

Caractérisation Hydrologique Et Morpho-Sédimentaire D'une Zone De Dragage En Lagune Ebrié Et Risques De Contamination De La Nappe d'Abidjan : Cas Du Secteur Lagunaire Abatta-Bingerville

¹Ané Maurice AKA *, ²Aka Ferdin KOUAME, ³Charles Albéric AKA et COULIBALY Aoua Sougo

International Foundation for Science, IFS, Karlavägen 108, 5th floor, SE-115 26
STOCKHOLM, Sweden

Résumé : L'objectif principal de la présente étude est d'évaluer les impacts du dragage sur la nappe d'Abidjan dans le secteur de Bingerville. Les campagnes pour l'acquisition des données ont lieu en juillet 2019. Elles ont consisté à la collecte de données morphobathymétriques, hydrologiques et sédimentologiques dans la zone de l'étude où sont implantés des champs captants à au plus quatre (4) kilomètres. L'analyse physicochimique et microbiologique des eaux de ce secteur de la lagune Ebrié a montré qu'elles sont de mauvaises qualités donc impropre pour tout usage domestique et de consommation. Ainsi toute intrusion dans la nappe d'Abidjan serait synonyme d'une pollution des eaux de la nappe dont le traitement s'avèrerait très onéreux. Aussi les niveaux de conductivité surtout au fond des eaux (≥ 4 m de profondeur) sont-ils supérieurs à la norme de potabilité de OMS (2006) qui est de $<2500 \mu\text{S}/\text{cm}$. En outre, les relevés bathymétriques obtenus ont mis en évidence des fonds topographiques présentant par endroit des dépressions de 4 à 5 m en général. Cependant dans les zones de dragage des profondeurs de plus de 15 m ont été observées. Ainsi pour apprécier la vitesse de sédimentation en vue d'évaluer la capacité d'ensablement des zones draguées, la présente carte bathymétrique a été superposée à celle de 1975 réalisée par TASTET. Cette superposition met en évidence des mouvements sédimentaires avec des vitesses de sédimentation très importantes allant de 1,7 à 1,9m/s.

Mots clés : lagune, morphobathymétrie, nappe d'Abidjan, Abatta- Bingerville.

Abstract The main objective of this study is to assess the impacts of dredging on the Abidjan aquifer in the Bingerville sector. The data acquisition campaigns take place in July 2019. They consisted in the collection of morphobathymetric, hydrological and sedimentological data in the study area where catchment fields are located at most four (4) kilometers away. The physicochemical and microbiological analysis of the waters in this sector of the Ebrié lagoon has shown that they are of poor quality and therefore unsuitable for all domestic and consumer uses. Thus, any intrusion into the Abidjan aquifer would be synonymous with pollution of the aquifer water, the treatment of which would prove to be very expensive. The conductivity levels, especially at the bottom of the water (≥ 4 m deep), are therefore higher than the WHO potability standard (2006) which is $<2500 \mu\text{S} / \text{cm}$. In addition, the bathymetric surveys obtained have highlighted topographic backgrounds with depressions of 4 to 5 m in general. However in dredging areas depths of more than 15 m have been observed. To assess the speed of sedimentation in order to assess the sanding capacity of dredged areas, this bathymetric map was superimposed on that of 1975 produced by TASTET. This superimposition highlights sedimentary movements with very significant sedimentation rates ranging from 1.7 to 1.9 m / s.

Keywords: Lagoon, morphobathymetry, Abidjan aquifer, Abatta- Bingerville

1. Introduction

La qualité et la quantité d'eau disponible se posent comme une problématique mondiale à travers les nombreuses réunions internationales organisées à ce sujet (ICWE, 1992 ; CNUED, 1992 ; Forum mondial de l'eau, 1997 etc..) et les nombreuses organisations internationales qui participent à des programmes

spéciaux concernant les ressources hydriques. Ainsi, plusieurs acteurs de la recherche notamment (Goudie et al., 1985, Janicot, 1990 ; Leduc et al., 2001 ; Massue, 2005 ; Kouassi, 2007 ; Purdue, 2011 ; Sultan, 2011 etc.) s'expriment également sur cette préoccupation.

La Côte d'Ivoire en général et Abidjan en particulier n'échappe pas à cette réalité mondiale. En effet, la ville d'Abidjan abrite plus de 30% de la population ivoirienne avec un taux d'accroissement annuel de 3,99% (INS, 2010). Sa superficie représente moins de 1% du territoire national. La population d'Abidjan consomme 68% de la production totale d'eau potable de la Côte d'Ivoire (DHH, 2001). La ville est essentiellement alimentée en eau potable à partir des eaux souterraines de la nappe du Continental Terminal également appelée "nappe d'Abidjan" (Kouassi, 2013). Il faut, cependant, rappeler que la « nappe d'Abidjan » a pour exutoire la lagune Ebrié. Mais ces dernières années, les pressions anthropiques au rang desquelles le rejet des eaux usées non traitées provenant des ménages et les industries pourraient constituer un déséquilibre de l'écosystème de la lagune Ebrié déjà fragilisé. A cela, s'ajoute le dragage de sédiments qui atteignant parfois d'importantes profondeurs constituerait une menace par intrusion du mélange des eaux usées et marines dans la nappe d'Abidjan. Ce présent article se veut une contribution à l'évaluation de l'impact environnemental de ces activités sur la qualité de la nappe d'Abidjan.

Cette étude aura donc pour objectif général, d'évaluer le niveau anthropisation et les risques associés à l'ensemble des pratiques humaines sur qualité de l'eau et donc la nappe d'Abidjan.

Dans la pratique, il s'agira (i) de procéder à des analyses physicochimiques, chimiques bactériologiques et microbiologiques dans les échantillons d'eau, (ii) d'évaluer l'impact des activités de dragage de sable au niveau du secteur lagunaire Abatta- Bingerville (Figure 1).

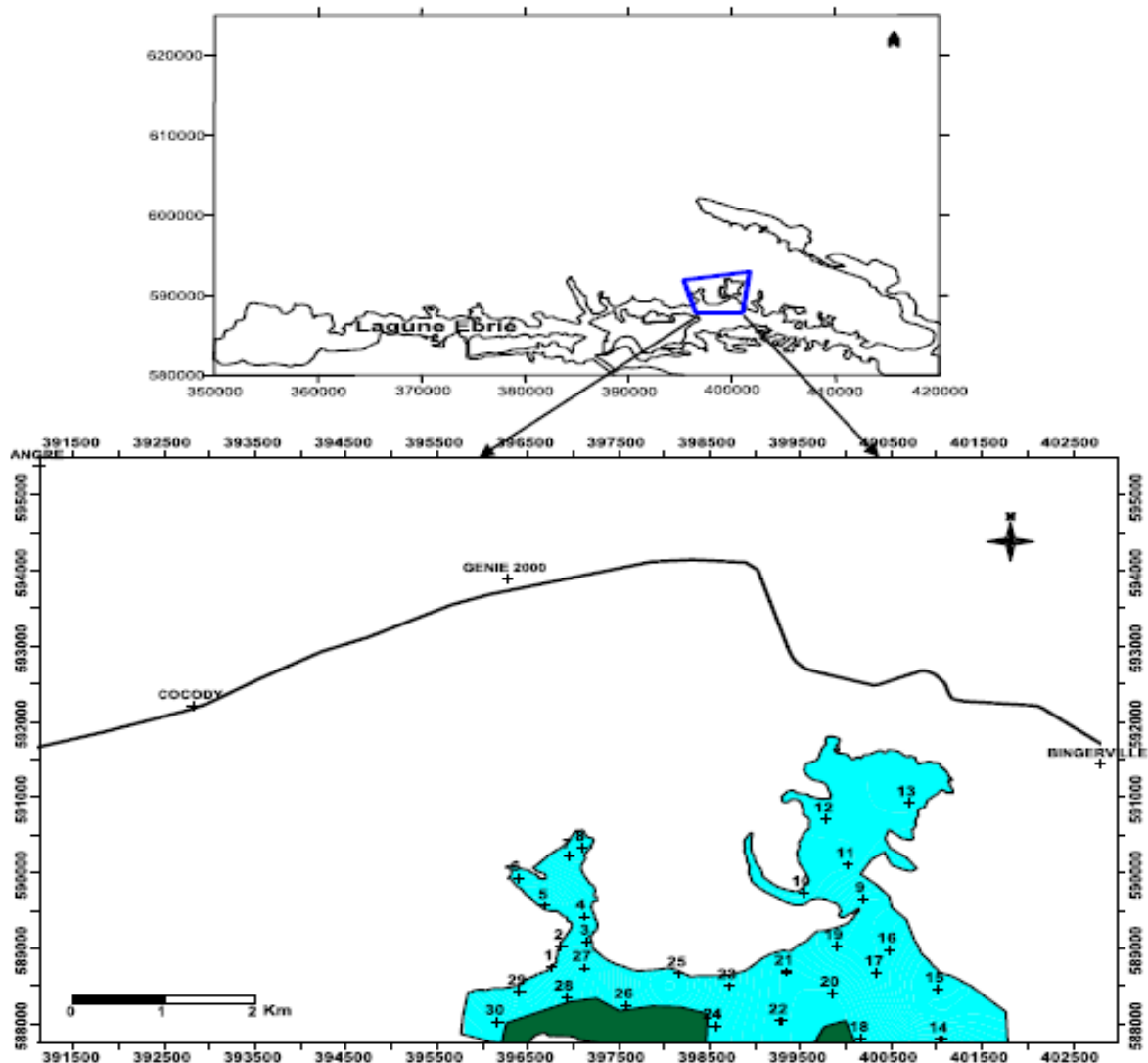


Figure 1: Prélèvements d'échantillons d'eau dans le secteur Abatta-Bingerville en lagune Ebrié

2. Matériel Et Method

Le matériel concerne les outils ayant servi à l'évaluation de la qualité de l'eau et ceux utilisés pour apprécier l'impact des activités de dragage sur « la nappe d'Abidjan ». Les Campagnes pour l'acquisition des données ont lieu en juillet 2019.

Pour les prélèvements d'eau, les mesures de certains paramètres physicochimiques ont été directement réalisées sur le terrain à l'aide d'un multiparamètre HI 9829.

D'autres paramètres ont été appréciés directement sur le terrain à partir d'une simple observation (Tableau 1). Il s'agit de l'odeur, de la couleur, etc. Par contre, les paramètres microbiologiques et bactériologiques ont été traités au laboratoire (Tableau 2).

Tableau 1 : Méthodes d'Analyses des paramètres physicochimiques et chimiques

Paramètres	Méthode	Appareil
Température (T°C)	<i>In situ</i>	Multiparamètre HI 9829
Odeur		
Salinité		
Conductivité électrique (C.E.)		
Potentiel d'hydrogène (pH)		
Solides totaux dissous (TDS)		
Potentiel d'oxydoréduction (Eh)		
Oxygène dissous (OD)		
Turbidité		
Résistivité		
MES	Filtration sur rampe	Balance
Phosphore total	Phos Ver3	DR600
Nitrates (NO ³⁻)	Nitri Ver3	
Nitrites (NO ₂ ⁻)	Nitri Ver3	
Ammonium (NH ₄ ⁺)	Monochlor F	
Orthophosphates (PO ₄ ³⁻)	Phos Ver3	
Durée totale	Photometrie monofonctionnel	Photomètre HI 96719
Résidus sur l'évaporation	Evaporation	Creusés et balance
Demande biochimique en Oxygène (DBO ₅)	Incubation à 20°C	Oxymètre
Demande chimique en oxygène (DCO)	Oxydo-réduction	Spectromètre
Carbone Organique Total (COT)	HACH	
Fer	Dosage et lecture	Spectrométrie d'absorption atomique (SAA)
Magnésium		
Ca ²⁺		
Nickel		
Plomb		

Zinc		
Chrome		
Mercure		
Arsenic		
Plomb		
Hydrocarbures totaux (HT)	Chromatographie	Chromatographe
Hydrocarbures aliphatiques (HAP)		

Tableau 2 : Méthodes d'Analyses des paramètres microbiologiques et bactériologiques

Analyses	Méthodes	Volume de PE	Milieux utilisées	T°d'incubation	Lectures
Microorganismes revivifiables	Incorporation en milieu solide	1ml	Gélose nutritif	37°C et 20°C	-
Coliformes totaux	Filtration	100 ml	Gélose ECC	37°C	Colonies typiques
Coliformes fécaux				44°C	
E colis				37°C	
Salmonella coliforme				37°C	
Spdomana aeruginosas				37°C	

S'agissant de l'impact des activités de dragage. Le suivi bathymétrique d'une zone donnée intégrant les processus d'apports et de perte de sédiments nécessite deux relevés bathymétriques effectués à des dates distinctes, si possible avec les mêmes conditions d'acquisition (méthodologie, précision du matériel). L'estimation du comblement ou de l'érosion passe par le calcul de la différence de profondeur pour chaque point sur les deux cartes (Castaings, 2008). Cette différence peut ensuite être intégrée sur la surface pour obtenir l'évolution globale de la zone étudiée. Elle peut aussi être représentée de façon cartographique à l'aide d'un logiciel afin d'apprécier l'intensité du comblement ou de l'érosion pour la lagune étudiée (**Figure 2**). La tendance évolutive de la dynamique sédimentaire dans cette étude est évaluée grâce au traitement des données dans le logiciel Surfer 11. Il s'agit de déterminer des points communs aux cartes bathymétriques de Tastet (1975) et la récente de 2019. De manière générale, le contour commun des deux cartes est pris sur celle de Tastet (1975). Ces points communs permettent de tracer des profils bathymétriques devant nous permettre d'apprécier l'évolution morphologique. En outre, ces mêmes points permettront de calculer le volume de la partie érodée, le volume de la partie engraisée.

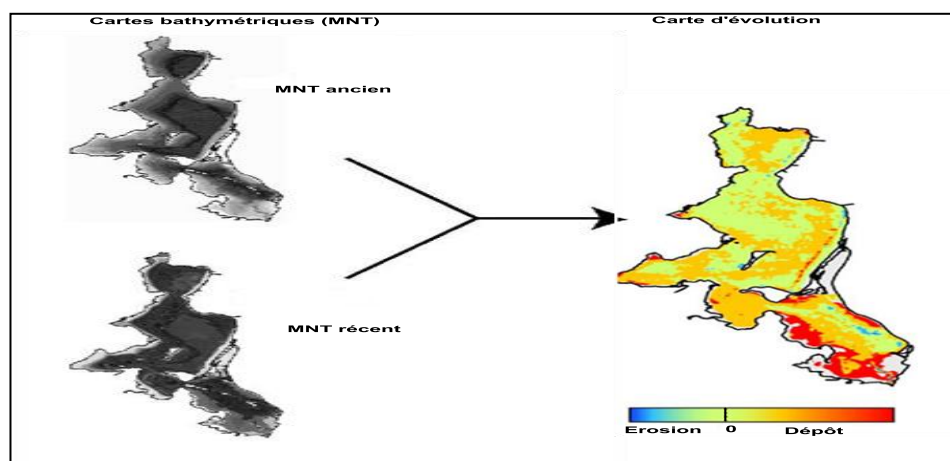


Figure 2 : Principe de l'analyse d'évolution bathymétrique (Castaings, 2008)

3. Resultats Et Discussion

3.1- Qualité des eaux de la lagune Ebrié en zone de dragage à Bingerville

Les résultats d'analyse des échantillons d'eau de la zone d'étude sont consignés en annexe. Pour l'évaluation de la qualité de l'eau, les moyennes des concentrations des paramètres ont été considérées aux deux extrémités (points 13 et 30) de la zone d'étude. Elles ont été comparées aux valeurs guides de l'OMS (2004) pour apprécier la qualité hydrologique de ce secteur de la lagune Ebrié :

Tableau 2 : Résultats d'analyse physicochimiques et bactériologiques dans les eaux du secteur Abatta-Bingerville de la lagune Ebrié

Paramètres	Valeurs mesurées		Normes OMS (2004)	Conformité
	Point 30	Point 13		
Température	26,5°C	26,92°C	25 < T < 30°C T > 30°C	Oui
Odeur	Acceptable	Acceptable	< 10	Oui
Salinité	2,49 PSU	3,13 PSU	Pas de ligne directive	-
Conductivité Electrique	2700 µS/Cm	3250 µS/Cm	< 2500 µS/cm	Non
pH	6,13	6,15	6,5 à 9,5	Oui
TDS	84 mg/l	84 mg/l	< 1000 mg/l	Oui
Oxygène dissous	6,34 mg/l	5,17 mg/l	9mg/l	Non
Turbidité	146,7 UNT	152, UNT	0,5 UNT	Non
Résistivité	0,0028 MΩ.cm	0,0027 MΩ.cm	Pas de ligne directive	-
MES	131 mg/l	138 mg/l	0,5 UNT	Non
Phosphore total	0,58 mg/l	0,61nmg/l	0 mg/l	Non
NO ₃ ⁻	3,5 mg/l	3,8 mg/l	5 mg/l	Non
NO ₂ ⁻	0,01 mg/l	0,0 08/l	0,1 mg/l	Oui
NH ₄ ⁺	0,10 mg/l	0,09 mg/l	0,05 mg/l	Non
PO ₄ ³⁻	0,58 mg/l	0,67 mg/l	0,2 mg/l	Non
Dureté totale	157 ppm	161 ppm	200 ppm	Oui
DBO ₅	10 mg/l	10 mg/l	< 3 mg/l	Non
DCO	30 mg/l	28 mg/l	< 20 mg/l	Non
COT	6,5 mg/l	5,9 mg/l	Pas de ligne directive	-
Fer	2,94 mg/l	2,36 mg/l	0,5-50 mg/l	Oui
Magnésium	2,7 mg/l	3,2 mg/l	50 mg/l	Oui
Ions calcium (Ca ²⁺)	1,28 mg/l	1,42 mg/l	100 mg/l	Oui
Nickel	0,78 mg/l	0,80 mg/l	50 µg / l	Non
Plomb	0,042,µg/l	0,037 µg/l	0,01 mg/L	Oui
Zinc	0,234 mg/l	0,237 mg/l	3 mg/l	Oui
Chrome	0,309 mg/l	0,432 mg/l	0,05mg/l	Oui

Mercuré	0,334 µg/l	0,210 µg/l	0,006 mg/l	Oui
Arsenic	0,22 mg/l	0,25 mg/l	0,01 mg/l	Non
Cadmium	<0,02 µg/l	<0,02 µg/l	0,003 mg/l	Oui

Pt : Patine cobalt ; µS/Cm : micro siemens ; mV : millivolt ;

Paramètres	Valeurs mesurées		Normes OMS (2004)	Conformité
	Point 30	Point 13		
Coliformes totaux	15000 UFC/100ml	11500 UFC/100ml	0/100 ml dans 95 % des échantillons d'eaux traitées	Non
Coliformes fécaux	1200 UFC/100ml	950 UFC/100ml	0/100ml	Non
Streptocoques fécaux	800 UFC/100ml	630/100ml	0/100ml	Non
Escherichia colis	760 UFC/100ml	700 UFC/100ml	0/100ml	Non
Salmonella coliforme	Présence	Présence	0/100ml	Non
Vibrio UFC/100ml	2600 UFC/100ml	2200 UFC/100ml	0/100ml	Non
Spdomana aeroginosas	3800 UFC/100ml	3500 UFC/100ml	0/100ml	Non

UFC : Unité formant colonie

Résultat d'analyse des hydrocarbures totaux (HT)

Paramètres	Valeurs mesurées		LD	LQ	Normes OMS (2004)	Conformité
	Echantillon 30	Echantillon 13				
Hydrocarbures Totaux en µg/l	60,41	57,32	0,54	1,62	Non mentionnée	-

Résultat d'analyse des Hydrocarbures Alphas (HAP)

Contaminants	Unité	Concentration		LD	LQ	Normes OMS (2004)	Conformité
		Ech 30	Ech 13				
Fluoranthène	µg /ml	< LQ	< LQ	0,017	0,060	-	-
Pyrène	µg /ml	< LQ	< LQ			-	-
Benzo(k)fluoranthène	µg /ml	ND	ND			-	-
Benzo(a)pyrène	µg /ml	0,062	0,072			10 µg /ml	Oui
Indéno(1,2,3-cd)pyrilène	µg /ml	ND	ND			-	-
Benzo (g,h,i) pyrilène	µg /ml	ND	ND			-	-

Benzo(a)anthracène	µg /ml	ND	ND			-	-
Benzo (b) fluoranthène	µg /ml	< LQ	< LQ			-	-

LD : Limite de Detection, LQ : Limite de quantification, ND : Non Detecté

Les résultats d'analyses effectuées sur les échantillons d'eau de la zone d'étude ont donné lieu à des observations suivantes :

- une non-conformité de dix-huit (18) paramètres en rapport avec les normes de potabilité de l'eau potable fixées par l'OMS (2006). Il s'agit des paramètres tels que Conductivité Electrique, Oxygène dissous, Turbidité, MES, Phosphore total, NO₃, NH₄⁺, PO₄³⁻, DBO₅, DCO, Nickel, Arsenic, Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux, Escherichia colis, Salmonella coliforme, Vibrio et Spdomana aeroginosas ;
- une conformité de dix-sept (17) éléments tels que Température, Odeur, pH, TDS, NO₂⁻ Dureté totale, Fer, Magnésium, Ions calcium (Ca²⁺), Plomb, Zinc, Chrome, Mercure, Arsenic, Cadmium et Benzo(a)pyrène ;
- un ensemble de onze (11) éléments qui n'ont pas de normes de potabilité OMS (2006) en vigueur. Ce sont Salinité, Résistivité, COT, Hydrocarbures Totaux, Fluoranthène, Pyrène, Benzo(k)fluoranthène, Indéno(1,2,3-cd) pyrilène, Benzo (g,h,i) pyrilène, Benzo(a)anthracène et Benzo (b) fluoranthène.

Ces résultats des analyses des eaux dans le secteur Abatta-Bingerville révèlent que cette eau est impropre à la consommation. De ce fait, des traitements visant à éliminer toutes les impuretés doivent être réalisés au préalable avant tout usage domestique pour éviter tout désagrément.

3.2 Evolution de la conductivité et la salinité dans les eaux du secteur Abatta-Bingerville de la lagune Ebrié

3.2.1 Focus sur la conductivité dans la colonne d'eau du secteur Abatta-Bingerville

La conductivité des eaux du secteur Abatta-Bingerville de la lagune Ebrié est comprise entre 1000 et 4900 µS/Cm (**figure 3**). Elle augmente de la surface vers la profondeur. En effet, la lagune Ebrié étant une eau saumâtre subissant l'influence des eaux marines et continentales, il existe une stratification entre eaux douce et eau de mer. Les eaux marines plus denses coulent au fond alors que les eaux douces à faible densité circulent à la surface. Ceci explique les faibles valeurs de conductivité constatées dans les eaux superficielles et les fortes concentrations enregistrées à l'interface eau- sédiment.

Selon Irié 2018, la conductivité électrique des eaux de la lagune Ebrié a été maximale avec 8449,205 µS/cm au Canal de Vridi et faible à 1926,22 µS/cm à Bingerville (ANNA).

Les eaux au Canal de Vridi sont très minéralisées du fait de la présence de l'eau de mer ce qui expliquerait la forte conductivité. La conductivité moins importante à Bingerville (ANNA) se comprend par le fait que les eaux continentales prépondérantes sont faiblement minéralisées.

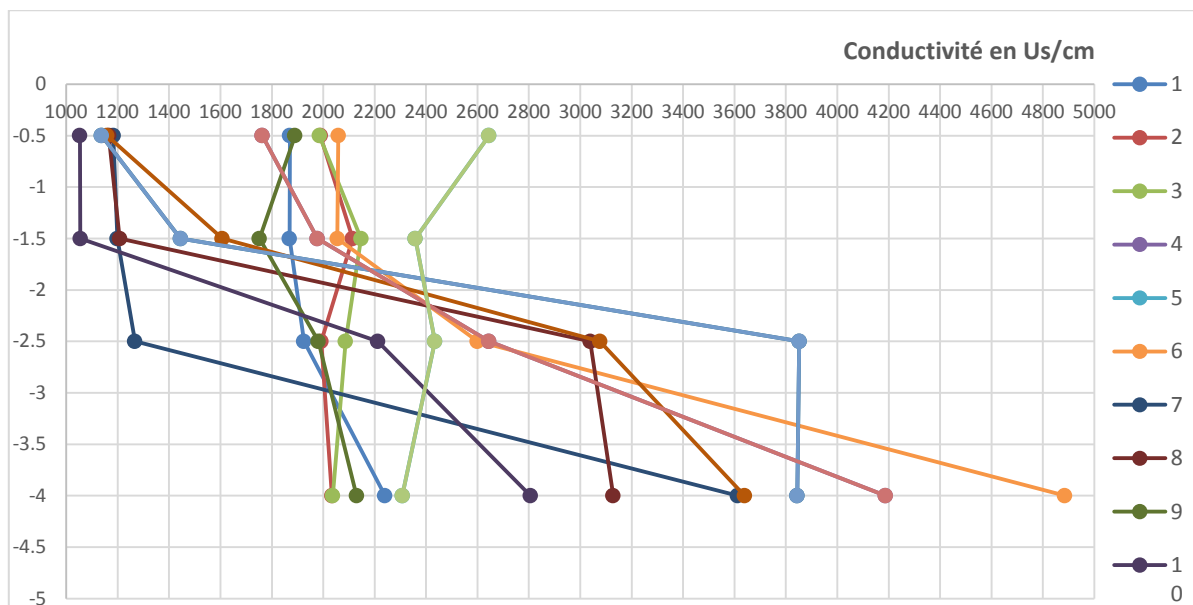


Figure 3 : Evolution de la conductivité dans la colonne d'eau du secteur lagunaire Abatta-Bingerville

3.2.2 Focus sur la salinité dans la colonne d'eau du secteur Abatta-Bingerville

La salinité des eaux varie de 0,5 à 3,70 PSU (figure 4). Elle croît avec la profondeur. Les eaux marines plus salées et plus denses circulent au fond des eaux alors que les eaux douces et continentales pauvres en sel et moins denses occupent la surface des eaux, d'où les faibles concentrations de sels constatés dans les eaux superficielles et les fortes concentrations mesurées dans les eaux de fond.

Aka, 2017 a montré que les salinités moyennes des eaux de surface de l'estuaire de la lagune Ebrié variaient de $(28,84 \pm 0,76$ à $1,12 \pm 0,43)$ ‰ et celles des eaux de fond évoluent de $(30,29 \pm 1,71$ à $5,25 \pm 4,87)$ ‰. Ces valeurs étaient en accord avec celles observées par Yao et al. (2009) dans les baies de la lagune Ebrié. Lesquelles valeurs annuelles étaient comprises entre $(14,26 \pm 9,01$ et $18,85 \pm 10,22)$ ‰ en surface et $(18,30 \pm 10,54$ à $29,71 \pm 6,34)$ ‰ en profondeur.

Selon Durand et Guiral (1994), les salinités des eaux lagunaires résultent globalement de l'origine des apports hormis la zone située dans la région du port d'Abidjan, soumise à un renouvellement constant des eaux par le canal de Vridi.

Aussi, Lemasson et al., 1980 soutiennent-ils que les salinités moyennes des eaux décroissent des stations proches du canal de Vridi (Biétri, Azito, Yopougon, Banco,) où l'influence des eaux marines et salées est importante vers les stations les plus éloignées de la communication avec l'océan mais plus proches du fleuve Comoé (M'badon, Koumassi et Cocody).

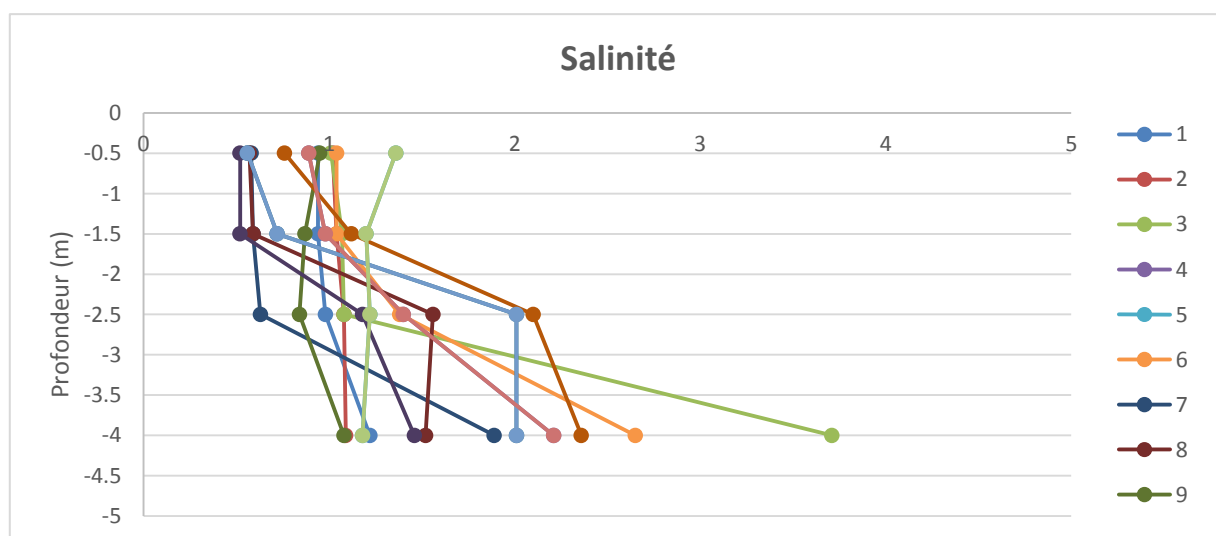


Figure 4 : Evolution de la salinité dans la colonne d'eau du secteur lagunaire Abatta-Bingerville

3.2.3 Variation spatiale de la conductivité et de la salinité dans des eaux de la lagune Ebrïé

La variation spatiale de la salinité et de la conductivité des eaux de la lagune Ebrïé à Bingerville est quasiment homogène (**figure5**). Elle semble être plus importante à l'entrée de la zone d'étude et diminue au fur et à mesure qu'on s'approche des cotes au niveau de Bingerville. Aussi dans les zones de dragage, les concentrations de sels et les niveaux de conductivités observées sont importantes. Ceci est imputable au phénomène de dragage qui entraîne la remontée en surface des eaux de fonds généralement plus salées et plus conductrices. Par ailleurs au niveau des échancrures où le renouvellement de l'eau est mal assuré, les taux de sels qui parviennent dans ces zones sont mal dilués d'où les concentrations de sel obtenues dans les eaux superficielles.

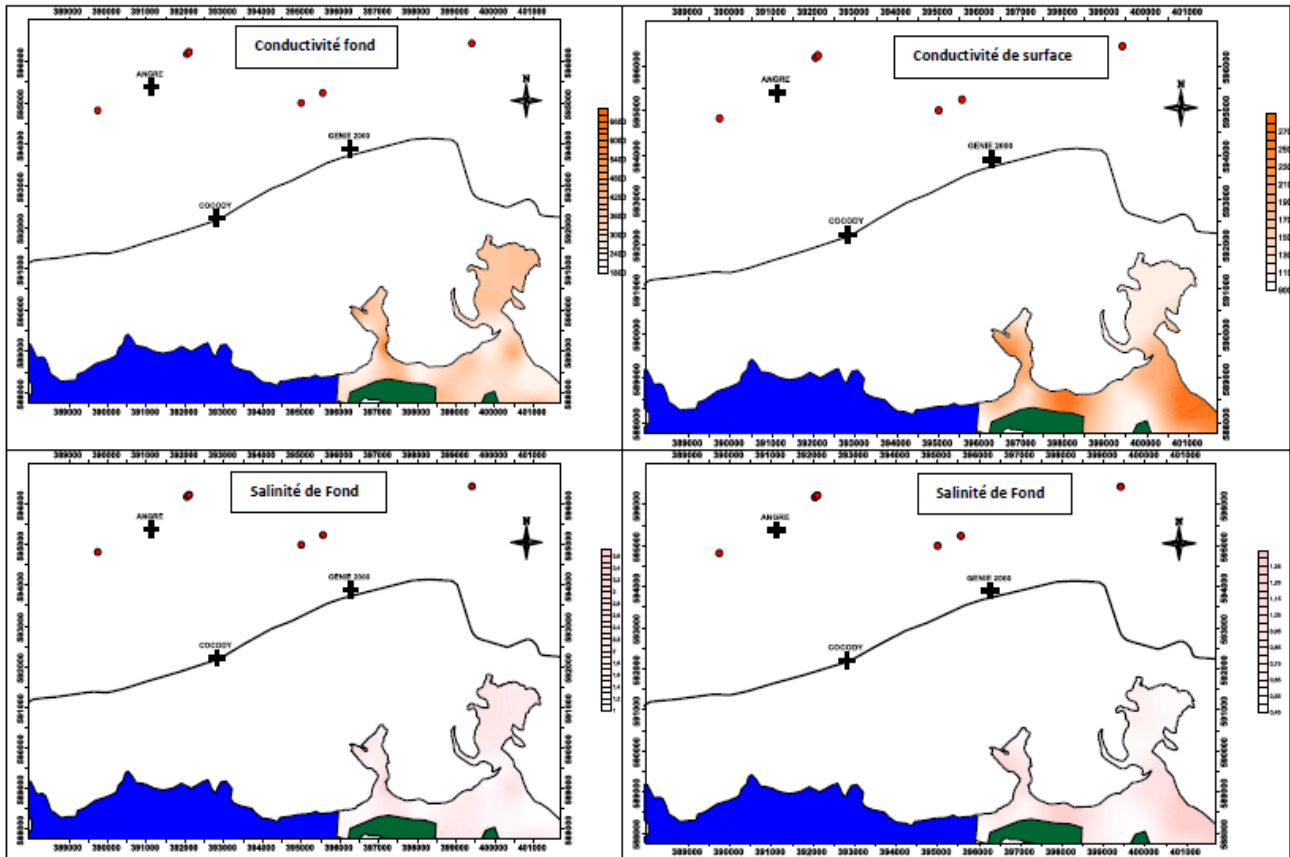


Figure 5 : variation spatiale de la conductivité et de la salinité dans les eaux superficielles de Bingerville

3.3- Tendance évolutive sédimentaire et évaluation des pressions anthropiques sur les baies de Bingerville et M'Badon

3.3.1-Tendance évolutive sédimentaire des baies de Bingerville et M'Badon

- **Modèles numériques de terrain de Bingerville**

Le modèle numérique de terrain en 1975 montre que le périmètre du chenal est de 14,3 km, sa superficie est à 3,30 km². La profondeur maximale est de 5,4 m. La profondeur moyenne est de 3,7 m. Les pentes varient entre 0 et 5,2 ° (**Tableau 3**). En 2019, le modèle numérique de terrain présente le même chenal avec un périmètre à 12,9 km soit une réduction de 1,3 km ; sa superficie est réduite à 2,9 km². La profondeur maximale est de 25,4 m du fait du dragage de sédiments et la profondeur moyenne 4,2 m. Les pentes atteignent 27° sur les flancs des dépressions.

Tableau 3: Paramètres morphométriques de la baie de Bingerville en 1975 et 2019

	Baie en 1975	Baie en 2017
Périmètre (km)	14,3	12,9
Superficie (km²)	3,30	2,9
Profondeur maximale (m)	5,4	25,4
Profondeur moyenne (m)	3,7	4,2
Pente (°)	0 à 5,2	0 à 27

Les aspects géomorphologiques concernent les dépressions qui traduisent le phénomène d'érosion mais qui seraient également liées aux actions de dragage de sédiments (**Figures 6 et 7**). Le chenal de la baie de Bingerville de 1975 présente une morphologie régulière, symétrique avec un axe de symétrie dans le plan médian du chenal. Le chenal résultant a une forme en « V ». En 2019 la morphologie du même chenal est soit régulière, symétrique à asymétrique par endroits, soit irrégulière et dissymétrique. La forme du chenal est en « V » mais présente une forme « intermédiaire dans la zone draguée ».

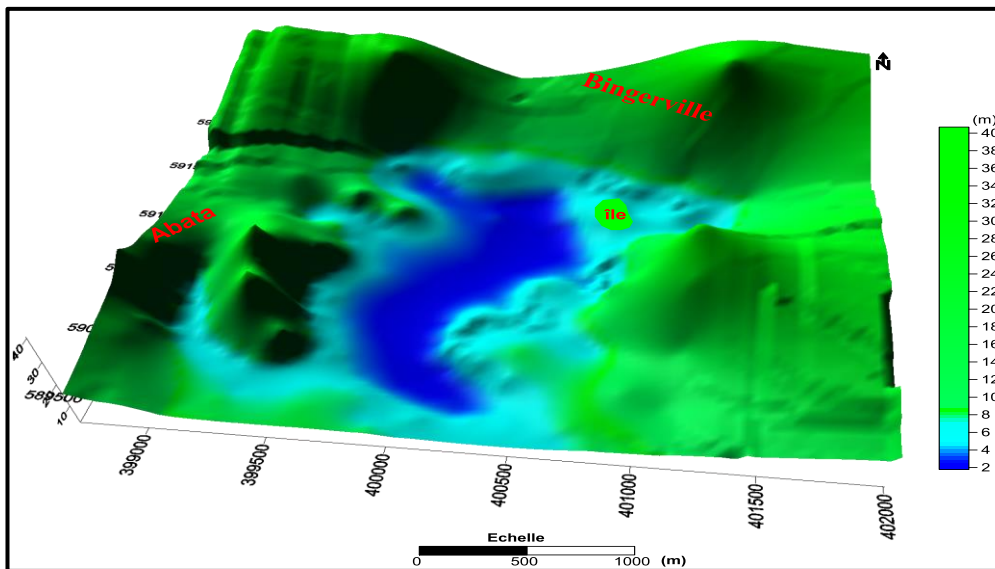


Figure 6 : MNT du chenal de la baie de Bingerville en 1975

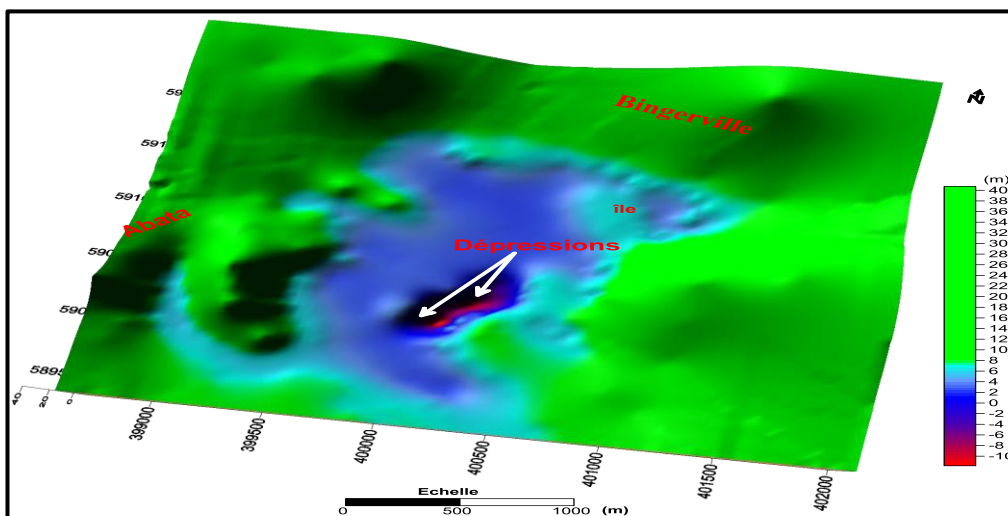


Figure 7 : MNT du chenal de la baie de Bingerville en 2019

• **Volume et vitesse de sédimentation en baie de Bingerville de 1975 – 2019**

Les épaisseurs des sédiments varient entre 0 et 4 m. Les plus importantes sont à proximité des berges Est de la baie (**Figure 8**). Le volume de sédimentation est de 1 774 480,01 m³ sur une aire de 3 064 271, 78 m².

Les sédiments érodés (naturellement et de dragage) sont estimés à 1 347 247,67 m³. Le bilan sédimentaire est de +427 232,33 m³. Ce budget positif montre que cette baie se serait engraisée au cours des quarante dernières années avec une vitesse de sédimentation d'environ 19 mm/an.

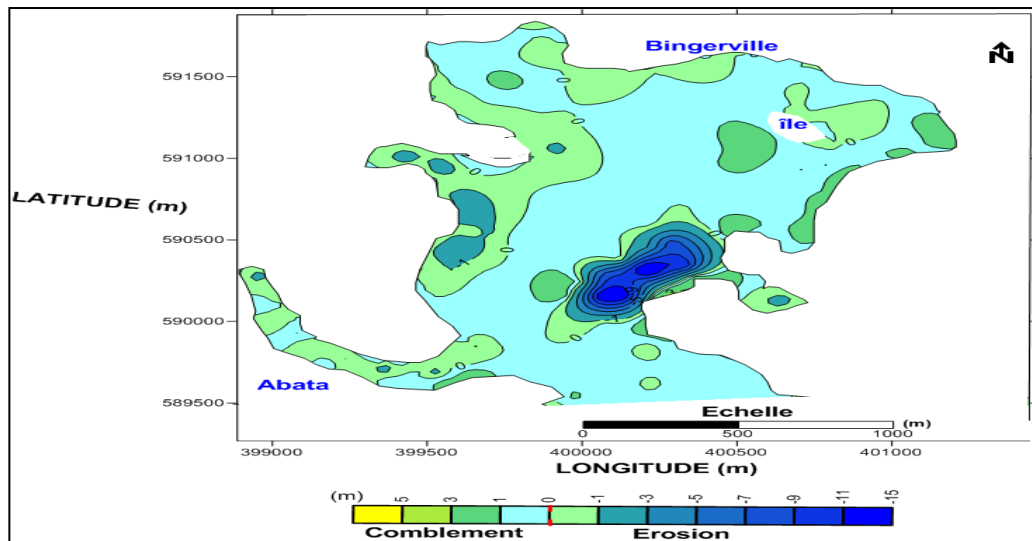


Figure 8 : Epaisseur des mouvements sédimentaires de la baie de Bingerville entre 1975 et 2019

• **Modèles numériques de terrain de la baie M'Badon**

Les paramètres morphométriques de la baie de M'Badon portent sur le périmètre, la superficie, la profondeur et les pentes (**Tableau 4**). Ainsi, en 1975, le périmètre du chenal qui était de 5,96 km est passé à 5,75 km en 2019. Sa superficie est passée de 0,88 km² en 1975 à 0,80 km² en 2019 ; la profondeur maximale qui était 5,5 m en 1975 est passée en 2019 à 13,1 m. On est passé de faibles pentes (0,5 à 7,5°) en 1975 à des pentes variant entre 0 et 21°.

Tableau 4: Paramètres morphométriques de la baie de M'Badon en 1975 et 2019

	Chenal en 1975	Chenal en 2019
Périmètre (km)	5,96	5,75
Superficie (km²)	0,88	0,80
Profondeur maximale (m)	5,5	13,1
Profondeur moyenne (m)	3	3,6
Pente (°)	de 0,5 à 7,5	0 à 21

Les aspects géomorphologiques portent sur les dépressions traduisant une prédominance des agents d'érosion sur les agents d'accumulation. Le chenal en 1975 indique une morphologie régulière, symétrique avec son axe de symétrie situé dans le lit principal de la baie. La forme du chenal en « V » qui en résulte, traduit le phénomène d'érosion qui se manifeste principalement suivant l'axe médian de la baie. En 2019, le chenal présente également une morphologie régulière, symétrique pour certains endroits et irrégulière, dissymétrique vers la berge du côté d'Abata. La forme du chenal en 2019 est en « V » par endroits et elle est de forme « intermédiaire » dans les parties draguées (**figures 9 et 10**).

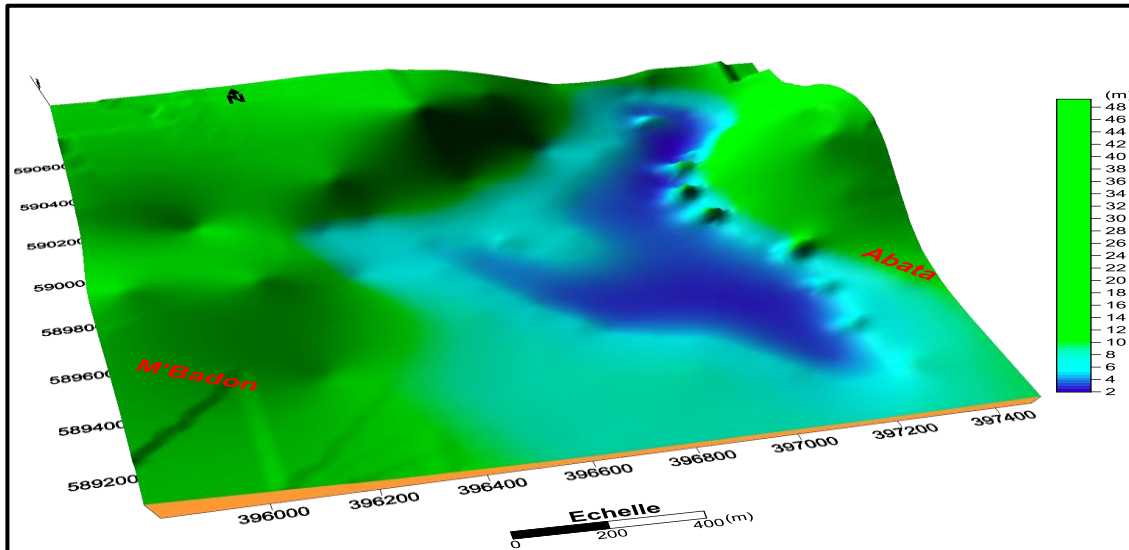


Figure 9 : MNT du chenal de la baie de M'Badon en 1975

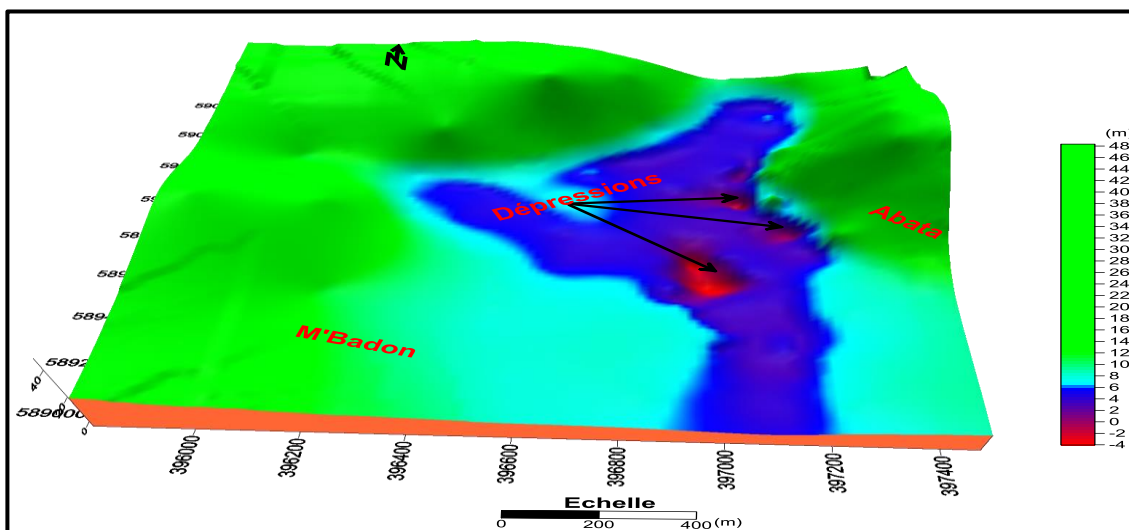


Figure 10 : MNT du chenal de la baie de M'Badon en 2019

• *Volume et vitesse de sédimentation en baie de M'Badon de 1975 à 2019*

Les épaisseurs de sédiments de la carte résiduelle en baie de M'Badon en place varient entre 0 et 5 m, celles des sédiments érodés ou dragués se situent entre 0 et 7 m (**Figure 11**). Le volume de sédiments déposés dans la baie de M'Badon est estimé à 708 494,27 m³. Cependant, les berges par endroits sont soumises soit par l'érosion ou par l'effet de dragage entraînant un déficit sédimentaire de -671 261,55 m³. Le budget sédimentaire résultant est donc positif et indique 37 232,71 m³. La vitesse de sédimentation serait de 17 mm/an pour l'ensemble du chenal de la baie.

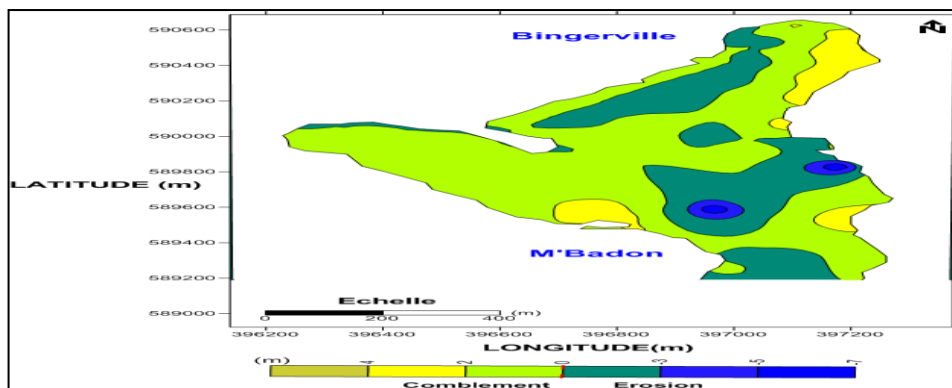


Figure 11 : Epaisseur des mouvements sédimentaires de la baie de M'Badon entre 1975 et 2019

II-2-Evaluation des pressions anthropiques sur les baies de Bingerville et M'Badon

L'évaluation des pressions anthropiques sur les baies de Bingerville et de M'Badon permet de répertorier les pressions exercées par l'homme sur l'état écologique de ces eaux. Cette approche suppose une évaluation systématique des risques associés à l'ensemble des aspects d'un approvisionnement en eau de boisson, au milieu de vie des espèces aquatiques et à la dynamique hydromorphologique. Pour y parvenir, la cartographie des fonds des baies et des piézomètres les plus proches des baies de M'Badon et de Bingerville a été réalisée, ainsi que la nature des sédiments (**tableau 5**).

En effet, les impacts du dragage entraînent un abaissement des fonds de plusieurs dizaines de centimètres à plusieurs mètres par prélèvement du substrat. Le tableau ci-dessous permet d'estimer la superficie et la quantité de sédiments dragués.

Tableau 5 : Estimation du volume de la portion de la baie de M'Badon

Tranches des isobathes	Epaisseur	Volume (m ³)
0 – 4 m	4	1 119 983,32
4 – 6 m	2	87 120
6 – 8 m	2	60 552
8 – 20 m	12	432 228

En effet, sur une superficie de 80 ha de la baie de M'Badon, c'est 0,3 ha qui est affecté par le dragage. Le volume important de sédiments excavés se situe entre 6 et 20 m de profondeur. Ce volume est estimé à 492 780 m³.

S'agissant de la baie de Bingerville, sur une superficie de 260 ha, 17 ha représentent la partie exposée au dragage. Le volume de sédiments estimé est 1 329 413,86 m³ (**tableau 6**).

Tableau 6 : Estimation du volume de la zone draguée de la baie de Bingerville

Tranches des isobathes	Epaisseur	Volume (m ³)
0 – 2 m	2	369 010,18
2 – 4 m	2	936 382,06
4 – 6 m	2	605 482, 08
8 – 26 m	18	723 931,78

L'impact est la transposition de cette conséquence sur les différents compartiments de l'environnement (écosystème, paysage et patrimoine, usages) selon une échelle de sensibilité. Par exemple, le prélèvement des matériaux du dragage entraîne une forte altération voire la destruction de l'habitat sur la zone draguée. (Effets et impacts des opérations de dragage et d'immersion sur l'environnement, 2012). Les activités de dragage sont plus largement susceptibles de modifier l'hydrodynamisme local. Les principales incidences potentielles associées à ce phénomène sont la réduction de la transparence de l'eau et de la visibilité dans l'eau ; la mobilisation potentielle de contaminants physico-chimiques, lorsque les sédiments sont contaminés ; l'accroissement de la demande en oxygène.

Les excavations peuvent en effet rompre l'équilibre des processus de transit sédimentaire. Les variations bathymétriques induites par le dragage sont temporaires par endroits ou permanentes lorsque la dépression est importante. En raison de la vitesse de sédimentation qui varie entre 17 et 19 mm/an (Kouamé, 2017), il faudra plusieurs décennies pour voir la dépression comblée.

En outre, concernant les possibles contaminations de la nappe d'Abidjan par les activités de dragage, un examen des caractéristiques des piézomètres les plus proches des baies a été fait ainsi que la nature des sédiments constituant le toit et la contenance de la nappe. Les piézomètres sont situés à une altitude de 94 à

96 m. La côte de l'eau pour les deux piézomètres tourne autour de 84 m. La stratigraphie des sédiments au niveau des piézomètres comprend du haut vers le bas des niveaux de sables argileux, de sables moyens ou fins et de sables grossiers.

En surface, la nappe d'Abidjan serait protégée par le niveau de sable argileux puisque le niveau piézométrique se situe à la base de ce niveau. La question évidente qui se pose est la possible contamination de cette nappe par les intrusions lagunaires souterraines. La salinité étant élevée au fond, l'écoulement pourrait se faire souterrainement. Par contre, la distance qui lie la lagune Ebrié aux piézomètres étant environ 5 kilomètres, freinerait l'intrusion de cette eau jusqu'au champs captant.

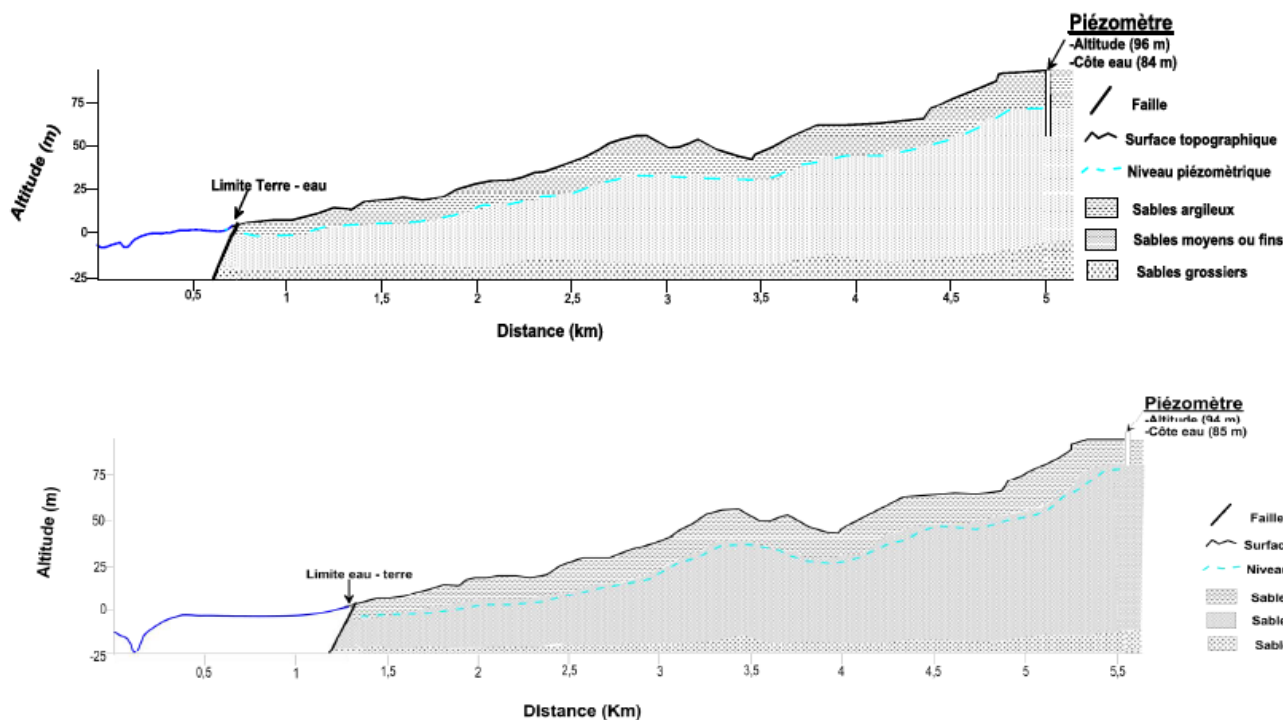


Figure 12 : Epaisseur des mouvements sédimentaires de la baie de M'Badon entre 1975 et 2019

Conclusion

Cette étude a consisté à évaluer les impacts du dragage sur la nappe d'Abidjan dans le secteur de Bingerville-Abatta. Les résultats ont été obtenus à partir de données collectées de données hydrologiques, morphobathymétriques et sédimentologiques. Ainsi l'analyse physicochimique et microbiologique des eaux de ce secteur de la lagune Ebrié a montré qu'elles sont de mauvaises qualités donc impropres pour tout usage domestique. Ainsi toute intrusion dans la nappe d'Abidjan serait synonyme d'une pollution des eaux de celle-ci dont le traitement s'avèrerait très onéreux.

Aussi les niveaux de conductivité surtout aux fonds des eaux ($\geq 4\text{m}$ de profondeur) sont-ils supérieurs à la norme de potabilité de OMS (2004) qui est de $<2500 \mu\text{S}/\text{cm}$

Les relevés bathymétriques obtenus ont mis en évidence des fonds topographiques présentant par endroit des dépressions de 4 à 5 m en général. Cependant dans les zones de dragage des profondeurs de plus de 15 m ont été observées.

En outre, la carte bathymétrique obtenue dans la présente étude superposée à celle de TASTET 1975 a mis en évidence des mouvements sédimentaires avec des vitesses de sédimentation très importantes allant de 1,7 à 1,9m/s.

Remerciements

Nous exprimons nos sincères remerciements à la Fondation Internationale pour la Science (IFS) et au Centre Suisse de Recherche Scientifique (CSRS) en Côte d'Ivoire.

Références bibliographiques

- [1.] **IRIE B.T. JEAN-GAËL, WOGNIN A. VALERIE, KANDO A. MARIE-LAURE, AKA NATCHA, AKA A. MAURICE, COULIBALY A. SOUGO ET MONDE SYLVAIN. (2018).** Analyse De L'évolution Saisonnière Des Matières Oxydables Dans Le Secteur Oriental De La Lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) en Janvier 2018 dans European journals of Sciences. URL : <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n3p221>
- [2.] **LEMASSON L., PAGES J., DUFOUR P., CREMOUX J. L. (1981).** Matière organique particulaire et biomasse dans une lagune tropicale. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 13 (3), 191-212
- [3.] **YAO K. M. (2009).** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques des eaux de la lagune Ebrié dans la zone d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Cocody, 182p.
- [4.] **OMS. (2004).** Guidelines for drinking water quality, volume 1, recommandations. First addendum to 3 rd edn. World Health Organization (WHO), Genève, Suisse; p.595.
- [5.] **AKA A.M., 2017.** Qualité environnementale d'un estuaire à pression anthropique et à forçages naturels saisonniers en lagune Ebrié (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, 243p.
- [6.] **CASTAINGS J. (2008).** Etat de l'art des connaissances du phénomène de comblement des milieux lagunaires. Rapport de Master, Université de Montpellier, 100p.
- [7.] **DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE HUMAINE (2001).** Hydraulique Humaine en Côte d'Ivoire. *Ministère des Infrastructures Economiques*, Abidjan, 66 p.
- [8.] **DURAND J.R., DUFOUR P., GUIRAL D. ; ZABI S. (1994).** Éditeurs. Editions de l'ORSTOM, Paris, 35-58.
- [9.] **GOUDIE, A., B. W. ATKINSON, K. J. GREGORY, I. G. SIMMONS, D. R. STODDART, D. SUGDEN .(1985).** The Encyclopaedic dictionary of physical geography. Blackwell528 p.
- [10.] **GROUPE D'ETUDES ET D'OBSERVATION SUR LES DRAGAGES ET L'ENVIRONNEMENT (2012).** Effets et impacts des opérations de dragage et d'immersion sur l'environnement, 59p.
- [11.] **INS (INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE) (2010).** Recensement général de la population et de l'habitat de Côte d'Ivoire. Rapport de synthèse, volume des fiches monographiques des localités : région des lagunes. INS Abidjan, 50p.
- [12.] **JANICOT S. (1990).** Variabilité des précipitations en Afrique de l'ouest et circulations quasi stationnaires durant une phase de transition climatique. Doctorat Université Paris VI, 600 p.
- [13.] **KOUAME (2017).** Apports de la morpho-bathymétrie a la caractérisation de la dynamique sédimentaire des environnements fluviolagunaires de côte d'ivoire au cours des quatre dernières décennies (1975 – 2015)
- [14.] **KOUASSI. (2013).** Modélisation hydrodynamique en milieu poreux saturé par approche inverse via une paramétrisation multi-échelle : Cas de l'aquifère du Continental Terminal d'Abidjan (Côte d'Ivoire)
- [15.] **KOUASSI A. M. (2007).** Caractérisation d'une modification éventuelle de la relation pluie débit et ses impacts sur les ressources en eau en Afrique de l'Ouest : cas du bassin versant du N'zi (Bandama) en Côte d'Ivoire. *Thèse de l'Université de Cocody*, 210p.
- [16.] **LEDUC C., FAVREAU G., SCHROETER P. (2001).** Long-term rise in a sahelian water table: The Continental Terminal in South-West Niger. *Journal of Hydrology*, 243 (1 -2), p. 43-54.
- [17.] **MASSUEL S. (2005).** Evolution récente de la ressource en eau consécutive aux changements climatiques et environnementaux du sud-ouest Niger. Modélisation des eaux de surface et souterraines du bassin du kori de Dantiandou sur la période 1992-2003. *Thèse Université Montpellier II Sciences et Techniques du Languedoc*. Formation doctorale : Sciences de l'Eau dans l'Environnement Continental, 220 p.
- [18.] **PURDUE L. (2011).** Dynamique des paysages agraires et gestion de l'eau dans le bassin semidésertique de Phoenix, Arizona de la Préhistoire à l'époque moderne. Thèse de l'Université de Nice Sophia-Antipolis. Discipline : Histoire et Archéologie. Volume 1, texte de synthèse, 616p.

- [19.] **SULTAN B. (2011)**. L'étude des variations et du changement climatique en Afrique de l'Ouest et ses retombées sociétales. Habilitation à diriger des recherches, Université Pierre et Marie Curie, 137 p.
- [20.] **TASTET J. P. (1975)**. L'environnement physique du système lagunaire Ebrié. Université Abidjan. Série Documentation. Département Sciences de la Terre, n° 11, 2 t, 28 p.