort Sea, *Marine geology*, 113, 283-304.

Jago C.F. & Hardisty J., 1984. Sedimentology and morphodynamics of a macrotidal beach, Pending Sands, SW Wales. *Marine Geology*, 60, 123-154.

Kalumba M.N.J., 2016. *La construction du port en eau profonde à Banana est un devoir d'Etat*. Déclaration du Ministère d'Etat en Charge des Transports et Communication de la RDC, Publié le samedi, 05/03/2016.

Kroon A., 1994. *Sediment transport and morphodynamics of beach and near shore zone Egmond, The Netherlands*. Doctoral thesis, Dpt of Physical Geography, University of Utrecht, The Netherlands.

Meulenbergh J., 1968. *Diffusion des eaux du fleuve Congo dans les eaux de l'Atlantique Sud*. Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer, Class. Des Scie. Techn., XVI (6), Bruxelles, 149 p.

Ministère de l'Environnement, Conservation de la Nature et Tourisme (MECNT), 2010. *Plan d'action national pour la gestion durable des ressources environnementales marines et côtières de la République Démocratique du Congo*. Publication MECT-RDC, Kinshasa, 125 p.

Muyaya K.B., Rudant J.P., Lumbuenamo S.R., Muamba M.P., Wayawo M.A., Konunga M.G. & Collet M., 2017. Appréciation du potentiel des images satellitaires Sentinel1 et Sentinel2 pour la cartographie du parc marin des mangroves, en République Démocratique du Congo. *Intern. Journ. of Innov. and Appl. Studies*, 21(3), 398-409.

Nzau U.M.C., 2013. *Communication interpersonnelle sur les contraintes hydrauliques dans la Crique de Banana*.

Pangu S.R.S & Ntombi, M.K.M, 2020. Implémentation du Nile Bassin Decision Support System pour la

valorisation des ressources en eau du Bassin du Congo. *Congo Challenge*, (5),

Pangu S.R.S, 2018. *Etude stratégique de la gestion intégrée des ressources en eau du potamon du Bassin du Congo au moyen du Nile Basin Decision Support System*. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, 384p.

Philipps, J.D., 1992. Nonlinear dynamical systems in geomorphology: evolution or revolution. *Geomorphology*, (5), 219-229.

Projet GEM – CG/ GCLME) / RDC, 2007. *Profil de la zone côtière de la RDC*. Publication du MECEF-RDC, Kinshasa, 65 p.

Rihouey, D., 2004. *Analyse statistique de l'évolution morphodynamique des plages sableuses : Application aux sites d'étude du Programme National d'Environnement côtier et aux plages d'Anglet*. Thèse de doctorat, Université de Pau et des Pays de l'Adour.

Savoie B., Babonneau N., Dennielou B., & Bez M., 2009. Geological overview of the Angola-Congo margin, the Congo deep-sea fan and its submarine valleys. *Elsevier Ltd, Deep Sea Research Part II: Tropical Studies in Oceanography*, 56(24), 2169-2186.