



**PROJET D'AMENAGEMENT DU CARREFOUR AKWABA
DANS LA COMMUNE DE PORT-BOUET – ABIDJAN**

ETUDE DE LA QUALITE DU MILIEU AQUATIQUE



RAPPORT PROVISOIRE
Etabli pour le compte du BNETD

Janvier 2018

Acronyme/Unité Définition

| | |
|--------------------|--|
| ANDE | Agence Nationale de l'Environnement |
| AGEROUTE | Agence de Gestion des Routes |
| ANAGED | Agence Nationale de Gestion des Déchets |
| ANASUR | Agence Nationale de la Salubrité Urbaine |
| BNETD | Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement |
| BM | Banque Mondiale |
| CaCO ₃ | Carbonate de calcium |
| CCME | Conseil Canadien des Ministres de l'Environnement |
| CCMRE | Conseil Canadien des Ministres des Ressources et de l'Environnement |
| Cd | Cadmium |
| CEE | Commission Economique Européenne |
| CEMA | Cabinet d'Expertise des Milieux Aquatiques |
| CIAPOL | Centre Anti-Pollution |
| Cl ⁻ | Chlorures |
| cm | Centimètre |
| CO | Monoxyde de carbone |
| CO ₂ | Dioxyde de carbone |
| CO _x | Oxydes de carbone |
| Cr | Chrome |
| Cu | Cuivre |
| DBO ₅ | Demande Biochimique en Oxygène (après 5 jours) |
| DCO | Demande Chimique en Oxygène |
| DGE | Direction Générale de l'Environnement |
| DGDD | Direction Générale du Développement Durable |
| DSU | Direction de la Salubrité Urbaine |
| EIES | Etude d'Impact Environnemental et Social |
| Fe | Fer |
| FIT | Front Inter Tropical |
| GES | Gaz à Effet de serre |
| g/l | Gramme par litre |
| HAPs | Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques |
| K | Potassium |
| km | Kilomètre |
| km ² | Kilomètre carré |
| km ³ | Kilomètre cube |
| m | Mètre |
| m/s | Mètre par seconde |
| m ² | |
| m ³ | Mètre cube |
| m ³ /an | Mètre cube par an |
| m ³ /s | Mètre cube par seconde |
| MCLAU | Ministère de la Construction, du Logement, de l'Assainissement et de l'Urbanisme |
| MDT | Matière Dissoute Totale |
| MEF | Ministère des Eaux et Forêts |
| MEMIS | Ministère d'Etat, Ministère de l'Intérieur et de la Sécurité |

| | |
|-------------------------------|---|
| MEPS | Ministère de l'Emploi et de la Protection Sociale |
| MES | Matières En Suspension |
| Mg | Magnésium |
| mg/kg | Milligramme par kilogramme |
| mg/l | Milligramme par litre |
| mg/m ³ | Milligramme par mètre cube |
| MIE | Ministère des Infrastructures Economiques |
| MIM | Ministère de l'Industrie et des Mines des Mines |
| MINSEDD - | Ministère de la Salubrité, de l'Environnement et du Développement Durable |
| MPD | Ministère du Plan et du Développement |
| ml | Millilitre |
| mm/an | Millimètre par an |
| Mn | Manganèse |
| mS/cm | MilliSiemens par centimètre |
| MSHP | Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique |
| N | Nord |
| Na | Sodium |
| NH ₄ ⁺ | Ammoniaque |
| NO ₂ ⁻ | Nitrite |
| NO ₃ ⁻ | Nitrates |
| NO _x | Oxydes d'azote |
| O ₂ | Oxygène |
| OMS | Organisation Mondiale de la Santé |
| ONAD | Office National de l'Assainissement et du Drainage |
| ONPC | Office Nationale de la Protection Civile |
| PACOGA | Projet d'Appui à la Compétitivité du Grand Abidjan |
| Pb | Plomb |
| PNAE | Plan National d'Action pour l'Environnement |
| PNUE | Programme des Nation Unies pour l'Environnement |
| PO ₄ ³⁻ | Phosphates |
| SBSC | Santé et Bien-être social Canada |
| SC | Santé Canada |
| SDUGA | Schéma Directeur d'Urbanisme pour le Grand Abidjan |
| S/DIIC | Sous/Direction de l'Inspection des Installations Classées |
| SO ₄ ²⁻ | Sulfates |
| TDR | Terme de Référence |
| TDS | Solides dissous totaux |
| US EPA | United States Environmental Protection Agency |
| W | Ouest |
| Zn | Zinc |
| µg/l | Microgramme par litre |
| µg/m ³ | Microgramme par mètre cube |
| °C | Degré Celsius |
| µm | Micromètre |
| µmoles/l | Micromole par litre |
| ‰ | Pour mille |
| % | Pourcent |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure III.1: Principaux fleuves alimentant le système lagunaire Ebrié | 13 |
| Figure III.2: Bilan hydrique des entrées-sorties pour la lagune Ebrié..... | 15 |
| Figure III.3: Modèle simplifié de circulation dans la lagune ebrié d'Abidjan..... | 17 |
| Figure IV.1: Localisation des baies de Biétry et de Koumassi en lagune Ebrié..... | 29 |
| Figure IV.2 : Carte bathymétrique la baie de Biétry..... | 31 |
| Figure IV.3 : Vitesses de courant en vive-eau dans la baie de Biétry..... | 32 |
| Figure IV.4 : Fréquences des directions des courants dans la baie de Biétry..... | 32 |
| Figure IV.5 : Bathymétrie de la baie de Koumassi..... | 33 |
| Figure IV.6: Modèle numérique de terrain de la baie de Koumassi..... | 34 |
| Figure V.1 : Localisation des stations de prélèvement..... | 36 |
| Figure V.2 : Prélèvement d'échantillon en profondeur à l'aide d'une bouteille Niskin dans la baie de Koumassi..... | 37 |
| Figure V.3 : mesure in situ de paramètres physiques en surface à l'aide d'un multi paramètre | 37 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau II.1 : Conventions et accords internationaux..... | 9 |
| Tableau III.1 : Caractéristiques des fleuves qui débouchent en lagune Ebrié | 14 |
| Tableau III.2 : Concentrations en métal dans les sédiments secs de la lagune Ebrié | 21 |
| Tableau III.3 : Inventaire de la faune ichtyologique de la lagune Ebrié | 24 |
| Tableau V.1 : Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage dans les baies de Bietry et Koumassi..... | 31 |
| Tableau V.2 : Matériels et méthodes d'analyses des différents paramètres environnementaux | 38 |
| Tableau VI.1 : Valeurs des paramètres physico-chimiques dans les eaux de surface et souterraines du projet Akwaba | 40 |
| Tableau VI.2 : Concentrations des eaux de lagune et des puits en éléments nutritifs, DCO, DBO5, MES dans le secteur Akwaba..... | 43 |
| Tableau VI.3 : Composition ionique des eaux souterraines du projet Akwaba..... | 45 |
| Tableau VI.4 : Teneurs en métaux des eaux de puits et de surface (lagune) de la zone d'Akwaba..... | 47 |
| Tableau VI.5 : Teneurs en métaux dans les sédiments de la lagune | 48 |
| Tableau VI.6 : Caractéristiques macroscopiques des sédiments des stations des baies de Bietry et de Koumassi | 49 |
| Tableau VI.7 : Concentration des HAPs en µg/L dans les eaux souterraines et de lagune de la zone d'étude..... | 50 |
| Tableau VI.8 : Concentration des HAPs en µg/kg dans les sédiments de lagune de la zone d'étude | 52 |
| Tableau VI.9 : Densité des germes indicateurs de contamination fécale et pathogènes dans les eaux de la zone d'Akwaba | 53 |
| Tableau VII.1 : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'aménagement de l'échangeur Carrefour Akwaba..... | 61 |
| Tableau VII.2 : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'exploitation de l'échangeur Carrefour Akwaba..... | 68 |

Table des matières

| | |
|--|-----|
| Acronyme / Unité définition..... | i |
| Liste des figures..... | iii |
| Liste des tableaux..... | iv |
| Table des matières..... | v |
| I- Introduction..... | 1 |
| I.1. Contexte de l'étude..... | 1 |
| I.2. Contexte du projet et justification de l'étude | 1 |
| II- Cadre institutionnel et réglementaire..... | 2 |
| II.1. Politique nationale en matière de protection de l'environnement..... | 2 |
| II.2. Cadre institutionnel..... | 2 |
| II.3. Cadre législatif et réglementaire..... | 5 |
| II.3.1. Code de l'Environnement..... | 5 |
| II.3.2. Décret relatif aux Etudes d'Impact Environnemental | 6 |
| II.3.3. Code de l'Eau..... | 6 |
| II.3.4. Décret relatif à l'Audit Environnemental..... | 7 |
| II.3.7. Réglementation en matière d'expropriation pour cause d'utilité publique..... | 7 |
| II.3.8. Réglementation en matière de participation du public..... | 8 |
| II.4. Conventions et accords internationaux..... | 8 |
| III- Généralités sur le système lagunaire Ebrié..... | 11 |
| III.1. Caractéristiques physiques du système lagunaire Ebrié..... | 11 |
| III.1.1. Géologie et sédimentologie de la lagune Ebrié | 11 |
| III.1.1.1 Géologie et unités morphosédimentaires des rives lagunaires..... | 11 |
| III.1.1.2. Apports de sédiments et nature des fonds lagunaires | 12 |
| III. 2 Hydrologie du système lagunaire Ebrié..... | 13 |
| III.2.1. Apports fluviaux..... | 13 |
| III.2.2. Apports océaniques..... | 14 |
| III.2.3. Hydrodynamique en lagune Ebrié..... | 15 |
| III.2.4. Courantologie..... | 17 |
| III.3. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la lagune Ebrié..... | 17 |
| III.3.1. salinité..... | 18 |
| III.3.2. pH | 18 |
| III.3.3. température des eaux..... | 19 |
| III.3.4. oxygène dissous..... | 19 |
| III.3.5. éléments nutritifs et MES..... | 20 |
| III.4 Qualité bactériologique des eaux et des communautés biologiques..... | 20 |
| II.5. Qualité des sédiments lagunaires..... | 21 |
| III.6. peuplement benthique | 22 |
| III.7. peuplement ichtyofaune lagunaire..... | 23 |
| IV. Description des baies de Biétry et de Koumassi | 29 |
| IV.1. Description de la baie de Biétry..... | 29 |
| IV.2 Description de la baie de Koumassi..... | 33 |
| V- Méthodologie de travail..... | 35 |

| | |
|--|----|
| V.1. Choix et description des points de prélèvements et de mesures..... | 35 |
| V.2. Prélèvement des échantillons d'eau et de sédiment..... | 36 |
| V.3. Mesures et analyses des paramètres physico-chimiques et microbiologiques..... | 37 |
| VI- Qualité physico-chimique et microbiologique des eaux et des sédiments..... | 40 |
| VI.1. Les paramètres physico-chimiques des eaux..... | 40 |
| VI.1.1. Température..... | 41 |
| VI.1.2. pH..... | 41 |
| VI.1.3. Oxygène (O ₂) dissous | 41 |
| VI.1.4. Conductivité | 41 |
| VI.1.5. Turbidité | 42 |
| VI.1.6. Salinité..... | 43 |
| VI.1.7. TDS..... | 43 |
| VI.2. Les éléments nutritifs et paramètres de pollution organique | 43 |
| VI.2.1. Eléments nutritifs (NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺ , PO ₄ ³⁻) | 44 |
| VI.2.2. Matières en suspension (MES)..... | 45 |
| VI.2.3 DCO et DBO ₅ | 45 |
| VI.3. Composition ionique des eaux | 45 |
| VI.4. Les métaux lourds dans les eaux et les sédiments de lagune..... | 46 |
| VI.4.1. Métaux lourds dans les eaux de puits et de lagune de la zone d'Akwaba..... | 47 |
| VI.4.2. Métaux dans les sédiments de lagune de la zone Akwaba | 48 |
| VI.5 Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs)..... | 49 |
| VI.5.1 Les HAPs dans les eaux | 49 |
| VI.5.2 HAPs dans les sédiments de lagune..... | 51 |
| VI.6. Germes indicateurs de contamination fécale et pathogènes..... | 53 |
| VII- Identification et analyse des impacts potentiels du projet..... | 54 |

| | |
|--|----|
| VII.1. Impacts positifs liés à la phase des travaux..... | 54 |
| VII.1.1. Impacts sur le milieu physique..... | 54 |
| VII.1.2. Impacts sur le milieu aquatique..... | 54 |
| VII.1.3. Impacts sur le milieu biologique..... | 54 |
| VII.1.4. Impacts sur le milieu humain..... | 54 |
| VII.2. Impacts négatifs et mesures d'atténuation pendant la phase des travaux..... | 55 |
| VII.2.1. Impacts sur le milieu physique..... | 55 |
| VII.2.1.1. Données climatiques..... | 55 |
| VII.2.1.2. Reliefs, paysages, géologie et sols..... | 55 |
| VII.2.1.3. Impact de l'ouverture des carrières et des zones d'emprunt de graveleux..... | 56 |
| VII.2.2. Impacts sur le milieu biologique terrestre..... | 57 |
| VII.2.2.1. Impact sur la végétation et la faune | 57 |
| VII.2.2.2. Impacts sur la qualité des eaux et sur la biodiversité aquatique..... | 57 |
| VII.2.3. Impacts sur le milieu humain..... | 58 |
| VII.2.3.1. Population et vie sociale..... | 58 |
| VII.2.3.2. Activités économiques..... | 58 |
| VII.2.3.3. Habitat et équipements..... | 58 |
| VII.2.3.4. Transport et sécurité routière..... | 59 |
| VII.2.3.5. Impact sur le cadre de vie des populations | 59 |
| VII.2.3.6. Impact visuel des chantiers et des bases vie..... | 60 |
| VII.3. Impacts pendant la phase d'exploitation de l'échangeur carrefour Akwaba..... | 65 |
| VII.3.1. Impacts positifs liés à la phase d'exploitation ou de valorisation de la baie de Cocody..... | 65 |
| VII.3.1.1. Impacts sur le milieu physique..... | 65 |
| VII.3.1.2. Impacts sur le milieu aquatique..... | 65 |
| VII.3.1.3. Impacts sur la sécurité routière..... | 65 |
| VII.3.1.4. Impacts sur le milieu biologique terrestre..... | 65 |
| VII.3.1.5. Impacts sur le milieu humain..... | 65 |
| VII.3.1.6. Impacts sur le transport..... | 65 |
| VII.3.2. Impacts négatifs liés à la phase d'exploitation de l'échangeur carrefour Akwaba | 66 |
| VII.3.2.1. Impacts sur le milieu physique..... | 66 |
| VII.3.2.2. Impact sur les baies de Biétry, Koumassi et des environs | 66 |
| VII.3.2.3. Impacts sur l'état de qualité de l'air..... | 66 |
| VII.3.2.4. Impacts sur l'état acoustique | 67 |
| VII.3.2.5. Impacts sur la sécurité routière..... | 67 |
| VII.3.2.6. Impacts sur le milieu biologique terrestre..... | 67 |
| VII.3.2.7. Impact sur la population et la vie sociale | 67 |
| VIII- Synthèse et conclusion..... | 69 |
| IX- Mesures et recommandations..... | 69 |
| IX.1. Surveillance environnementale | 69 |
| IX.2. Suivi environnemental..... | 70 |
| X- Références bibliographiques..... | 72 |
| XI- Annexe..... | 77 |

I- INTRODUCTION

I.1 Contexte de l'étude

Le Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement (BNETD), a confié au Cabinet d'Expertise des Milieux Aquatiques - Environnement (CEMA -Environnement), l'exécution de l'étude spécifique relative au milieu aquatique, notamment la qualité des ressources en eau et des sédiments dans le cadre de l'Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES) du projet d'aménagement du carrefour Akwaba dans la commune de Port-Bouet – Abidjan. Le principal objectif de cette étude est la caractérisation physico-chimique et microbiologique des eaux et des sédiments dans la zone d'emprise du projet susmentionné. Ce rapport provisoire présente les travaux réalisés par le CEMA-Environnement conformément aux Termes de Référence.

I.2 Contexte du projet et justification de l'étude.

Dans le cadre de la préparation du Projet d'Appui à la Compétitivité du Grand Abidjan (PACOGA), initié par le Gouvernement de Côte d'Ivoire et la Banque mondiale (BM), il a été identifié l'aménagement d'un échangeur à cinq branches du Carrefour Akwaba dans la Commune de Port-Bouët, desservant respectivement la Commune de Grand-Bassam, l'Aéroport International Félix Houphouët-Boigny, le Boulevard VGE, le Boulevard de Marseille et le quartier Vridi dans la commune de Port-Bouët. Le projet du Grand Abidjan constitue un plan de développement urbain durable et conforme au Plan National de Développement. Il procède de la formulation d'un nouveau Schéma Directeur d'Urbanisme pour le Grand Abidjan (SDUGA). Ce schéma directeur global intègre celui des Transports Urbains qui s'étend jusqu'à l'horizon 2030. Une analyse des résultats des enquêtes de trafic dans le cadre de l'étude du SDUGA a montré que la plupart des intersections enquêtées nécessite d'urgentes mesures d'aménagement. L'aménagement du carrefour Akwaba, de même que tout autre aménagement similaire ailleurs, constitue des infrastructures routières qui sont jugées nécessaires dans la région du Grand Abidjan (dans le Plan de Développement du Réseau Routier) afin de soutenir le développement urbain partant la compétitivité de la ville d'Abidjan. Il s'agit d'un projet stratégique qui devraient permettre de décongestionner le trafic dans la zone, en minimisant les conflits de mouvements de la circulation. Ce projet s'inscrit dans une dynamique de restauration du patrimoine routier interurbain et urbain, dans laquelle s'est engagée le gouvernement de Côte d'Ivoire à savoir : la réhabilitation du pont Félix Houphouët-Boigny, la construction du 4ème pont qui reliera Yopougon au Plateau en passant par Attécoubé et Adjamé, la construction des autoroutes de contournement d'Abidjan (voie Y4), le dédoublement de la route Abidjan-Dabou et de la route de la prison civile, le prolongement du boulevard Latrille, la construction d'échangeurs aux principaux carrefours du boulevard Mitterrand, pour ne citer que ceux là.

La réalisation d'un tel Projet n'est pas sans conséquence sur l'environnement. Ainsi conformément à l'Article 39 portant Code de l'Environnement de la République de Côte d'Ivoire, un tel projet est éligible à une Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES). Sa réalisation impose donc la prise en compte des considérations environnementales depuis la conception jusqu'à la mise en œuvre.

II- CADRE INSTITUTIONNEL ET REGLEMENTAIRE

II.1 Politique nationale en matière de protection de l'environnement

La politique environnementale en Côte d'Ivoire possède un fondement constitutionnel assez solide. En effet, plusieurs dispositions de la loi n° 2016-886 du 08 novembre 2016 portant Constitution de la République de Côte d'Ivoire, sont relatives à la protection de l'environnement. Il s'agit de l'article 27 qui stipule que «le droit à un environnement sain est reconnu à tous sur l'ensemble du territoire national». Il en est également pour l'article 40 qui dispose que « la protection de l'environnement et la promotion de la qualité de vie sont un devoir pour la communauté et pour chaque personne physique ou morale ».

Dans le cadre de cette politique et face aux enjeux de protection de l'environnement, la Côte d'Ivoire s'est dotée, en 1992, d'un Plan National d'Action pour l'Environnement (PNAE). Ce plan a été élaboré au lendemain de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement tenue à Rio de Janeiro au Brésil, au cours de laquelle les Etats participants, dont la Côte d'Ivoire, se sont engagés à protéger notre environnement.

Le plan ci-dessus indiqué qui cerne les problématiques environnementales dans leur réalité et dans leur complexité constitue un document d'orientation de la politique gouvernementale en matière d'environnement. Pour plus d'efficacité, la Cellule de Coordination du PNAE a publié, en 1994, le « livre Blanc » de l'Environnement de la Côte d'Ivoire qui fait le diagnostic de la gestion de l'environnement et des recommandations.

Dans le cadre de la mise en œuvre du plan, plusieurs textes juridiques ont été édictés. L'analyse de ces textes permet de situer le cadre institutionnel, législatif et réglementaire, et conventionnel des différents domaines de gestion de l'environnement

II.2. Cadre institutionnel

La procédure de mise en œuvre de l'Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES) en Côte d'Ivoire implique plusieurs intervenants selon l'objet de l'étude. Dans le cadre du présent projet, les institutions publiques nationales, les institutions privées nationales ci-après sont impliquées dans sa réalisation.

MPD - le Ministère du Plan et du Développement (MPD) est chargé de la conception et la mise en œuvre des études, des stratégies ainsi que des objectifs en matière de planification, de développement et de lutte contre la pauvreté. A ce titre, ce ministère à un regard à porter ce projet qui rentre dans le schéma de développement de la ville d'Abidjan, partant la Côte d'Ivoire

MEMIS - LeMinistère d'Etat, Ministère de l'Intérieur et de la Sécurité (MEMIS) est concerné par la protection de l'environnement en raison de l'implication du District Autonome d'Abidjan et de l'Office Nationale de la Protection Civile (ONPC) qui lui rattachés:

Le District Autonome d'Abidjan, a pour compétence :

- la protection de l'environnement;
- la planification de l'aménagement du territoire du District autonome;
- la lutte contre les effets nefastes de l'urbanisation;
- la promotion et la réalisation des actions de développement économique, socio et culturel;
- la lutte contre l'insécurité
- la promotion et la protection des traditions et coutumes

L'ONPC intervient quant à lui dans le cadre de ce projet pour la délivrance de l'avis de sécurité et de la proposition des recommandations pour prévenir et lutter contre les risques d'incendie

MIE- Le Ministère des Infrastructures Economiques (MIE) est chargé de la mise en œuvre et du suivi de la politique du Gouvernement en matière d'équipement du pays en infrastructures dans les domaines des travaux publics. A ce titre, il assure la maîtrise d'ouvrage, le suivi de la conception et de la réalisation des infrastructures du réseau routier, ainsi que de leur entretien et la réglementation de leur gestion. Le Ministère des Infrastructures Economiques est, au regard donc de ses attributions, concerné par le projet d'aménagement de l'échangeur d'Akwaba.

MINSEDD - Le Ministère de la Salubrité, de l'Environnement et du Développement Durable (MINSEDD) est chargé de la mise en œuvre et du suivi de la politique du Gouvernement en matière de protection de l'environnement. Ainsi, toute activité exécutée, dans le cadre du projet ci-dessus indiqué et qui est susceptible de porter atteinte à l'environnement, doit requérir, au préalable, son autorisation. La Direction Générale de l'Environnement (**DGE**) et la Direction Générale du Développement Durable (**DGDD**),interviennent singulièrement, à un niveau moindre la Direction Générale de la Salubrité Urbaine (**DGSU**) et L'Agence Nationale de la Salubrité Urbaine (**ANASUR**), dans l'approbation du rapport d'étude en apportant des recommandations dans la gestion des nuisances potentielles des activités sur le site du projet et pour la prise en compte des aspects de développement durable par le projet.

Dans le cadre de ce projet, des structures sous tutelle de ce Ministère interviendront :

- **ANDE** -L'Agence Nationale de l'Environnement (ANDE) est un établissement public administratif créé et organisée par le décret 97-393 du 9 juillet 1997. Elle est chargée, notamment d'assurer la coordination de l'exécution des projets de développement à caractère environnemental et de mettre en œuvre la procédure d'étude d'impact et l'évaluation de l'impact environnemental des politiques macro-économiques. L'ANDE intervient ainsi en amont des projets de développement dont les projets routiers, pour prévenir les risques de dégradation de l'environnement grâce aux études d'impact environnemental effectuées, conformément aux dispositions du décret n° 96-894 du 8 novembre 1996 déterminant les règles et procédures applicables aux études relatives à l'impact environnemental des projets de développement. Dans le cadre de ses missions, la charge de l'élaboration des Termes de Références (TDR) devant servir

à la conduite de l'étude incombe à l'ANDE, ainsi que sa validation. L'ANDE intervient également en amont et en aval pour le suivi environnemental des projets.

- **CIAPOL**-Le CIAPOL a en charge le suivi du niveau de pollution des eaux (lagunes, mer et eaux douces), des sols et de l'air. En outre, par le biais de sa Sous/Direction de l'Inspection des Installations Classées (S/DIIC), le CIAPOL s'assure aussi de la mise en œuvre et du respect des dispositions techniques qui seront prescrites par l'arrêté d'autorisation d'exploiter pour une meilleure prise en compte de la protection de l'environnement. Le CIAPOL est donc l'organisme responsable dans le domaine de tous les déversements de polluants dans la nature en Côte d'Ivoire.

MIM - Le Ministère de l'Industrie et des Mines des Mines (MIM) assure la mise en œuvre et le suivi de la politique du Gouvernement dans le domaine des mines, de l'énergie, des substances minérales et des hydrocarbures. A ce titre, la création, l'aménagement et/ou l'exploitation d'une zone d'emprunt ou d'une carrière, dans le cadre du projet d'aménagement et de valorisation de la baie de Cocody, est soumis à une autorisation préalable de ce ministère.

MEF - Le Ministère des Eaux et Forêts (MEF) est chargé de la mise en œuvre et du suivi de la politique du Gouvernement en matière de protection des eaux et forêts. Il assure, à ce titre, la protection et la mise en valeur des écosystèmes forestiers, aquatiques, fluviaux, lagunaires et littoraux et des zones humides. En conséquence, toute activité susceptible d'affecter les ressources forestières et de polluer les ressources en eau ou nécessitant l'utilisation d'une quantité significative de ces ressources doit se faire sous son autorisation.

MCLAU - Le Ministère de la Construction, du Logement, de l'Assainissement et de l'Urbanisme (MCLAU) est chargé, en matière de construction, de la gestion et de la maintenance du patrimoine immobilier de l'Etat. En matière d'urbanisme, il assure la gestion du domaine urbain et la gestion technique du foncier urbain.

Au niveau du développement de l'assainissement, il initie tout projet d'étude de schéma directeur, assure le suivi et la mise en œuvre du schéma directeur en collaboration avec les collectivités concernées.

Le rôle de sa structure sous tutelle en vue d'assurer un bon drainage du site du projet: l'Office National de l'Assainissement et du Drainage (ONAD), ne demeure pas moins en reste dans ce Projet.

MIRAH-Le Ministère des Ressources Animales et Halieutiques (MRAH) dispose en son sein de plusieurs départements techniques. Le département concerné par le projet est la Direction de la Production Halieutique ; celle-ci est l'autorité de gestion des activités de pêche maritime, lagunaire et fluvio-lacustre tant au niveau réglementaire que du suivi des pêcheurs.

Ministère des Transports - Le Ministère des Transports a pour mission principale de suivre et mettre en œuvre la politique du Gouvernement en matière de transport. Pour remplir cette mission, il dispose de plusieurs structures techniques lui permettant d'organiser les activités de transport, de favoriser le développement des transports, de promouvoir une offre de service

de transport suffisante et de qualité et d'améliorer l'accessibilité des couches socioprofessionnelles aux services de transports.

AGEROUTE - L'Agence de Gestion des Routes (AGEROUTE) est une société d'Etat, régie par la Loi n° 97-519 du 4 septembre 1997 portant définition et organisation des sociétés d'Etat. Elle a été créée par le décret 2001-592 du 19 septembre 2001. L'AGEROUTE a pour objet d'apporter à l'Etat, son assistance pour la réalisation des missions de gestion du réseau routier dont il a la charge. A cet effet, l'agence est chargée, notamment de l'exécution des missions d'assistance à la maîtrise d'ouvrage ou de maîtrise d'ouvrage déléguée qui lui sont confiées par l'Etat, du suivi des travaux et de la surveillance du réseau.

MEPS - Le Ministère de l'Emploi et de la Protection Sociale (MEPS) assure les missions d'observatoire de l'emploi et de la protection sociale. Ce ministère est concerné par les emplois que l'aménagement de l'échangeur carrefour Akwaba engendrera et la prise en compte de la protection sociale dans sa valorisation.

MSHP - Le Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique intervient dans ce projet à travers la Direction de l'Hygiène, de l'Environnement et Santé sous tutelle de ce ministère, par les mesures de maîtrise des impacts, mises en oeuvre en vue de protéger la santé du personnel et des populations dans la zone du projet.

II.3. Cadre législatif et réglementaire

Plusieurs textes législatifs et réglementaires trouvent leur application dans la mise en œuvre du projet de construction de l'autoroute Abidjan-grand-Bassam. La Côte d'Ivoire dispose d'une réglementation cohérente et complète en matière de grands projets et d'environnement. L'esprit général de cette réglementation est de permettre l'exécution de grands projets d'infrastructures dans de bonnes conditions, de protéger l'environnement sans dénaturer les projets, de protéger et assurer le bien-être des populations tout en préservant les acquis des projets. La réalisation d'un projet d'infrastructure est soumise aux textes suivants en matière d'environnement :

II.3.1. Code de l'Environnement

La Loi n°96-766 du 3 octobre 1996 portant Code de l'Environnement est un texte de loi composé de l'ensemble des définitions et des principes généraux applicables à la préservation de l'environnement en République de Côte d'Ivoire. Le Code de l'Environnement fixe à la fois les grands objectifs de protection de l'environnement et définit, de façon plus particulière, certaines modalités, en particulier l'obligation de réaliser une étude d'impact environnemental (Titre IV – Chapitre premier – Article 39) et son contenu (Titre IV – Chapitre premier – Article 40).

Dans son Article 35.4, relatif à la non dégradation des ressources naturelles, il est stipulé : «Pour réaliser un développement durable, il y a lieu d'éviter de porter atteinte aux ressources

naturelles tels que l'eau, l'air et les sols qui, en tout état de cause, font partie intégrante du processus de développement et ne doivent pas être prises en considération isolément. Les effets irréversibles sur les terres doivent être évités dans toute la mesure du possible».

Dans son Article 35.5, relatif au Principe "Pollueur-payeur", il est stipulé : Toute personne physique ou morale dont les agissements et/ou les activités causent ou sont susceptibles de causer des dommages à l'environnement est soumise à une taxe et/ou à une redevance. Elle assume, en outre, toutes les mesures de remise en état.

Dans son Article 35.6, il est stipulé : le public a le droit de participer à toutes les procédures et décisions qui pourraient avoir un effet négatif sur l'environnement.

Dans son Article 39, il est stipulé : tout projet susceptible d'avoir un impact sur l'environnement doit faire l'objet d'une étude d'impact préalable.

Dans son Article 41, il est stipulé : l'examen des études d'impact environnemental par le Bureau d'études d'impact environnemental, donne lieu au versement d'une taxe au Fonds National de l'Environnement dont l'assiette sera précisée par décret.

Dans son Article 57, il est stipulé: l'Etat fixe les seuils critiques des polluants atmosphériques.

Dans son Article 74, il est stipulé: un observatoire de la Qualité de l'Air sera créé pour mettre en œuvre cette loi.

Dans son Article 75, il est stipulé: toutes les activités susceptibles de nuire à la qualité de l'air, des eaux tant de surface que souterraines sont interdites.

II.3.2. Décret relatif aux Etudes d'Impact Environnemental (EIE)

Le décret n°96-894 du 8 Novembre 1996 déterminant les règles et procédures applicable aux études relatives à l'impact environnemental des projets de développement se définit par :

- les règles applicables à l'élaboration des études d'impact environnemental ;
- leur instruction par le Bureau d'Etude Impact Environnemental (Dispositions Particulières - article 17) ;
- la consultation publique par enquête publique ;
- et les modalités d'approbation ministérielle des projets soumis à EIE.

II.3.3. Code de l'Eau

La Loi n° 98-755 du décembre 1998 portant Code de l'Eau dispose des principes généraux applicables à la protection du domaine de l'eau en Côte d'Ivoire. Il définit les mécanismes destinés à une gestion durable de cette ressource renouvelable. Il institue la notion de gestion par bassin versant hydrographique, renforce le cadre institutionnel du secteur de l'eau et met un accent particulier sur la planification et la coopération en matière de gestion de la ressource.

Dans son Article 1, il est stipulé : Les déversements, dépôts de déchets de toute nature ou d'effluent radioactifs, susceptibles de provoquer ou d'accroître la pollution des ressources en eau sont interdits.

Dans son Article 49, il est stipulé : Tout rejet d'eaux usées dans le milieu récepteur doit respecter les normes en vigueur.

Dans son Article 50, il est stipulé: L'usage d'explosifs, de drogues, de produits toxiques comme appât dans les eaux de surface et susceptible de nuire à la qualité du milieu aquatique est interdit.

Dans son Article 51, il est stipulé: Il est interdit de déverser dans la mer, les cours d'eau, les lacs, les lagunes, les étangs, les canaux, les eaux souterraines, sur leur rive et dans les nappes alluviales, toute matière usée, tout résidu fermentescible d'origine végétale ou animale, toute substance solide ou liquide, toxique ou inflammable susceptibles de constituer un danger ou une cause d'insalubrité, de provoquer un incendie ou une explosion.

II.3.4. Décret relatif à l'Audit Environnemental

Le Décret N° 2005-03 du 06 janvier 2005 portant Audit Environnemental a pour objet d'apprécier, de manière périodique, l'impact que tout ou partie des activités, des modes opératoires ou de l'existence d'un organisme ou ouvrage est susceptible, directement ou indirectement, de générer sur l'environnement. Dans son Article 3, il est stipulé : “Sont soumis, tous les trois (3) ans, à l'Audit Environnemental, les entreprises, les industries et ouvrages, ou partie ou combinaison de celles-ci, de droit public ou privé, sources de pollution, qui ont leur propre structure fonctionnelle et administrative”.

Dans son Article 6, il est stipulé : “L'audit environnemental permet au Ministère chargé de l'environnement de veiller au respect des normes, d'exiger des mesures de prévention, d'atténuation et de réparation ou de prendre des sanctions dans le cas du non-respect délibéré ou de la récidive”.

II.3.5. Règlementation en matière d'expropriation pour cause d'utilité publique

Plusieurs textes juridiques interviennent, en cas d'expropriation pour cause d'utilité publique. Ce sont :

- La Loi n° 83-788 du 2 août 1983, déterminant les règles d'emprise et de classement de voie de communication et des réseaux divers et de collectivité territoriales;
- le décret du 25 novembre 1930 règlementant l'expropriation pour cause d'utilité publique et l'occupation temporaire en Afrique Occidentale Française;
- le décret n°71-74 du 16 février 1971 relatif aux procédures domaniales et foncières ;
- le décret n°95-817 du 29 septembre 1995 fixant les règles d'indemnisation des cultures ;
- le décret n°96-884 du 25 octobre 1996 règlementant la purge des droits coutumiers sur le sol pour intérêt général.

Dans certains cas, l'administration est obligée d'exproprier des biens pour la réalisation de projets d'intérêt général. Cette procédure est régie en Côte d'Ivoire par le décret du 25 novembre 1930 précité. Le texte indique que l'expropriation ne peut être prononcée, si ce n'est pour cause d'utilité publique et à charge d'une juste et préalable indemnisation.

Dans le cadre de cette procédure, le décret n°96-884 du 25 octobre 1996 ci-dessus indiqué permet de limiter les impacts négatifs sur les droits des populations autochtones. Il s'applique aux terres détenus sur la base des droits coutumiers, mises en valeur ou non et comprises dans le périmètre de plans d'urbanisme ou d'opérations d'aménagement d'intérêt général dont la délimitation aura fait l'objet d'un arrêté du ministre chargé de l'urbanisme (article 3 du décret). Aux termes de l'article 4 de ce décret, la purge des droits coutumiers sur les sols donne lieu, pour les détenteurs de ces droits, à compensation, notamment à une indemnisation en numéraire ou en nature.

Cette indemnisation peut concerner les cultures dont les règles applicables en la matière sont prévues par les Décrets n°71-74 du 16 Février 1971 et n°95-817 du 29 septembre 1995 ci-dessus mentionnées.

II.3.6. Réglementation en matière de participation du public

La participation du public se situe dans le cadre réglementaire du décret n°96-894 du 8 novembre 1996, déterminant les règles et procédures applicables aux études relatives à l'impact environnemental des projets de développement. Elle comprend deux phases :

- **la séance d'information et de consultation du public** : réunion au cours de laquelle les partenaires au projet échangent avec les autorités locales et les populations riveraines afin d'obtenir leur adhésion à la réalisation du projet. Une stratégie commune sera définie pour la mise en œuvre du projet, dans le souci de protéger l'environnement naturel et humain ;
- **l'Enquête Publique** : consiste à mettre à la disposition du public le rapport de l'Etude d'Impact Environnemental sous la supervision d'un Commissaire Enquêteur nommé par arrêté municipal et chargé de recueillir les observations du public.

II.4. Conventions et accords internationaux

La Côte d'Ivoire a signé et ratifié depuis 1938 une quarantaine de conventions, accords et traités internationaux relatifs à l'environnement (**Tableau II.1**). Un inventaire des Conventions internationales signées par la Côte d'Ivoire se présente comme suit:

Tableau II.1 : Conventions et accords internationaux

| Intitulés des conventions ou accords | Objectif visé | Date de ratification |
|---|--|----------------------|
| Convention de RASMAR sur les zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitat des oiseaux d'eau (1971) | Garantir la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides essentiellement en vue de fournir un habitat aux oiseaux d'eau. | 03/02/93 |
| Convention de l'UNESCO sur le patrimoine mondial, culturel et naturel(1972) | Assurer l'identification, la protection, la conservation, la mise en valeur et la transmission aux générations futures du patrimoine culturel et naturels, monuments naturels, les sites naturels, les formations géologiques et physiographiques. | 21/11/77 |
| Convention d'ABIDJAN relative à la coopération en matière de protection et de mise en valeur du milieu marin et des zones côtières de la région de l'Afrique de l'Ouest et du Centre (1981) | Couvre le milieu marin, les zones côtières et les eaux continentales connexes, relevant de la juridiction des Etats de la région de l'Afrique de l'Ouest et du Centre, de la Mauritanie à la Namibie, qui sont devenus des Parties contractantes de la Convention. Prévenir, réduire, maîtriser et combattre la pollution et promouvoir la gestion de l'environnement. | 15/01/82 |
| Protocole de MONTREAL relatif à des substance qui appauvrissent la couche d'Ozone(1987) | Protéger la santé humaine et l'environnement contre les effets néfastes résultants ou susceptibles de résulter des activités humaines qui modifient ou sont susceptibles de modifier la couche d'ozone. | 30/11/92 |
| Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques | Concerne les émission de gaz a effet de serre | 29/11/94 |
| Protocole de Kyoto | Réduction des émissions de gaz a effet de serre | 23/04/07 |
| Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone | Protection de la couche d'ozone | 05/04/93 |
| Convention de BÂLE sur le contrôle des mouvements transfrontaliers des déchets dangereux et de leur | La Convention vise à contrôler les mouvements transfrontières de matières et de déchets recyclables dangereux ainsi que | 09/06/94 |

| | | |
|---|--|----------|
| élimination(1989) | la promotion de la gestion écologique | |
| Convention de BAMAKO sur l'interdiction d'importer en Afrique des déchets dangereux (1991) | Interdire l'importation en Afrique de tous les déchets dangereux, pour quelque raison que ce soit, en provenance des Parties non contractantes. Leur importation est déclarée illicite et passible de sanctions pénales. | 09/06/94 |
| Convention cadre des Nations Unies à RIO JANERO sur la diversité biologique(1992) | Elaborer des stratégies, plans ou programmes nationaux tendant à assurer la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique ou adapter à cette fin ses stratégies, plans ou programmes existants; et intégrer, la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique dans les plans, programmes et politiques sectoriels ou intersectoriels pertinents. | 29/11/94 |
| Convention de STOCKHOLM sur les polluants organiques persistants (2001) | Contrôler, réduire ou éliminer les rejets, les émissions ou les fuites de polluants organiques persistants. Trois types de mesures sont obligatoires aux termes du Protocole. | 23/07/03 |
| Convention de BONN sur la conservation des espèces migratoires appartenant à la faune sauvage (1987). | Protection et la conservation des espèces migratoires appartenant à la faune sauvage pour la Conservation et préservation de la biodiversité. | 01/07/03 |

III. GENERALITES SUR LE SYSTEME LAGUNAIRE EBRIE

III.1 Caractéristiques physiques du système lagunaire Ebrié

Le système lagunaire Ebrié s'étend sur 140 km le long du Golfe de Guinée entre 3°40' et 4°50' à la latitude de 5°20' et 5°10'. Il est constitué de la lagune Ebrié proprement dite pour 523 km² et des lagunes Aghien et Potou pour 43 km² (Dufour, 1982). Ces deux dernières lagunes qui représentent près du dixième de la surface du plan d'eau, sont situées sur la rive Nord avec une direction principale d'environ 30° par rapport au littoral et reliées entre elles par un canal naturel.

La lagune Ebrié présente de nombreuses baies et chenaux peu profonds (entre 4 et 6 m environ) débouchant parfois sur des "fosses" de 20 m de profondeur (Tastet, 1979). Ces dépressions représentent près du cinquième de la surface totale de la lagune.

Son bassin est étroit (1 à 7 km) et peu profond (4,8 m en moyenne). Le volume de la lagune est d'environ 2,5.10⁹ m³ (Varlet, 1978). Le système lagunaire Ebrié est séparé de l'Océan Atlantique par un cordon littoral sableux de 8 km d'épaisseur. Il communique avec l'océan par l'intermédiaire du canal de Vridi, long de 2 700 m et large de 370 m avec une profondeur de 13,50 m dont l'ouverture artificielle permanente a été réalisée en 1950. Le Grau de Bassam, ancien exutoire naturel, est actuellement fermé bien qu'il ait été réouvert artificiellement en septembre 1987 et en 2004 pour permettre l'évacuation en mer de végétaux aquatiques flottants envahissants. Le système lagunaire Ebrié est influencé d'Est en Ouest par les apports continentaux du fleuve Comoé, des fleuves côtiers Mé et Agnéby. La lagune Ebrié renferme cinq baies urbaines (Koumassi, Cocody, Banco, Biétry, Marcory) dont les superficies sont en constantes réduction par encombrement (Anoh, 2002). Ce phénomène tire son origine dans les apports des eaux de ruissellement qui drainent vers ces baies des quantités souvent importantes de sable et de déchets en provenance des communes en amont.

La lagune Ebrié est soumise à un climat équatorial de transition, influencé par l'air équatorial provenant de l'anticyclone de Sainte-Hélène appelée mousson du Sud-ouest. Les eaux de pluies atteignent la lagune sous formes d'eaux météoriques, eaux de ruissellement et d'eaux fluviales. Selon Durand et Guiral (1994), ce cycle climatique a une incidence directe ou indirecte sur l'écosystème lagunaire. Il influence considérablement la composition chimique de la lagune. Le climat lagunaire Ebrié est caractérisé par trois saisons en fonction des échanges mer-lagune. Ces sont : (1) une saison sèche de janvier à avril caractérisée par des apports continentaux, (2) une saison des pluies de mai à août et (3) une saison des crues de septembre à décembre.

III.1.1. Géologie et sédimentologie de la lagune Ebrié

III.1.1.1. Géologie et unités morphosédimentaires des rives lagunaires

Le système lagunaire Ebrié correspond à une dépression littorale d'origine fluviale creusée lors des dernières glaciations (Tastet et Guiral, 1994). Il est séparé de l'océan Atlantique par un cordon sableux de 1 à 8 km d'épaisseur. Cette barrière sédimentaire est traversée en sa

partie centrale par le canal de Vridi. On distingue quatre unités morpho-sédimentaires sur les rives lagunaires (Tastet et Guiral, 1994) :

- les plateaux « Continental terminal » ou hauts plateaux constitués de sables argileux mio-plio-quaternaire, dominant au Nord le système lagunaire d'environ 40 m ;
- les bas plateaux sablo-argileux (10-12 m) azoïques, continentaux, d'âge antéholocène dominant la rive Sud des lagunes ;
- les cordons sableux littoraux marins (2-6 m), holocènes, constitués d'au moins deux générations (une ancienne de sables blancs, une récente de sables roux) ;
- les dépressions fluvio-lagunaires, sablo-vaseuses, à sédimentation toujours plus grossière à la base et plus fine et tourbeuse vers le sommet.

III.1.1.2. Apports de sédiments et nature des fonds lagunaires.

Le système lagunaire Ebrié est alimenté en sédiments par les fleuves et rivières qui s'y jettent et par les eaux de ruissellement sur les rives. C'est environ $0,40.10^6$ tonnes de sédiments qui s'accumulent chaque année dans la lagune, soit une sédimentation moyenne de 0,5 m/an. Les sédiments de la lagune présentent trois faciès principaux : le faciès argilo-sableux est constitué des sables et des silts, de taille comprise entre 40 μm et 2 mm; le faciès argilo-vaseux est constitué de vases et argiles fines dont le grain médian est inférieur à 2 μm . Entre ces deux types, il existe une couche sédimentaire présentant une fraction grossière et une fraction argilo-silteuse (Tastet, 1979 ; Tastet et Guiral, 1994). Ces faciès sédimentaires sont répartis selon la bathymétrie et sont la conséquence des multiples mouvements et remaniements du sédiment (processus de redistribution et de ségrégation) contrôlés par l'hydrodynamisme lagunaire. Ainsi, les sédiments les plus grossiers colonisent le pourtour de la lagune et les fonds inférieurs à 2,5 m, tandis que les vases se trouvent exclusivement concentrées dans les chenaux où elles peuvent constituer des dépôts très abondants.

Ces sédiments sont constitués d'une fraction organique et d'une fraction minérale à granulométrie variable, la matière organique à l'origine des vases provient en grande partie de l'apport de végétaux supérieurs et des animaux et organismes planctoniques. Les sables sont issus directement des formations sableuses encaissantes soit par remaniement à partir des berges, soit par apports des rivières. Quant aux particules minérales, essentiellement composées d'argiles, elles arrivent en suspension soit par les fleuves et rivières, soit directement par le ruissellement superficiel des sols environnants.

Les minéraux argileux représentés dans la lagune Ebrié sont la Kaoline qui est toujours dominante, puis l'illite et les inter-stratifiés gonflants de type illite-montmorillonite. On y trouve de la calcite dont les teneurs sont liées à la présence de coquilles de mollusques en surface. La pyrite est également présente dans les vases les plus riches en matière organique. Le bilan sédimentaire de la lagune Ebrié est donc le résultat du dépôt des particules fines par simple décantation, sur l'ensemble de la lagune.

III. 2 Hydrologie du système lagunaire Ebrié

Le système lagunaire Ebrié est alimenté en eau douce par les fleuves Agnéby, Mé et Comoé drainant dans le sens Nord-sud (**Figure III.1**). Anciennement en contact avec l'océan par l'embouchure naturelle du fleuve comoé à Grand-Bassam, depuis 1950, le contact permanent a été établi par l'ouverture du canal artificiel de Vridi.

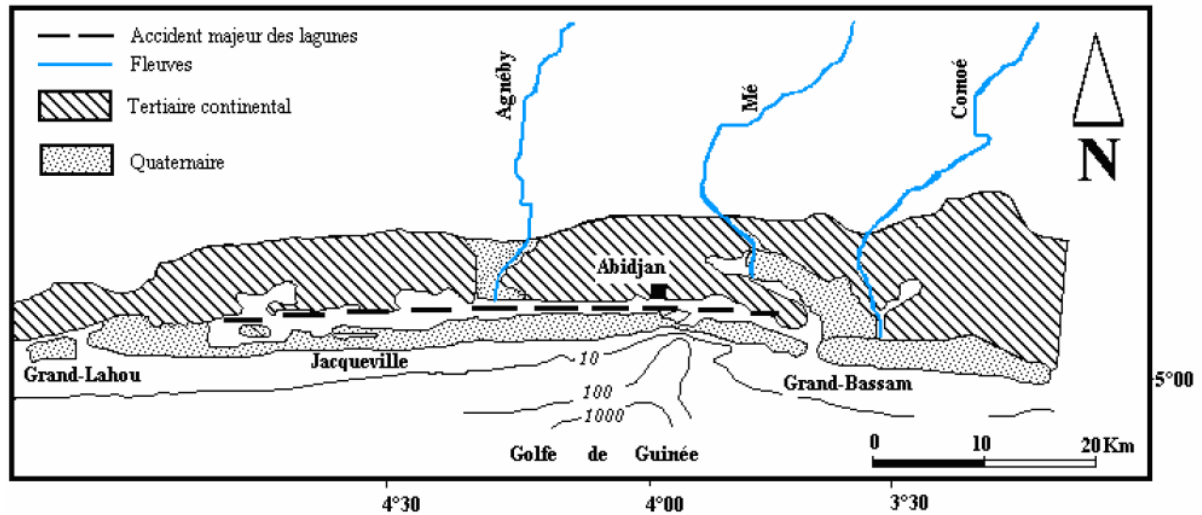


Figure III.1: Principaux fleuves alimentant le système lagunaire Ebrié (Tastet, 1979)

III.2.1. Apports fluviaux

La lagune Ebrié est sous l'influence de trois fleuves d'inégale importance. Les régimes hydrologiques de ces trois fleuves s'apparentent étroitement au régime des précipitations sur les bassins versants (Tableau III.1). Ainsi, le fleuve Comoé, présentant un régime proche du type tropical de transition, est caractérisé à son arrivée en lagune par une crue annuelle unique entre août et novembre (61 % du volume total annuel) et par un étiage entre janvier et mai (3 % du volume total annuel). La Mé et l'Agnéby sont des fleuves côtiers s'apparentant au régime équatorial de transition. Ce régime est caractérisé par l'existence de deux crues annuelles qui reflètent le régime des précipitations du climat équatorial, la première crue étant la plus forte et s'étendant de juin à juillet et la seconde d'octobre à novembre.

Les apports moyens annuels d'eau douce représentent presque quatre fois le volume total de la lagune ($2,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$), tandis que les entrées d'eaux marines représentent 14 fois ce volume (Durand et Guiral, 1994 ; Monde *et al.*, 2011). Les apports d'eaux continentales sont constitués pour les deux tiers de ceux du fleuve Comoé. Il débouche à l'extrémité orientale de la lagune Ebrié et en raison du volume de sa crue, contribue à une forte variabilité interannuelle (Durand et Guiral, 1994). Les apports des pluies et des rivières côtières (Mé et Agnéby, essentiellement) sont surtout importants lors des deux saisons des pluies dans la partie Sud de la Côte d'Ivoire (mai-juillet et octobre-novembre). Il en résulte que les volumes d'eau douce transitant par la lagune sont géographiquement repartis de manière déséquilibrée de part et d'autre du bassin central de la lagune.

La lagune Ebrié constitue ainsi un milieu relativement renouvelé depuis l'ouverture du canal de Vridi (Durand et Guiral, 1994). Cependant on observe une baisse des courants de chasse dans l'estuaire ainsi qu'un détournement des eaux depuis Grand-Bassam en direction d'Abidjan (Koffi *et al.*, 1991). Les inondations exceptionnelles de 2003-2004 dans la région de Grand-Bassam, ont facilité l'ouverture naturelle du grau de Bassam pour une période de 6 mois (Monde, 2004).

Les précipitations et les arrivées continentales présentent une très forte variabilité inter-annuelle, qui s'inscrit depuis plusieurs années dans une tendance à la diminution des pluies et des volumes fluviaux. Pour les années 1981 à 1986, le débit moyen annuel était de 110 m³/s. Les précipitations directes sur le plan d'eau lagunaire ne représentent que 12% des apports continentaux tandis que l'évaporation n'élimine que 7% de ces derniers. Les eaux continentales constituent donc l'essentiel du bilan net d'eau douce du système lagunaire Ebrié (Lanusse, 1987). La perte d'eau douce par évaporation est négligeable.

Tableau III.1 : Caractéristiques des fleuves qui débouchent en lagune Ebrié (Durand & Skubich, 1982; PAA, 2001)

| Régime de transition | Fleuves | Long. (km) | Bassins Versants (km ²) | Volume total écoulé en une année moyenne (10 ⁹ m ³) | Débit moyen (m ³ .s ⁻¹) | | |
|----------------------|---------|------------|-------------------------------------|--|--|---------|-----------|
| | | | | | Annuel | Maximum | Epoque |
| Equatorial | Agnéby | 200 | 8900 | 0,7 | 22 | 87 | juillet |
| | Mé | 140 | 4300 | 1,1 | 36 | 115 | juin |
| Tropical | Comoé | 1160 | 78000 | 9,6 | 305 | 1157 | septembre |

III.2.2. Apports océaniques

Selon Varlet (1978), le volume d'eau marine qui transite par le canal de Vridi, lorsque le grau de Grand-Bassam est fermé est de 38.10⁹ m³. Il est 6,8 fois supérieur aux apports continentaux (Dufour, 1984). Le volume océanique est maximal au cours des périodes d'étiages des fleuves et minimal au cours des crues. L'intrusion d'eau marine diminue très rapidement quand on s'éloigne du canal de Vridi. Tastet (1979) a estimé au cours d'un cycle de marée à 28,1.10⁶ m³ les entrées d'eau par le canal de Vridi. Ces apports sont modulés à l'rythme semi-diurne mensuel de la marée (**Figure III.2**).

Il ressort du bilan établi par Varlet (1978) que les échanges entre la mer et la lagune Ebrié se font à l'avantage de la mer avec une évacuation en mer de 12.10⁹ m³ d'eau par cycle de marée. Il entre 38.10⁹ m³ d'eau et il en ressort 50.10⁹ m³ par cycle de marée.

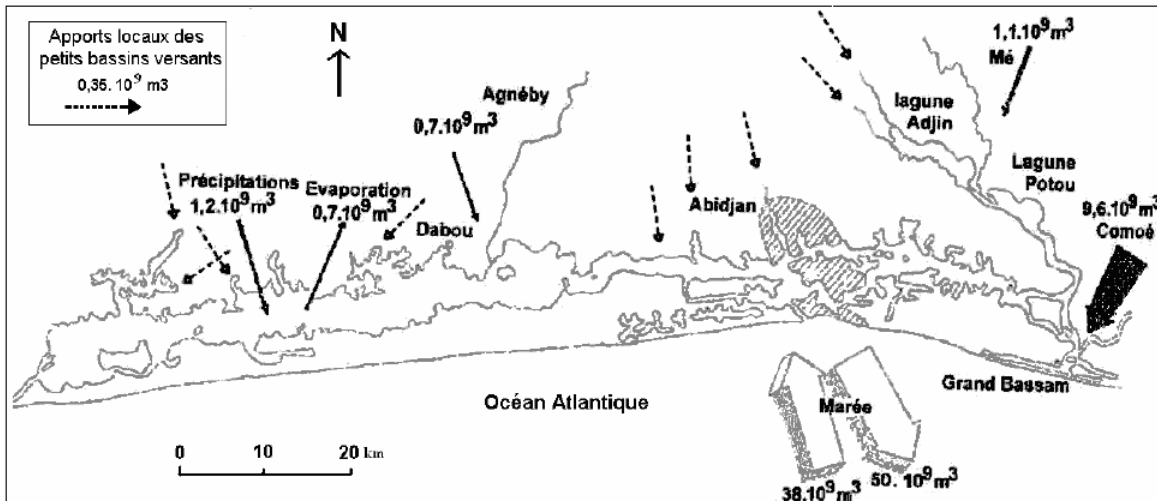


Figure III.2: Bilan hydrique des entrées-sorties pour la lagune Ebrié (Varlet, 1978).

III.2.3. Hydrodynamisme en lagune Ebrié

La circulation des masses d'eau dans la lagune Ebrié est fortement liée à la marée et aux courants fluviaux. Les courants de marée sont inférieurs à 2 m/s. Ils sont symétriques en étiage tandis qu'en crue, les courants de marée sont dissymétriques (Wango et *al.*, 2008). En effet, les courants fluviaux importants en période de crue, s'opposent aux courants de flot et renforcent les courants de jusant. L'hydrodynamisme d'une marée moyenne montre que les volumes d'eau échangés entre la lagune Ebrié et le milieu marin sont essentiellement contrôlés par la marée et les débits fluviaux. Selon Wango et *al.* (2008) les échanges sont maximums en étiage (100 millions de m³) et plus faibles en crue (80 millions de m³). Il en résulte un temps de renouvellement pour l'ensemble de la lagune Ebrié, de l'ordre 23,6 jours en période d'étiage alors qu'en période de crue, ce temps est de 30 jours. L'augmentation du débit fluvial entraîne donc une baisse des volumes échangés de 20 millions de m³ et une augmentation du temps de renouvellement des eaux de l'ordre de 6,4 jours.

Selon les travaux de simulations sur 25 jours de Mondéet *al.* (2011), les fortes vitesses de courants s'observent lors de la sortie des courants fluviaux en mer et les faibles vitesses lors des courants de flot et ceci trouve son origine dans les crues fluviales. Lors de la crue du Comoé, les courants ont une vitesse minimale de 0,08 m/s dans les chenaux. Les circulations d'eau entre la lagune Ebrié et la mer sont de type lagunaire et marin. En période de crue, les transferts de type lagunaire confèrent un caractère continental à Bassam. Par contre, à Abidjan, le type marin est dominant. En outre, les transferts lagunaires, en période de crue, sont très importants (6 h -canal de Vridi et 12 h -grau de Bassam). Aussi, le type marin est plus long lors du faible débit fluvial (Monde *et al.*, 2011). Selon les mêmes auteurs, les flux entrants et sortants ont un bilan de masse négatif lors du flot (Canal de Vridi ; -32,17 m³ et Grau de Bassam : -54,31 m³) et positif durant le jusant (+136,40 m³ à Vridi et +72,50 m³ à Bassam), la baisse de la quantité d'eau s'observant durant 7 h en crue et un accroissement de la quantité d'eau (5 h). En outre, la vitesse des courants de jusant est plus importante que celles du flot lors des crues. Ceci faciliterait la vidange de crue de l'exutoire (Monde, 2004).

L'analyse des variations de niveau d'eau sur 200 jours par Monde *et al.* (2007) en lagune Ebrié indique une moyenne de +1,01 m par rapport à un référentiel local. Le marnage en vive eau varie de 0,55 à 0,80 m. En morte eau, le marnage est plus faible. Il varie de 0,30 à 0,35 m. Le déchet dure 8 jours tandis que le revif est plus court, il dure 7 jours. La courbe d'évolution de la moyenne journalière de la hauteur d'eau en lagune Ebrié sur une période de 200 jours montre une évolution irrégulière du niveau de la lagune et présente trois domaines : (i) de février à avril la dénivelée engendrée est de 0,10 m, (ii) d'avril à juin, la dénivelée calculée est de 0,15 m et (iii) de fin juin à août, on observe un niveau moyen qui passe de 1,05 à 1,07 m pour se stabiliser ensuite à 1,06 m au 160^{ème} jour.

A l'échelle annuelle, le niveau moyen de la lagune varie d'environ 50 cm. Cette amplitude correspond à la différence entre le niveau le plus bas observé au mois d'août lors de l'upwelling côtier et le niveau le plus haut observé en octobre pendant la crue du Comoé. Ce dernier phénomène entraîne une augmentation progressive de la hauteur d'eau de 20 à 25 cm, et ces niveaux élevés peuvent être observés plusieurs semaines. Dans la partie estuarienne de la lagune, ces variations saisonnières dépassent en amplitude le marnage.

La marée se fait sentir sur l'ensemble de la lagune. Cependant, elle est considérablement amortie lorsqu'on s'éloigne de Vridi. Pour une amplitude de 0,87 m en mer, on a 0,52 m au niveau de la baie d'Abidjan. Aux extrémités Est et Ouest de la lagune Ebrié des amplitudes moyennes de 0,08 m et 0,10 m ont été relevées. Dans la partie Ouest la propagation paraît plus complexe. L'onde de marée étant dissymétrique comme dans tout estuaire, la marée haute se propage plus rapidement que la marée basse. Les courants dépassent souvent 1,0 m/s ; les valeurs maximales, mesurées en surface, atteignent 2,0 m/s dans le canal de Vridi et 1,0 m/s à la digue de Jacquville.

L'hydrodynamisme dans les baies estuariennes montre que la variation de salinité est synchrone des cycles saisonniers. Mais, les fortes précipitations et les crues des fleuves la réduisent. L'étude de l'évolution de la salinité, de la température et de la hauteur d'eau dans la lagune Ebrié est régie par les apports fluviaux (crue et étiage du Comoé, de l'Agnéby, de la Mé), les saisons marines (grande et petite saison chaude, grande et petite saison froide) et les saisons continentales (grandes et petites saisons sèches, grandes et petites saisons de pluies).

Ces différents paramètres hydrodynamiques sont dépendants les uns des autres. Durant la saison des pluies, les fleuves en crue se déversent dans la lagune. Il va s'en suivre, la baisse de la température et de la salinité, tandis que la hauteur d'eau va augmenter. La saison sèche est marquée par l'étiage des fleuves, la croissance de la température et de la salinité puis la baisse du niveau de la hauteur d'eau. Les abondantes précipitations et les apports fluviaux, continentaux augmentent le niveau d'eau. Ces mêmes phénomènes, conditionnent aussi l'évolution des températures dans le milieu lagunaire.

III.2.4. Courantologie

La courantologie au niveau de la lagune Ebrié reste complexe en raison de la configuration du plan d'eau, de l'existence de nombreuses baies et de la morphologie des fonds (**Figure III.3**).

L'intensité des courants de la lagune Ebrié est influencée par la circulation, l'alternance et le mélange des eaux océanique et continentale.

Les courants de flot et de jusant agissent différemment selon les sites (Pottier *et al*, 2008). Les courants de flot sont plus importants que ceux du jusant dans la canal de la baie de Biétry, en raison de sa proximité avec l'océan. En revanche pour les autres baies, le courant est en général alternatif, avec une intensité quasiment identique aussi bien au flot qu'au jusant. L'énergie des marées ou l'onde de marée baisse du fait de la non conformité des axes des baies avec l'axe du chenal principal. Ces baies enregistrent donc un mauvais échange avec le chenal principal. Ce processus militent plus en faveur d'une forte accumulation des polluants dans les baies. Dans les baies estuariennes, les directions du courant sont généralement alternatives (Pottier *et al*, 2008).

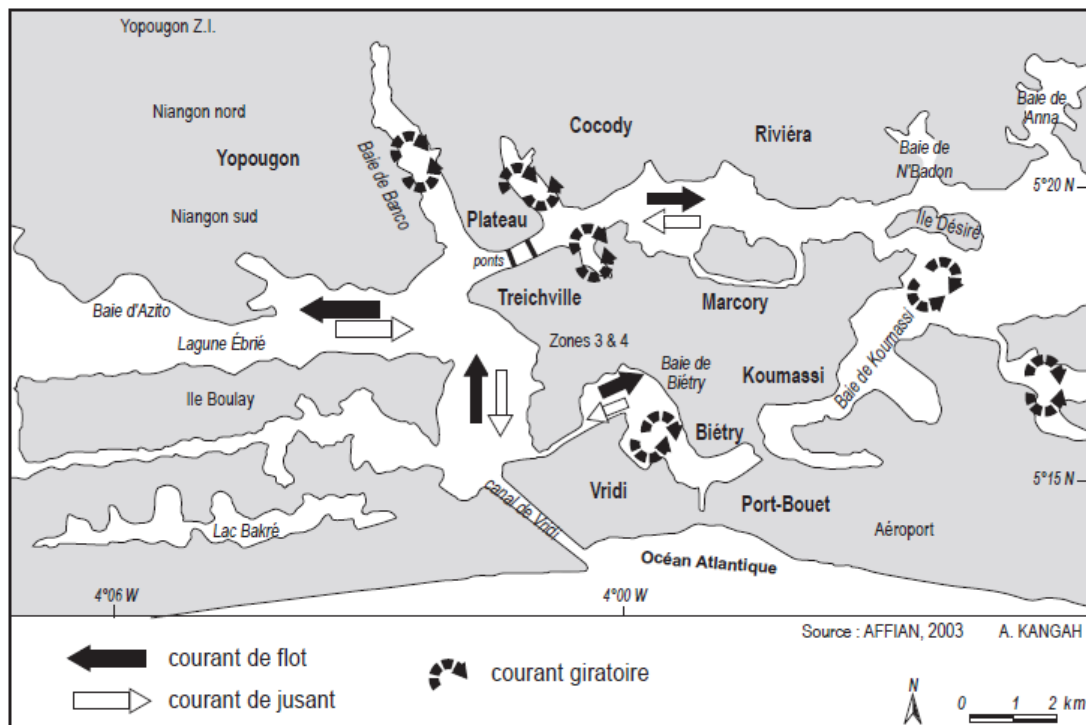


Figure III.3: Modèle simplifié de circulation dans la lagune Ebrié d'Abidjan (Pottier *et al.*, 2008)

III.3 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la lagune Ebrié

Les caractéristiques physico-chimiques sont les mêmes que celles observées dans le reste de la partie estuarienne de la lagune, tant du point de vue de la température, de la salinité, de l'oxygène dissous, de la transparence. On distingue dans le secteur deux situations hydrologiques qui sont :

- Une situation d'estuaire stratifié en saison sèche, avec la superposition d'une couche moins salée en surface et d'une mince couche plus salée en profondeur.
- Une colonne d'eau homogène sur la verticale en période de crue, lorsque l'eau du Comoé transite par ce bras de lagune. L'effet des marées est très atténué, le milieu est alors totalement dessalé et très turbide.

III.3.1. Salinité

La salinité du système lagunaire Ebrié dépend des échanges entre l'océan et le continent (qui présentent d'importantes variations spatiales et temporelles), de l'hydrodynamisme, de la morphologie et de la bathymétrie. La salinité est maximale en grande saison chaude et minimale en saison des crues et des précipitations. Les variations saisonnières sont très accentuées et identiques pour l'ensemble de la zone estuarienne passant de moins de 2‰ en saison des crues et de précipitations à plus de 25 ‰ en saison sèche et d'étiage du Comoé. Ces variations, plus importantes au débouché du canal de Vridi, s'amortissent vers les régions continentales de part et d'autre du canal de Vridi. A l'opposé, l'évolution saisonnière des eaux est différente selon la bathymétrie. Les zones de profondeur faible (de moins de 5 m) présentent un cycle saisonnier identique à celui des eaux de surface mais de plus faible amplitude.

Les secteurs plus profonds (de profondeur supérieure à 5 m) sont caractérisés par une forte stabilité hydrochimique. Cette situation résulte d'une stratification permanente des eaux, liée à la présence de dépressions, dissociant un épilimnion à salinité variable selon les saisons hydroclimatiques d'un hypolimnion en permanence plus salé d'origine océanique. Les variations de la salinité conditionnent également l'évolution du pH des eaux. Ainsi, aux périodes de salinité élevée, correspondent des eaux plutôt basiques alors qu'aux séquences de forte influence continentale les eaux sont plutôt acides. En outre, cette liaison pH-salinité se traduit par des eaux à l'interface eau/sédiment sensiblement plus alcalines que des eaux de surface.

III.3.2. pH

Le pH des eaux de surface du système Ebrié varie entre 6 et 8. Le pH montre une fluctuation saisonnière en relation avec la salinité. On observe un maximum de février à avril et un minimum entre juillet et novembre. Les eaux douces en provenance des rivières et des pluies ont un pH inférieur à 7, par contre, l'eau de mer salée qui pénètre en lagune, a un pH supérieur à 7. En période de crue, le pH montre une variation verticale concomitante de celle de la salinité. Il est homogène sur toute l'épaisseur de la colonne d'eau en période d'étiage.

Les variations spatiales du pH s'expliquent pour l'essentiel par la plus ou moins grande avancée des eaux marines en janvier et avril et la prépondérance des eaux fluviales entre septembre et décembre. La production de matière végétale pendant le jour et la respiration nocturne impose au pH des variations nyctémérales nettes et mesurables dans la mesure où l'influence des vents et de l'advection n'est pas trop importante.

III.3.3. Température des eaux

La température moyenne de l'eau de surface varie annuellement en se situant toujours à environ 2 à 3°C au-dessus de la moyenne des températures atmosphériques. Elle présente un maximum de 31,2°C centré sur mars (saison sèche) et un minimum de 27,5°C centré sur août et septembre (période de crue et de pluie et surtout pendant l'upwelling côtier). En outre, la température de l'eau de surface varie dans la journée. Ces variations qui peuvent atteindre 4,5°C en surface, affectent les 3 ou 4 premiers mètres, en s'estompant régulièrement avec la profondeur.

En zone estuarienne (zone lagunaire d'Abidjan), le gradient vertical de température peut dépasser 6°C en période de crue. Cette stratification est liée à la présence simultanée en profondeur d'eaux froides marines et en surface d'eaux chaudes dessalées issues d'upwellings et du mélange des eaux lagunaires avec les eaux de crue des fleuves. Sur le reste de la lagune, pendant l'étiage, la température des eaux du fond semble indépendante de la profondeur et varie de 29 à 31°C environ. Ceci s'explique par le fait qu'à l'étiage les mouvements et renouvellements d'eau sont minima et par conséquent, la colonne d'eau entière peut se réchauffer.

III.3.4. Oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous caractérisent et différencient les régions et les saisons lagunaires. Comme la salinité, les variations en oxygène dissous sont sous la dépendance des échanges avec les eaux océaniques et continentales et avec l'atmosphère. Mais en plus, elles sont fortement influencées par des facteurs internes à l'écosystème, biologiques en particulier, parmi lesquels l'activité phytoplanctonique joue un rôle prépondérant.

Les apports des rivières sont généralement saturés en oxygène tandis que les eaux correspondant à des ruissellements sous couvert forestier sont déficitaires en oxygène dissous car elles sont chargées de matières organiques et d'acides humiques. Les eaux de pluie sont toujours saturées en oxygène. Les eaux marines qui pénètrent en lagune présentent des variations saisonnières notables : elles sont saturées en mars-avril, par contre, de février à octobre les eaux profondes à faible teneur en oxygène remontent à la surface diminuant ainsi la teneur en surface de l'oxygène dissous.

Les chenaux, soumis en permanence à de forts courants, présentent une oxygénation satisfaisante toute l'année. Dans les baies, le brassage et la circulation des eaux sont moindres et la pollution accélère l'eutrophisation naturelle. Dans les fosses, en saison d'étiage, la stratification verticale favorise l'apparition d'une couche désoxygénée dans la dépression et le dépôt de vases réductrices. En surface, par contre, les eaux sont plus sursaturées. En saison des crues, la disparition de la stratification permet la mise en suspension des vases réductrices et la réoxygénation partielle des eaux du fond lorsque les dépressions ne sont pas trop profondes (Dufour et Slepoukha, 1975 ; Métongo *et al.*, 2008).

III.3.5. Eléments nutritifs et Matières en Suspension (MES)

Les sels nutritifs du système lagunaire Ebrié proviennent des eaux (océaniques, continentales et eaux usées d'égouts) et du processus de relargage du sédiment dû à l'agitation liée aux vents et aux courants. Les concentrations en éléments azotés (NO_2^- , NO_3^- et NH_4) sont plus élevées pendant la période de crue qu'en étiage. La richesse des eaux douces en azote explique ces variations saisonnières. Cette même richesse explique aussi les concentrations régionales qui croissent depuis la zone proche du canal de Vridi jusqu'aux extrémités continentales de la lagune. A ces variations horizontales, se superpose une stratification verticale des concentrations dans les zones profondes. Cette stratification est due à plusieurs facteurs dont les apports profond d'eau marine et superficiel d'eau de pluies, de ruissellement, des fleuves et des égouts; production primaire en surface et reminéralisation en profondeur; sédimentation et remise en suspension du sédiment; diffusion à l'interface eau/sédiment.

Certains éléments nutritifs, tels que les nitrates et les phosphates, jouent un rôle important dans le phénomène d'eutrophisation observé dans les baies de Cocody, Biétry et Marcory. L'impact des rejets d'eaux usées domestiques, urbaines, industrielles et portuaires, chargées principalement de matières organiques, est mis en évidence par les concentrations croissantes en composés azotés et phosphorés relevées notamment dans les baies qui sont plus riches en sels nutritifs que les chenaux. Les moyennes globales observées sont de 2 $\mu\text{M/L}$ pour le phosphore et de 40 $\mu\text{M/L}$ pour l'azote.

Généralement les eaux de surface sont plus riches en nitrite et nitrate et moins chargées en ammoniacque et en phosphates que les couches profondes. En effet, dans la zone euphotique ces derniers tendent à augmenter avec la profondeur en raison d'une moindre activité phytoplanctonique et d'une réduction en milieu anoxique des nitrates et nitrites en ammoniacque.

III.4 Qualité bactériologique des eaux et des communautés biologiques

Les coliformes fécaux et totaux (*E. coli* et *E. faecalis*), les Streptocoques fécaux, les Entérocoques et les Anaérobies sulfite-réducteurs (*Clostridium perfringens*) sont présents dans toute la colonne d'eau avec une densité de germes plus élevée dans l'hypolimnion, particulièrement dans les baies (Métongo et al., 2008). Les *Vibrio* et les *Salmonella* (germes pathogènes) sont également présents en surface comme à l'interface eau-sédiment ; ce qui confirme les premières évaluations de la pollution bactérienne de la lagune Ebrié au niveau d'Abidjan réalisées par Pagès (1975), Pagès et Citeau (1978), Lanusse (1987), Lanusse et Guiral (1988) et Kouassi et al. (1990). En outre, des parasites pathogènes du genre *Dactylogyrus* et *Ergasilus* ont été retrouvés dans les poissons *Chrsichthys nigrodigitatus* et les *Tilapias guineensis* pêchés en baie de Cocody (Diaha, 2005).

La prolifération des germes fécaux et de micro-organismes pathogènes est essentiellement due aux apports d'eaux usées directement rejetées sans traitement préalable en lagune depuis le continent ou transitant par les fleuves (lessivage des sols souillés, vidange des égouts, eaux de

ruissellement, etc.). La présence de ces bactéries pathogènes dans les eaux lagunaires Ebrié augmente les risques d'épidémies de choléra et de fièvre typhoïde surtout en période de fortes pluviosités. En se référant aux critères OMS/PNUE (1977), l'ensemble des eaux lagunaires au niveau d'Abidjan s'avère impropre à toute activité balnéaire.

III.5. Qualité des sédiments lagunaires Ebrié

L'analyse des sédiments superficiels dans la lagune Ebrié au niveau des métaux lourds fait apparaître une origine urbaine de la pollution des métaux toxiques dans la mesure où leurs concentrations sont plus élevées dans les secteurs urbains que dans les zones rurales (Marchand et Martin, 1985 ; Kouadio et Trefry, 1987, Soro, 2003). Selon les travaux de Yao et *al.* (2009), les concentrations de plomb, cuivre et de zinc dans la fraction fine de sédiment collecté dans la partie estuarienne de la lagune Ebrié (< 63 µm) ont respectivement augmenté d'un facteur de 1,92, 1,44 et 1,12, au cours de ces deux dernières décennies, cette croissance de la contamination métallique étant due à l'intensification des activités urbaines, industrielles et agricoles. Les teneurs en métal des sédiments sont fonction des conditions physico-chimiques et de l'hydrodynamisme qui contrôlent le relargage des métaux et la composition métallique des sédiments apportés en lagune (Yao et *al.*, 2009). Toutefois, les métaux tels que le fer, le chrome et le manganèse, semblent plus liés à la nature géochimique des sédiments qu'à un apport d'origine anthropique. Le **Tableau III.2** présente les concentrations en métal relevées dans les sédiments en lagune d'Abidjan le 10 mars 2010 dans la zone d'influence du projet.

Tableau III.2: Concentrations en métal dans les sédiments secs de la lagune Ebrié (LD : Limite de Détection).

| Stations | Position des stations | Cd (µg/kg) | Cu (mg/kg) | Hg (mg/kg) | Pb (mg/kg) |
|----------|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | 05° 16,266' N - 004° 03,062' W | < LD | 182,42 | 0,014 | < LD |
| 2 | 05° 15,818' N - 004° 02,443' W | 0,060 | 157,54 | 0,021 | 0,0013 |
| 3 | 05° 16,489' N - 004° 02,291' W | 0,007 | 90,57 | 0,028 | 0,0160 |
| 4 | 05° 15,396' N - 004° 01,715' W | < LD | 86,96 | 0,024 | 0,0023 |
| 5 | 05° 16,162' N - 004° 00,667' W | < LD | 96,90 | 0,018 | 383,82 |
| 6 | 05° 15,881' N - 004° 01,388' W | < LD | 292,78 | 0,013 | 0,0010 |

III.6 Le peuplement benthique

La faune benthique lagunaire comprend plus d'une centaine d'espèces dont les plus abondants sont les polychètes, les mollusques et particulièrement les bivalves : arches *Arca senilia senilis* dans les eaux salées, les corbules *Corbula trigona* dans les eaux dessalées, les gastéropodes : mélanides *Pachymelania fusca*, *Pachymelania aurita*, *Tympanotonus fuscatus*, etc. Les eaux peu profondes regorgent de crustacés (isopodes, amphipodes et décopodes). Les crustacés communs sont : la crevette de mer *Penaeus duorarum notialis*, la crevette d'eaux douces *Macrobrachium* sp. et les crabes *Callinectes amnicola*, *Callinectes pallidus* et le crabe amphibie *Cardiosoma armatum*.

On distingue quatre grands peuplements benthiques, désignés par leurs principales espèces (Zabi et Le Loeuf, 1994). Ce sont : (1) le peuplement à *Crassostrea gasar* et *Brachyodontes tenuistriatus*, (2) le peuplement à *Anadara senilis* et *Tagelus angulatus*; (3) le peuplement à *Pachymelania aurita* et *Congeria ornata* et (4) le peuplement à *Corbula trigona* et *Iphigenia* spp.

Le peuplement à *Crassostrea gasar* et *Brachyodontes tenuistriatus* est établi sur des fonds en majorité de sable coquillier ou sable vaseux (lutites < 25%) proches du canal de Vridi, subissant de fortes variations de salinité et de régime hydrologique qui marquent les transitions entre saisons. L'huître *Crassostrea gasar* et le mytilidé *tenuistriatus* sont les deux bivalves filtreurs dominants. Ce peuplement est aussi installé de façon discontinue dans la zone lagunaire sous influence marine, le long du chenal central, à l'extrémité Ouest de l'île Boulay jusqu'au-delà de Bingerville à l'Est, là où le flux de matériel particulaire est important. Ces espèces sont également rencontrées en baie de Koumassi et à l'entrée de la baie de Biétry.

Le peuplement à *Anadara senilis* et *Tagelus angulatus* est installé non loin du canal de Vridi, composé de bivalves vivant enfouis dans le sédiment et prélevant, au moyen de leurs siphons, les éléments nutritifs au niveau du fond. Outre les espèces *Anadara senilis* et *Tagelus angulatus*, l'on peut associer *Heterodonaxparvus*. Le bivalve le plus commun et le plus abondant est *Loripes aberrans* (Zabi et Le Loeuf, 1994).

Le peuplement à *Pachymelania aurita* et *Congeria ornata* est dominé par les mollusques gastropodes brouteurs et détritivores de la famille des Melaniidae (*Pachymelania*) et Potamididae (*Tympanotonus*) auxquels s'ajoutent des Neritidae (*Neritina*). Ce peuplement est installé sur à peu près tous les types de fonds, surtout les sables et sables vaseux, dans la tranche bathymétrique 0,5 à 2,5 mètres, dans les secteurs à fort ou faible variation de salinité.

Le peuplement à *Corbula trigona* et *Iphigenia* spp. a la particularité d'être cantonné aux secteurs oligohalins où la variabilité est faible. Les bivalves tels que *Corbula trigona*, *Iphigenia delesserti* et *Cyrenoida rhodopygas* sont les plus prédominants. Ce peuplement se rencontre sur tous les types de sédiments, le plus souvent cependant sur sables coquilliers et graviers.

Les organismes benthiques sont répartis en trois groupes en lagune Ebrié : (1) les espèces du contact océan-lagune qui peuplent le secteur lagunaire où l'influence marine se fait particulièrement bien sentir, entre Bingerville à l'Est et Songon-Mbraté à l'Ouest; (2) les espèces du contact eaux continentales-lagune qui ne peuvent supporter que de très faibles salinités. *Pachymelaniabyronensis* est l'espèce la plus typique du groupe dans lequel figure *Pachymelania fusca* et (3) les espèces qui peuplent pratiquement tout l'ensemble lagunaire. Parmi les plus caractéristiques, on peut citer *Nereis victoriana*, *Neritinaglabrata*, *Tellina ampullacea*, *Corbula trigona*.

III.7. Le peuplement ichtyofaune lagunaire

Daget et Iltis (1965) avaient identifié 105 espèces de poissons en lagune Ébrié. Par la suite, les travaux menés par le Centre de Recherches Océanologique d'Abidjan (CRO) ont permis de compléter cette liste à 145 espèces identifiées (**Tableau III.3**) (Albaret, 1994). Plus récemment, une étude menée par Villanueva (2004) a fait état de 34 espèces de poissons observées dans la lagune Ebrié.

Cette richesse s'expliquerait à la fois par ses grandes dimensions, sa diversité morpho-édaphique et par l'importance et la diversité des zones de contact avec les milieux marins (canal de Vridi) et continentaux (fleuves Comoé, Agnéby et Mé et les nombreux marécages). Le peuplement ichtyofaunistique Ebrié est composé de formes marines côtières, de formes estuariennes et de formes continentales variées. On dénombre 71 familles inégalement représentées. Les Carangidae (11 espèces), les Clupéidae (7 espèces) et les Gobiidae (7 espèces) sont marines, alors que les Clichlidae (9 espèces) sont d'origine continentale.

Cinquante-cinq (55) espèces sont souvent observées dans les débarquements en lagune Ebrié dont vingt-trois (23) sont spécifiques à cette lagune. Les espèces les plus abondantes sont : *Chrysichthys nigrodigitatus*, *C. walkeri*, *Elops lacerta*, *Ethmalosa fimbriata*, *Liza falcipinnis*, *Pomadasys jubelini*, *Sardinella maderensis*, *Tilapia guineensis*, *T. hendelo*, *T. jentinki* et *Tylochromis jentinki*. Comme ailleurs en lagune Ebrié, l'essentiel des communautés est composée de poissons de petite taille et de juvéniles d'espèces de plus grande taille (Albaret, 1994).

Tableau III.3 : Inventaire de la faune ichtyologique de la lagune Ebrié (Albaret, 1994)

| ORDRES | FAMILLES | Espèces |
|------------------------|-------------------------------|--|
| MYLIOBATIFORMES | DASYATIDAE | <i>Dasyatis margarita</i> |
| | | <i>Urogymnus africanus</i> |
| POLYPTERIFORMES | POLYPTERIDAE | <i>Polypterus endlicheri</i> |
| ELOPIFORMES | ELOPIDAE | <i>Elops lacerta</i> |
| | MEGALOPIDAE | <i>Tarpon atlanticus</i> |
| ALBULIFORMES | ALBULIDAE | <i>Albula vulpes</i> |
| ANGUILIFORMES | MURAENIDAE | <i>Lycodontis afer</i> |
| | CONGRIDAE | <i>Uroconger lepturus</i> |
| | OPHICHTHYDAE | <i>Dalophis cephalopeltis</i> |
| | | <i>Myrophis plumbeus</i> |
| HETERENCHELIDAE | <i>Pytonichthys macrurus</i> | |
| CLUPEIFORMES | CLUPEIDAE | <i>Odaxothryssa sp.</i> |
| | | <i>Ethmalosa fimbriata</i> |
| | | <i>Ilisha africana</i> |
| | | <i>Laeviscutella dekimpei</i> |
| | | <i>Pellonula leonensis</i> |
| | | <i>Sardinella aurita</i> |
| | <i>Sardinella maderensis</i> | |
| ENGRAULIDAE | <i>Engraulisen crasicolus</i> | |
| OSTEOGLOSSIFORMES | OSTEOGLOSSIDAE | <i>Heterotis niloticus</i> |
| | NOTOPTERIDAE | <i>Papyrocranus afer</i> |
| MORMYRIFORMES | MORMIRIDAE | <i>Marcusenius ussheri</i> |
| | | <i>Marcusenius furcidens</i> |
| | | <i>Mormyrus hasselquistii</i> |
| | | <i>Mormyrus rume</i> |
| | | <i>Petrocephalus bovei</i> |
| CYPRINIFORMES | HEPSETIDAE | <i>Hepsetus odoe</i> |
| | CHARACIDAE | <i>Brycinus imberi</i> |
| | | <i>Brycinus longipinnis</i> |
| | | <i>Brycinus macrolepidotus</i> |
| | | <i>Brycinus nurse</i> |
| | | <i>Hemigrammopetersius intermedius</i> |
| | DISTICHODONTIDAE | <i>Distichodus rostratus</i> |
| | CYPRINIDAE | <i>Barbus ablabes</i> |
| <i>Barbus waldroni</i> | | |
| <i>Labeo coubie</i> | | |

Tableau III.3 (suite) : Inventaire de la faune ichtyologique de la lagune Ebrié (Albaret, 1994)

| ORDRES | FAMILLES | Espèces |
|--------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| SILURIFORMES | BAGRIDAE | <i>Chrysichthys auratus</i> |
| | | <i>Chrysichthys maurus</i> |
| | | <i>Chrysichthys nigrodigitatus</i> |
| | SCHILBEIDAE | <i>Parailia pellucida</i> |
| | | <i>Schilbe mystus</i> |
| | | <i>Schilbe mandibularis</i> |
| | CLARIIDAE | <i>Clarias anguillaris</i> |
| | | <i>Claris ebriensis</i> |
| | | <i>Claras gariepinus</i> |
| | | <i>Heterobranchus isopterus</i> |
| | | <i>Heterobranchus longifilis</i> |
| MALAPTERURIDAE | <i>Malapterurus electricus</i> | |
| MOCHOKIDAE | <i>Synodontis bastiani</i> | |
| | <i>Synodontis schall</i> | |
| ARIIDAE | <i>Arius latiscutatus</i> | |
| LOPHIFORMES | ANTENNARIDAE | <i>Antennarius occidentalis</i> |
| | | <i>Antennarius pardalis</i> |
| ATHERINIFORMES | HEMIRAMPHIDAE | <i>Hemiranphus balao</i> |
| | | <i>Hyporamphus picarti</i> |
| | EXOCOETIDAE | <i>Fadiator acutus</i> |
| | BELONIDAE | <i>Strongylura senegalensis</i> |
| | CYPRINIDONTIDAE | <i>Aplocheilichthys rancureli</i> |
| | | <i>Aplocheilichtys spilauchen</i> |
| <i>Epiplatys chaperi</i> | | |
| GASTEROTEIFORMES | FITULARIDAE | <i>Fistularia petimba</i> |
| | SYNGNATHIDAE | <i>Enneacampus kaupi</i> |
| | | <i>Micropis brachyurus</i> |
| SCORPAENIFORMES | PLATYCEPHALIDAE | <i>Grammoplites gruveli</i> |
| | SCORPAENIDAE | <i>Scorpaena angolensis</i> |
| | TRIGLIDAE | <i>Lepidotrigla cadmani</i> |
| DACTYLOPTERIFORMES | DACTYLOPTERIDAE | <i>Cephalocanthus volitans</i> |
| CHANNIFORMES | CHANNIDAE | <i>Parachanna obscura</i> |
| PERCIFORMES | SERRANIDAE | <i>Cephalopholis nigri</i> |
| | | <i>Epinephelus aeneus</i> |
| | | <i>Epinephelus esonue</i> |

Tableau III.3 (suite) : Inventaire de la faune ichthyologique de la lagune Ebrié (Albaret, 1994)

| ORDRES | FAMILLES | Espèces | |
|----------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| PERCIFORMES | APOGONIDAE | <i>Apogon imberbis</i> | |
| | PRIACANTHIDAE | <i>Priacanthus arenatus</i> | |
| | ECHENEIDAE | <i>Echeneis naucrates</i> | |
| | CARANGIDAE | | <i>Alectis alexandrinus</i> |
| | | | <i>Alectis ciliaris</i> |
| | | | <i>Caranx hippos</i> |
| | | | <i>Caranx senegallus</i> |
| | | | <i>Chloroscombrus chrysurus</i> |
| | | | <i>Decapterus rhonchus</i> |
| | | | <i>Hemicaranx bicolor</i> |
| | | | <i>Lichia ami</i> |
| | | | <i>Selene dorsalis</i> |
| | | | <i>Trachinotus ovatus</i> |
| | | | <i>Trachinotus teraia</i> |
| | LUTJANIDAE | | <i>Lutjanus dentataus</i> |
| | | | <i>Lutjanus goreensis</i> |
| | GERREIDAE | <i>Eucinostomus melanopterus</i> | |
| | HAEMULIDAE | | <i>Gerres nigri</i> |
| | | | <i>Brachydeuterus auritus</i> |
| | | | <i>Plectorhinchus macrolepis</i> |
| | | | <i>Pomadasys jubelini</i> |
| | | | <i>Pomadasys inciuis</i> |
| | SPARIDAE | | <i>Pomadasys rogeri</i> |
| | | | <i>Dentex canariensis</i> |
| | | | <i>Sparus coeruleostictus</i> |
| | LETHRINIDAE | | <i>Boops boops</i> |
| | | | <i>Lethrinus atlantius</i> |
| | | <i>Pseudolithus elongatus</i> | |
| SCIANIDAE | | <i>Pseudolithus senegalensis</i> | |
| | | <i>Pseudolithus typus</i> | |
| | | <i>Ptersion peli</i> | |
| MULLIDAE | <i>Pseudupeneus prayensis</i> | | |
| MONODACTYLIDAE | <i>Mondactylus sebae</i> | | |
| EPHIPPIDAE | <i>Drepane africana</i> | | |
| POMACENTRIDAE | <i>Chromis chromis</i> | | |

Tableau III.3 (suite) : Inventaire de la faune ichtyologique de la lagune Ebrié (Albaret, 1994)

| ORDRES | FAMILLES | Espèces |
|------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| PERCIFORMES | CICHLIDAE | <i>Tylochromis jentinki</i> |
| | | <i>Sarotherodon melanotheron</i> |
| | | <i>Oreochromis niloticus</i> |
| | | <i>Tilapia mariae</i> |
| | | <i>Tilapia guineensis</i> |
| | | <i>Hemichromis fasciatus</i> |
| | | <i>Hemichromis bimaculatus</i> |
| | | <i>Thysochromis ansorgii</i> |
| | | <i>Chromidotilapia guntheri</i> |
| | MUGILIDAE | <i>Liza dumerili</i> |
| | | <i>Liza falcipinnis</i> |
| | | <i>Liza grandisquamis</i> |
| | | <i>Mugil cephalus</i> |
| | | <i>Mugil curema</i> |
| | SPHYRAENIDAE | <i>Sphyraena afra</i> |
| | POLYNEMIDAE | <i>Galeoides decadactylus</i> |
| | | <i>Polynemus quadrifilis</i> |
| | | <i>Pentanemus quinquaris</i> |
| | SCARIDAE | <i>Scarus hoefleri</i> |
| | BLENNIIDAE | <i>Blennius cf. goreensis</i> |
| | GOBIIDAE | <i>Bathygobius soporator</i> |
| | | <i>Gobiodes ansorgii</i> |
| | | <i>Nematogobius maindroni</i> |
| | | <i>Porogobius schegelii</i> |
| | | <i>Yongeichthys thomasi</i> |
| | | <i>Gobionellus occidentalis</i> |
| | | <i>Chonophorus lateritriga</i> |
| | ELEOTRIDAE | <i>Dormitator lebretonis</i> |
| | | <i>Bostrychus africanus</i> |
| | | <i>Eleotris daganensis</i> |
| <i>Eleotris senegalensis</i> | | |
| <i>Eleotris vitata</i> | | |
| PERIOPHTALMIDAE | <i>Pterioptalmus barbarus</i> | |
| ANABANTIDAE | <i>Ctenopoma kingsleyae</i> | |
| ACANTHURIDAE | <i>Acanthurus monroviae</i> | |
| TRICHIRUDAE | <i>Trichirus lepturus</i> | |

Tableau III.3 (suite) : Inventaire de la faune ichthyologique de la lagune Ebrié (Albaret, 1994)

| ORDRES | FAMILLES | Espèces |
|-------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| PERCIFORMES | SCOMBRIDAE | <i>Scomberomorus tritor</i> |
| | STROMATEIDAE | <i>Stromateus fiatola</i> |
| PLEURONECTIFORMES | BOTHIDAE | <i>Citharichthys stamplii</i> |
| | SOLEIDAE | <i>Synaptura lusitanica</i> |
| | | <i>Pegusa triptalmus</i> |
| | CYNOGLOSSIDAE | <i>Cynoglossus senegalensis</i> |
| SYNODONTIDAE | <i>Saurida brasiliensis</i> | |
| TETRAODONTIFORMES | TETRAODONTIDAE | <i>Ephippion guttiferum</i> |
| | | <i>Lagocephalus laevigatus</i> |
| | | <i>Sphoeroides spengleri</i> |
| | DIODONTIDAE | <i>Diodon maculatus</i> |

IV. DESCRIPTION DES BAIES DE BIÉTRY ET DE KOUMASSI

La lagune Ebrié possède des baies qui sont plus nombreuses sur la rive Nord que sur la rive Sud (Varlet, 1978). Elles représentent près du cinquième de la surface du plan d'eau (99 km² sur 523 km²). La région d'Abidjan compte six baies dont les baies de Biétry et de Koumassi (**Figure IV.1**). Ces baies sont le point de raccordement entre le continent et l'océan. Généralement, les bordures de ces baies ne sont pas aménagées, constituant ainsi des dépotoirs publics du fait des rejets sauvages d'eaux usées et de déchets de toutes sortes.

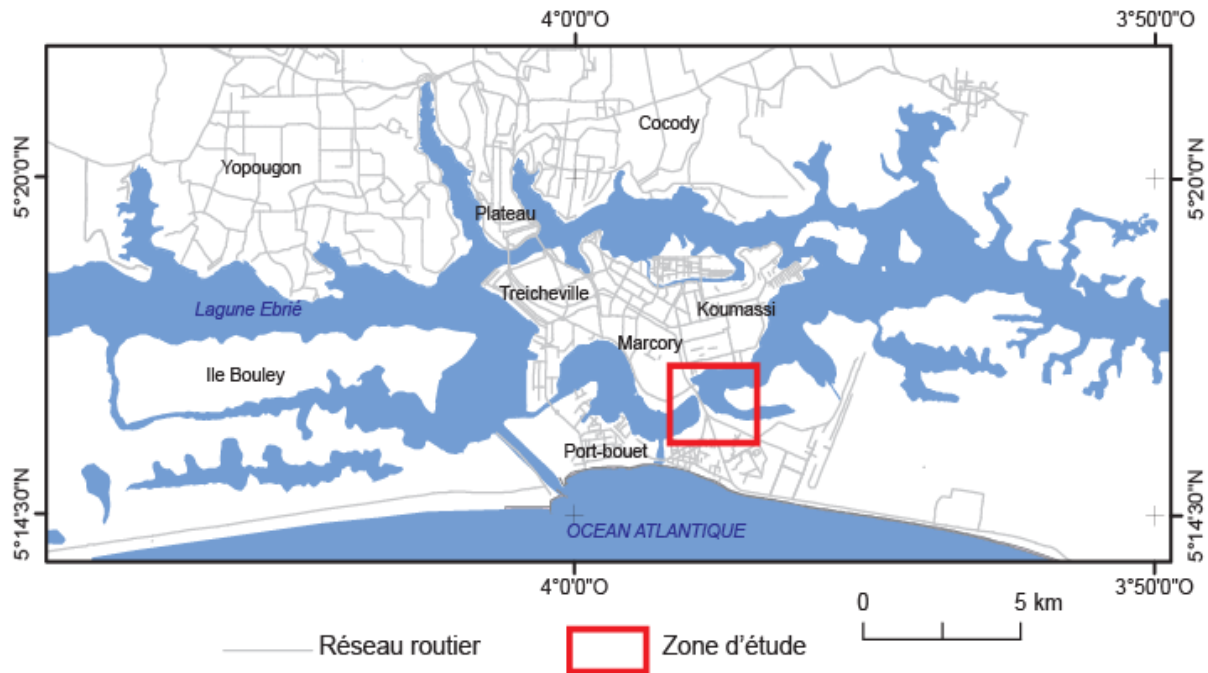


Figure IV.1 : Localisation des baies de Biétry et de Koumassi en lagune Ebrié

IV.1. Description de la baie de Biétry

La baie de Biétry, orientée Ouest (W) - Est (E) appartient au système lagunaire Ebrié et présente une forme générale d'un S (Arfi et Guiral, 1994). Elle communique avec l'ensemble lagunaire Ebrié à ses deux extrémités. L'ouverture à l'Ouest, est constituée d'une passe profonde de 6,3 m au maximum et d'une section totale de 450 m² (Guiral et Lanusse, 1984). Elle débouche à quelques centaines de mètres du canal de Vridi, avec lequel elle fait, un angle de 60°. Cette ouverture correspond au 1/10 de la section du canal de Vridi. A l'extrémité Est, un percement dans le remblai de Koumassi constitué de quatre (04) buses de 16 m² de section (longueur = 80 m ; largeur = 3,2 m ; hauteur = 1,3 m), a été pratiqué en 1981 afin de rétablir les échanges supprimés lors de la construction de la digue de Koumassi (Arfi et Guiral, 1994). Mais l'impact de cet aménagement s'est avéré très faible; les volumes entrant et sortant quotidiennement par cette communication ne représentant que 8% des échanges totaux et 4% du volume total de la baie (Guiral et Lanusse, 1984).

La baie de Biétry présente une bathymétrie caractéristique d'une zone peu profonde en générale (≤ -5 m), avec un court chenal de -10 à -14 m de profondeur dans la partie Ouest en contact avec le canal de Vridi. Dans la partie centrale de la baie et à l'extrême Est, on note également des fosses de -8 à -11 m de profondeur, qui s'expliqueraient par le dragage des fonds pour la construction (**Figure IV.2**). L'analyse de la morpho-bathymétrie et de la circulation des masses d'eau de la baie de Biétry, entreprise par Monde et *al.* en 2011, a montré l'existence de chenaux qui se distinguent dans la baie.

La baie est alimentée par les courants marins et les arrivées d'eau continentales, notamment celles de la Comoé. Le flot a une vitesse maximale à -8,3 m de profondeur (**Figure IV.3**). Le jusant dure 1 h de plus que le flot. Le maximum de jusant est observé en profondeur (8,3 m) avec une vitesse de 0,70 m/s. On note une variation de vitesse entre les courants du fond et de surface. En profondeur, les courants sont tous giratoires et les eaux sont mal renouvelées (**Figure IV.4**). Ces analyses concordent avec les travaux antérieurs (Tastet, 1979; Gallardo, 1978, Pottier *et al.*, 2008) et montrent l'impact de la pression due aux activités humaines..

Cette baie présente une zonation géographique fonction de l'éloignement de la communication avec l'océan. Dans la partie occidentale de la baie, l'eutrophisation est moins marquée, alors que les caractéristiques hydrochimiques présentent des variations saisonnières plus accentuées (Guiral, 1984 ; Carmouze et Caumette, 1985). A mesure que l'on s'éloigne du canal de Vridi, et que le confinement devient le caractère dominant, l'enrichissement est plus important et tend à devenir permanent (Arfi *et al.*, 1989).

Les caractéristiques des eaux des baies suivent celles du bassin central, avec une certaine inertie, due à une entrave à la circulation des eaux, d'autant plus important que ces baies soient fermées et souvent obstruées par un seuil élevé. Aussi le brassage des eaux y est-il important, et son état d'oxygénation est très influencé par les rejets d'eaux usées. Enrichie par les apports domestiques, elle présente des caractéristiques d'eutrophisation excessive.

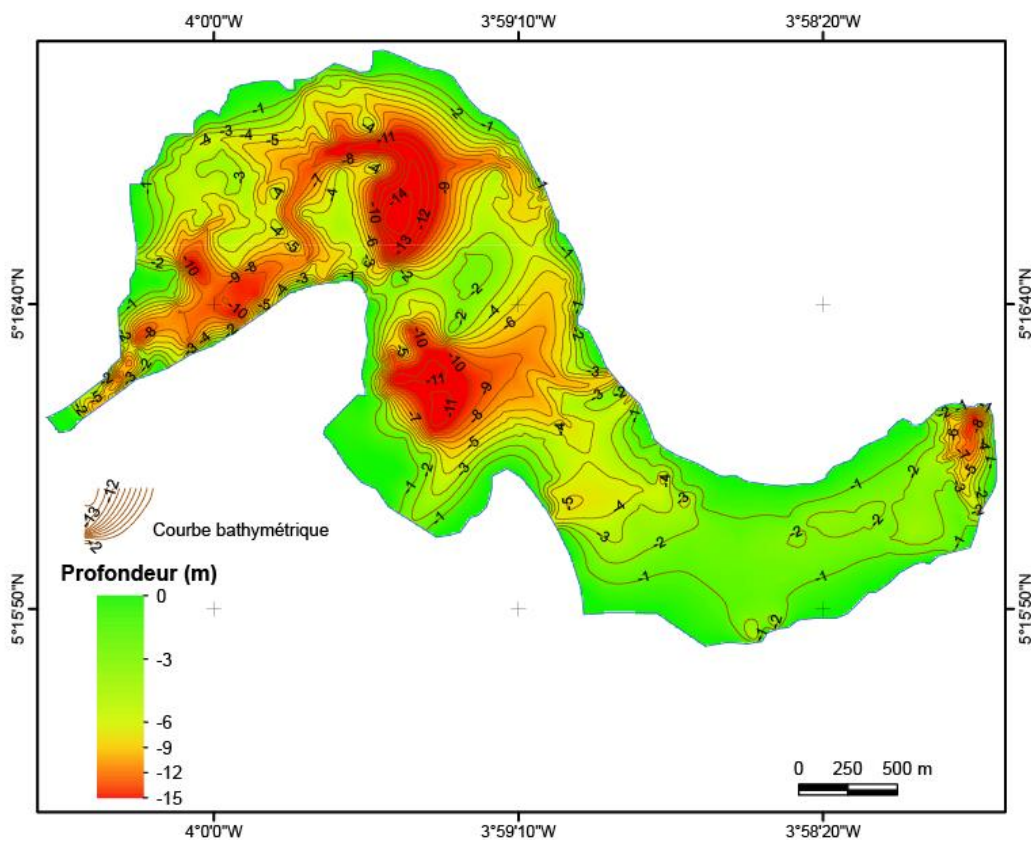
La situation de la baie continue à être préoccupante : la présence d'un taux élevé de coliformes et de streptocoques d'origine fécale a été observée en juin 1998 (Haskoning, 1999). En saison d'étiage, la plus grande partie de ses eaux sont suroxygénées. Son extrémité orientale peu profonde, à eaux quasi-stagnantes, et enrichies par les rejets des abattoirs de Port-Bouet, présente même des saturations de 150% le soir. Quelques zones plus limitées sont sous-saturées en surface. Deux autres zones de sous-saturation sont localisées autour des deux émissaires de deux entreprises les plus polluantes de la ville (Novo, 1974), une huilerie-savonnerie au Nord-ouest et les abattoirs au Sud-est. La répartition verticale de l'oxygène dissous, particulièrement bien étudiée dans la publication de Durfour et Slepoukha (1975), semble pouvoir être généralisée à toute les baies fermées.

En zone excessivement eutrophe, la pollution organique et la stagnation des eaux y favorisent une production végétale intense, surtout en dehors des périodes de crue. Il en résulte de fortes saturations en fin d'après-midi, suivies de sous-saturation en fin de nuit. En profondeur, il y a désoxygénation des eaux et dépôts de vases organiques toxiques chargées de composés

toxiques. Par contre, en zone eutrophe peu profonde, une sursaturation en oxygène le soir a été observée lors des visites de Dufour et Slepoukha (1975). Soit ces régions sont moins eutrophes que les précédentes par le fait qu'elles sont éloignées des égouts, soit leur faible profondeur favorisent le brassage de leur eau de surface avec celles du fond moins oxygéné.

Des mesures *in situ* et des analyses d'échantillons d'eaux prélevées en juin 2006 pendant les périodes de basse et haute marée (BM & HM) en baie de Biétry, ont montré que, pour la température, la salinité, le pH et la conductivité, les valeurs sont plus élevées en surface pendant la période de marée haute dans la partie orientale de la baie. Quant aux stations situées au centre et dans la partie occidentale de la baie, les valeurs sont hétérogènes.

En ce qui concerne les éléments nutritifs, les concentrations en azote ammoniacal et en nitrite sont variables dans toutes les stations de la baie aussi bien en basse et haute marée. Par contre, les teneurs relevées en nitrate dans les parties orientale, centrale et occidentale de la baie sont plus élevées en marée haute qu'en marée basse en surface comme en profondeur. C'est le cas inverse pour la plupart des stations échantillonnées en ce qui concerne les concentrations en ortho-phosphates.



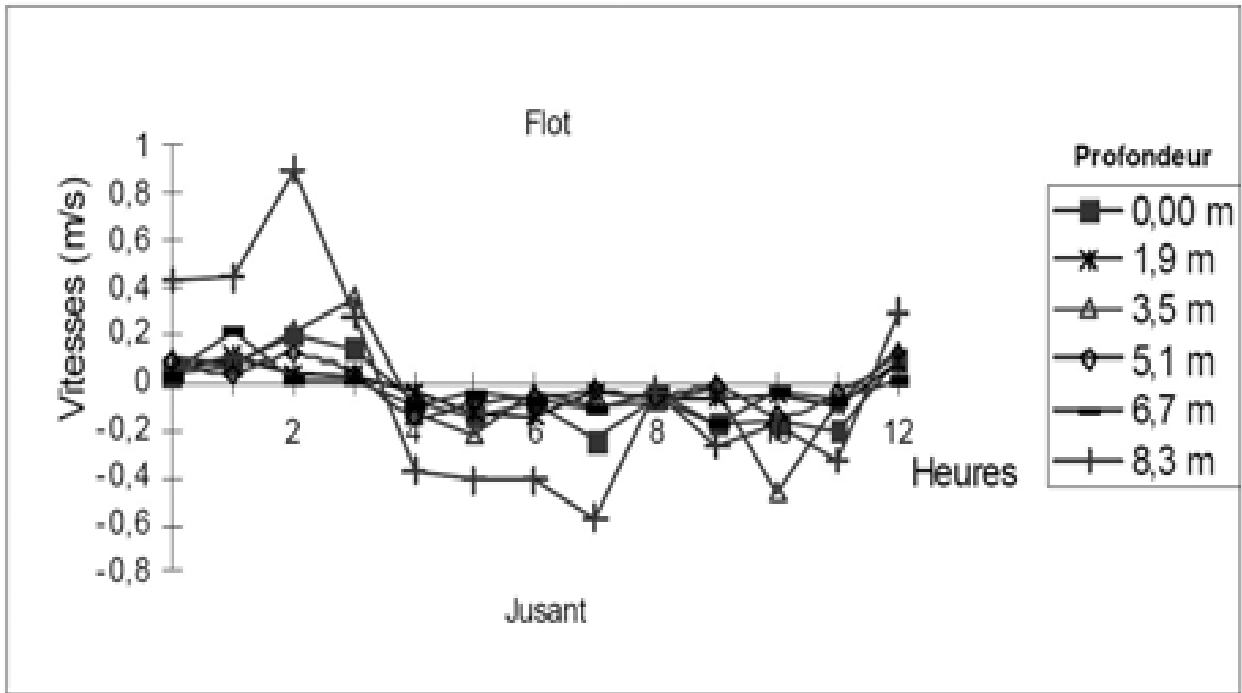


Figure IV.3 : Vitesses de courant en vive-eau dans la baie de Biétry.
(source : Monde *et al.*, 2011).

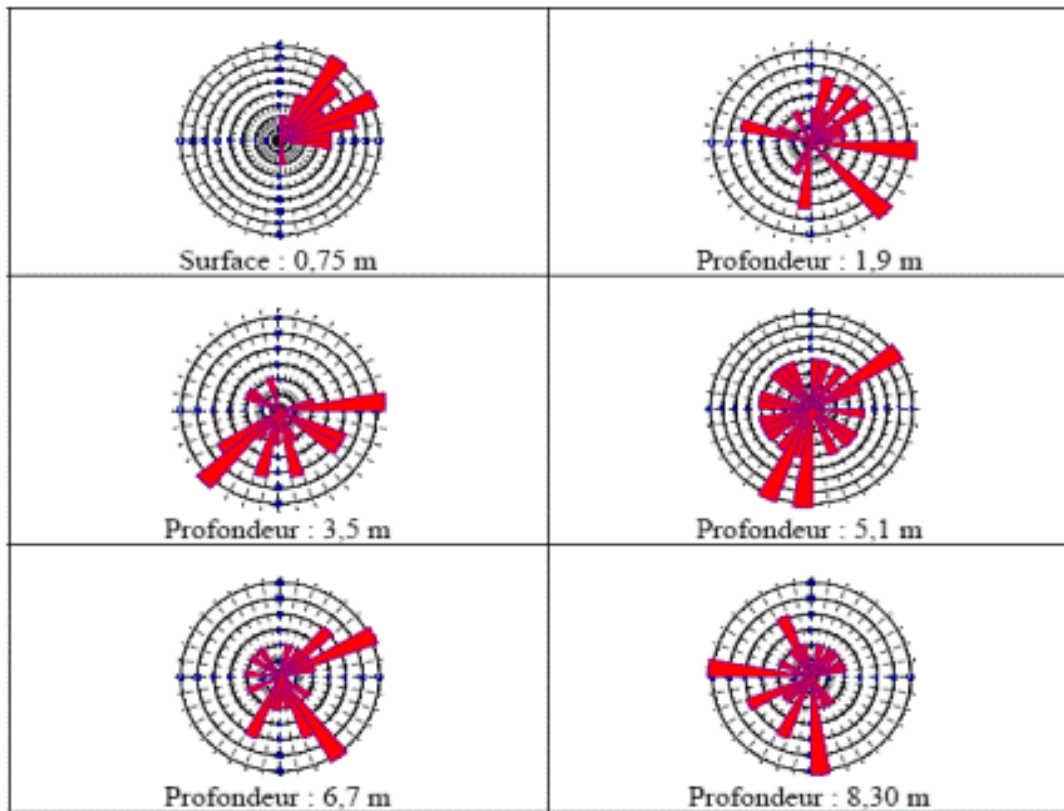


Figure IV.4 : Fréquences des directions des courants dans la baie de Biétry.
(source : Monde *et al.*, 2011).

IV.2 Description de la baie de Koumassi

La baie de Koumassi se situe dans la partie orientale du système lagunaire Ebrié. Cette partie est encombrée d'îles édifiées par les apports du fleuve Comoé (Tastet et Guiral, 1994). Dans sa configuration, la baie présente deux bras séparés par son chenal principal. Elle couvre une superficie de 5,9 km² pour un périmètre de 23,6 km.

Le chenal central dans cette zone a une profondeur moyenne comprise entre 2,5 et 4,75 m en dehors de la grande dépression de profondeur maximale 20 m au sud de l'île Désirée (Mondé, 2004). A proximité du chenal qui relie la baie de Koumassi à celle de Bietry, la carte bathymétrique présente dans l'ensemble des profondeurs faibles à moyennes de -0,5 à -5 m, aux alentours des berges (**Figure IV.5**). Les plus grandes profondeurs, entre -5 et -22 m, se concentrent dans la partie centrale. Les fonds de -20 et -22 m sont caractéristiques des fosses qui incombent sans doute aux activités anthropiques (dragage) (**Figure IV.6**). Cette variation morphologique des fonds serait en relation avec la forte activité de dragage dans la baie de Koumassi.

A l'instar de la baie de Bietry, les caractéristiques des eaux de la baie suivent celles du bassin central. La baie est plus alimentée par les arrivées d'eau continentales, notamment celles de la Comoé, que les courants marins. La situation bactériologique relève que la recherche de *Vibrio cholerae* 01 par les techniques d'immunofluorescence et du SMART test s'est avérée fructueuse dans la baie de Koumassi (Adingra *et al*, 2010).

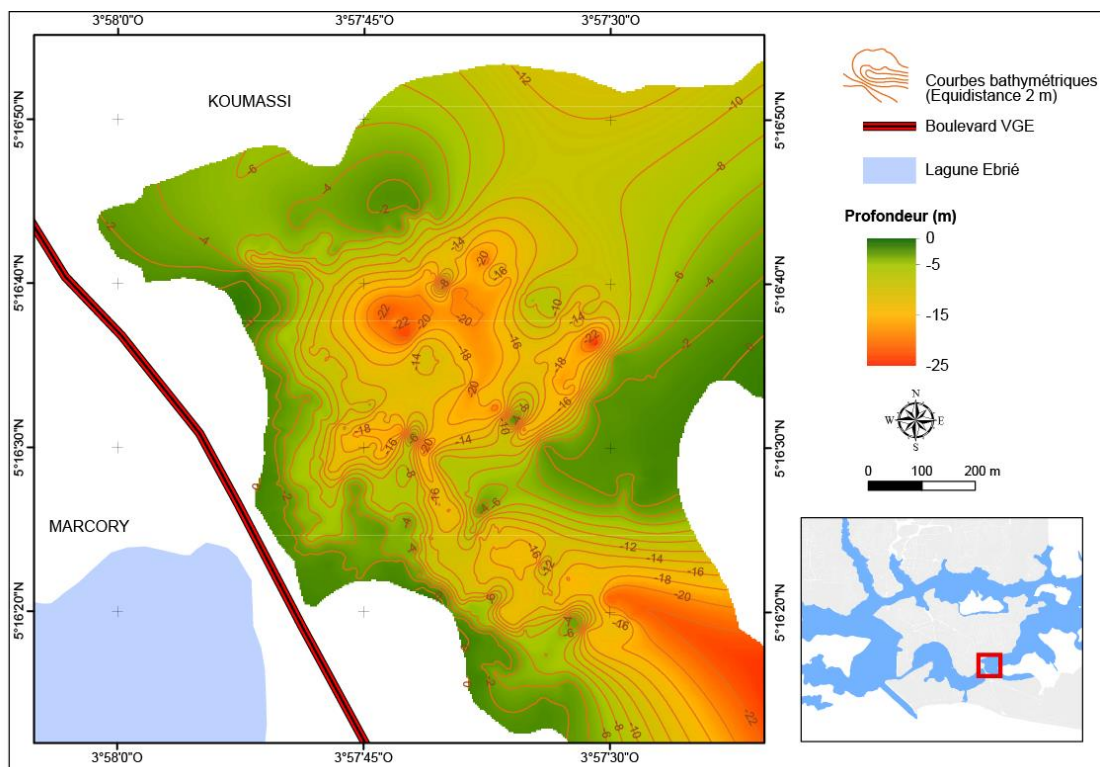


Figure IV.5: Bathymétrie la baie de Koumassi

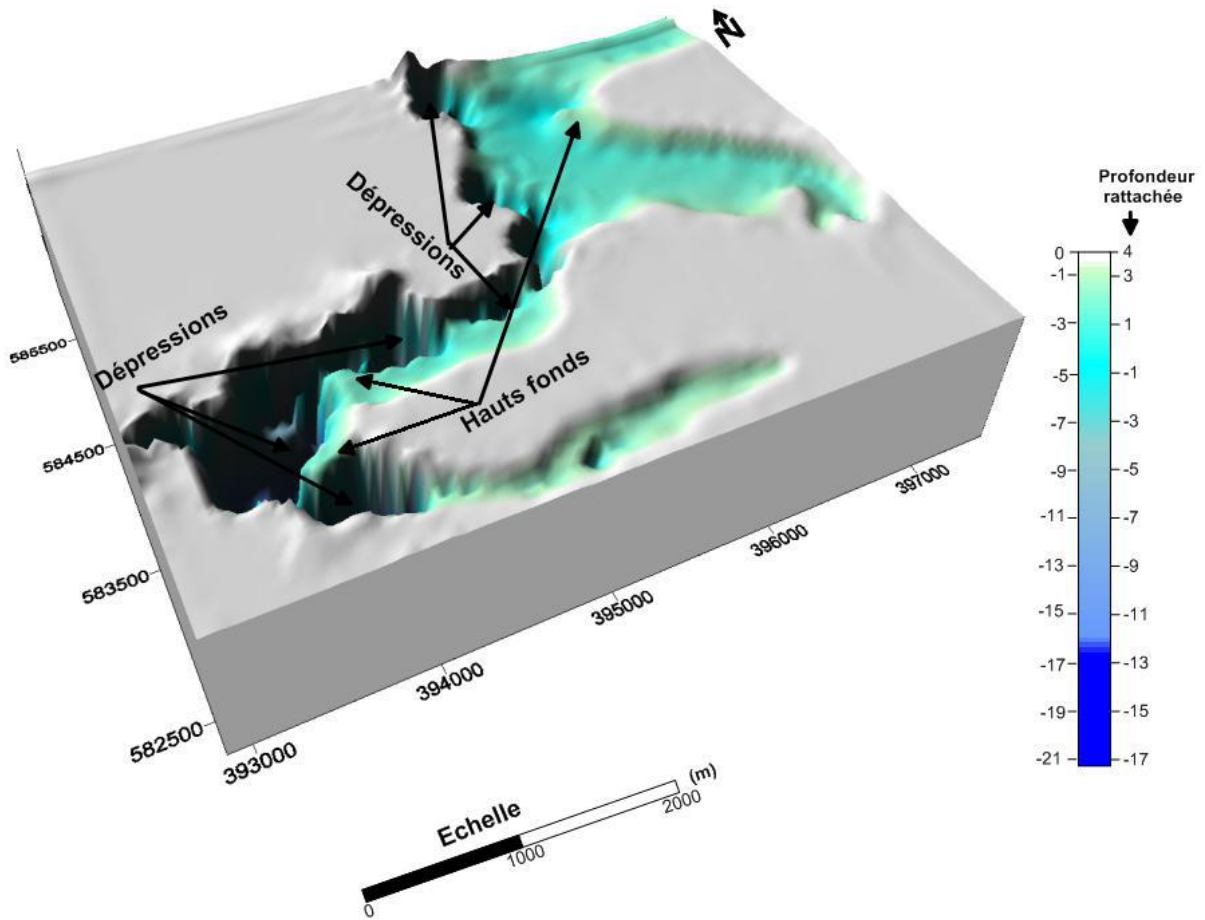


Figure IV.6 : Modèle numérique de terrain de la baie de Koumassi (Kouamé, 2017)

V. METHODOLOGIE DE TRAVAIL

La méthode utilisée dans cette étude se focalise sur le choix des stations d'échantillonnage, le prélèvement des échantillons d'eau & sédiments et la mesures *in situ* et en laboratoire des paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau et de sédiment. Elle vise la caractérisation physico-chimique et microbiologique des eaux (surface et souterraines) et des sédiments.

V.1. Choix et description des points de prélèvements et de mesures

Dans le cadre de l'étude du milieu aquatique de l'EIES du projet d'aménagement de l'échangeur du carrefour Akwaba, une campagne de terrain a été menée le 08 décembre 2017. Cette campagne a visé la connaissance de l'état initial du milieu aquatique dans la zone d'emprise du projet, notamment la détermination des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des eaux de surfaces (lagune : baies de Biétry et Koumassi) et souterraines (puits) ainsi que des sédiments (au niveau des eaux de surface).

Ainsi, six (06) stations de prélèvement et de mesures des eaux et des sédiments ont été retenues (**Figure V.1**). Les stations L1 & L2 puis L3 & L4 sont respectivement implantées dans les baies de Biétry et de Koumassi. Les stations P1 et P2 sont celles des eaux de puits (eau souterraine) des quartiers qui jouxtent les baies de Biétry et de Koumassi

Les coordonnées géographiques de ces stations de prélèvements et de mesures sont indiquées dans le **Tableau V.1** ci-dessous.

Tableau V.1 : Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage dans les baies de Biétry et Koumassi

| Stations de Prélèvements | Coordonnées GPS (d° min sec) | | Caractéristique des stations |
|--------------------------|------------------------------|--------------|---|
| | Longitude -O | Latitude-N | |
| L1 | 3°58'5.16"O | 5°16'17.05"N | Extrémité Est de la baie de Biétry-Berge Nord |
| L2 | 3°58'4.61"O | 5°16'2.66"N | Extrémité Est de la baie de Biétry - Berge Sud |
| L3 | 3°57'36.55"O | 5°16'35.05"N | Extrémité Ouest de la Baie de Koumassi-chenal central |
| L4 | 3°57'6.03"O | 5°16'9.39"N | Extrémité Ouest de la Baie de Koumassi-pointement Est |
| P1 | 3°57'50.03"O | 5°15'59.45"N | A proximité de la baie de Biétry |
| P2 | 3°57'35.98"O | 5°16'7.20"N | A proximité de la baie de Koumassi |

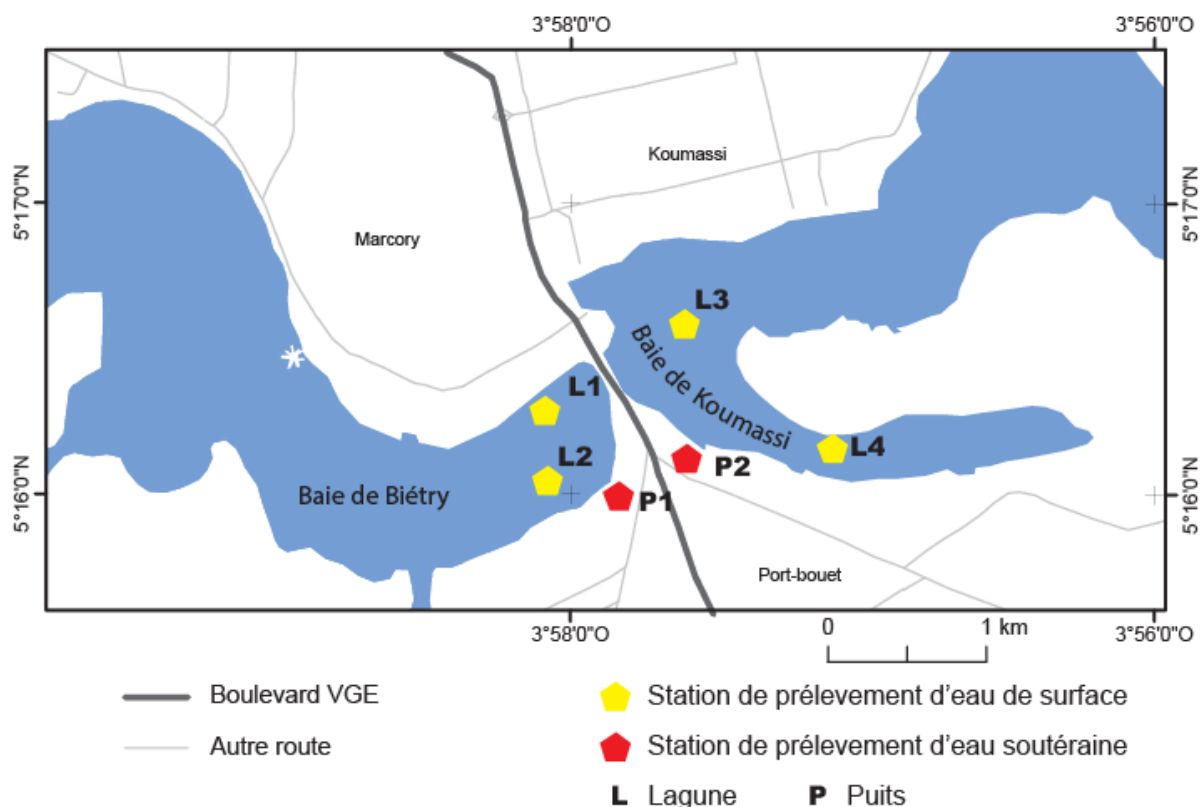


Figure V.1 : Localisation des stations de prélèvement

V.2. Prélèvement des échantillons d'eau et de sédiment

a) Prélèvement des échantillons d'eau et de sédiment en lagune (eaux de surface : baies de Biétry & Koumassi)

Les prélèvements d'échantillons d'eau ont été effectués dans les baies de Biétry et de Koumassi, pouvant être impactés par le projet. Selon la profondeur de la station, les prélèvements ont été faits dans la tranche d'eau, soit en surface (0,50 m) et à l'interface eau-sédiment pour les stations dont la profondeur excède 5 m (**Figure V.2**) et un prélèvement de surface pour les profondeurs n'atteignant pas 2 m. Cela a été le cas pour la station L4. Un total de sept (7) échantillons d'eau repartis sur 4 stations a ainsi été obtenu. Des flacons en plastique de 1L ont été utilisés respectivement pour les MES, les sels nutritifs et les DCO et DBO5. Des contenants de 250 mL ont été utilisés pour les éléments traces métalliques. Des flacons en verre de capacité 1L ont également été utilisés pour les prélèvements destinés à l'analyse des HAPs. Quant aux prélèvements pour les analyses microbiologiques, nous avons utilisé des flacons en verre borosilicaté de 500 mL préalablement stérilisés à l'étuve. Les échantillons sont conservés dans une glacière à 4°C pour les analyses ultérieures au laboratoire.

Les échantillons de sédiments ont été prélevés de façon synchrone aux prélèvements d'eau, au moyen d'une benne Van Veen en acier inoxydable. Chaque échantillon a été analysé *in situ* de façon macroscopique puis conservé dans un sachet en plastique étanche à l'eau. Ils sont

ensuite placés à l'obscurité dans une glacière pour le maintenir à une température inférieure à celle du remplissage en vue des traitements et analyses ultérieurs au laboratoire

b) Prélèvement des échantillons d'eau de puits (eaux souterraines)

Les prélèvements d'eaux souterraines se sont faits dans les puits domestiques jouxtant la zone du projet. Les critères de choix ont porté sur ceux d'entre eux qui font l'objet d'utilisation quotidienne par les riverains. Ainsi, deux puits ont été choisis. Les analyses de DCO et DBO5 n'ont pas été effectués car les puits n'étant pas destinés à accueillir des peuplements aquatiques.

V.3. Mesures et analyses des paramètres physico-chimiques et microbiologiques

Certains paramètres ont été mesurés *in situ* (**Figure V.3**) notamment les paramètres physico-chimiques tels que la température, le pH, la conductivité et la turbidité. Les matières en suspension (MES), les paramètres organiques (DCO et DBO5); les micropolluants organiques (HAPs), les éléments nutritifs (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}), la composition ionique (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , HCO_3^- , Cl^- et SO_4^{2-}), les métaux (Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn), les paramètres microbiologiques (coliformes thermotolérants, streptocoques fécaux, les vibrios et salmonelles) ont été analysés au laboratoire. Il faut noter que seuls les HAPs et les métaux ont été analysés à la fois dans les matrices eaux et sédiments. Les autres paramètres ont fait l'objet d'une analyse dans l'eau seulement. Les différents matériels et méthodes d'analyses d'eaux utilisés ont été consignés dans le **tableau V.2**



Figure V.2 : Prélèvement d'échantillon en profondeur à l'aide d'une bouteille Niskin dans la baie de Koumassi



Figure V.3 : mesure *in situ* de paramètres physiques en surface à l'aide d'un multiparamètre

Tableau V.2 : Matériels et méthodes d'analyses des différents paramètres environnementaux

| Paramètres | Matrice | Eléments de principes |
|-------------------------------------|---|---|
| pH | Eau | Mesure <i>in situ</i> au moyen du multiparamètre HACH HQ 40D |
| Oxygène dissous | | Mesure <i>in situ</i> au moyen du multiparamètre HACH HQ 40D |
| TDS | | Mesure <i>in situ</i> au moyen du multiparamètre HACH HQ 40D |
| Salinité | | Mesure <i>in situ</i> au moyen du multiparamètre HACH HQ 40D |
| Conductivité | | Mesure <i>in situ</i> au moyen du multiparamètre HACH HQ 40D |
| Température | | Mesure <i>in situ</i> au moyen du multiparamètre HACH HQ 40D |
| Turbidité | | Turbidimètre HACH 2100 Q IS |
| Transparence | | Mesure au Disque de Secchi |
| MES | | Pesée de masse du résidu retenu sur filtre GF/F (0,7 µm), séché à 105°C. |
| Nitrate | | Dosage colorimétrique sur spectrophotomètre - Méthode de réduction au cadmium (Méthode HACH 8171) |
| Nitrite | | Dosage colorimétrique sur spectrophotomètre DR 2400 – Méthode HACH 8507 |
| Ortho-phosphates | | Dosage colorimétrique sur spectrophotomètre DR 2400 à nm - méthode de Murphy et Riley (1962). |
| Ammonium | | Dosage colorimétrique sur spectrophotomètre DR 2400. – Méthode HACH 8155. |
| Sulfates | | Dosage colorimétrique par spectromètre Dr 2400Méthode au sulfaver 4 (Méthode HACH 8051) |
| HCO ₃ ⁻ | | Méthode titrimétrique selon la norme NF T90-036 (1977) (AFNOR, 1994) |
| Chlorures | | Méthode ISO 10304-1 : 2007 |
| Na ⁺ | | ICP-AES en respectant les différentes longueurs d'onde de chaque élément. |
| Ca ²⁺ | | |
| Mg ²⁺ | | |
| K ⁺ | | |
| DBO5 | Méthode NF EN ISO 1899-1 | |
| DCO | Méthode NF T 90101 | |
| Coliformes fécaux à 44°C/24h | Méthode par filtration sur membrane stérile en cellulose de porosité 0,45 µm NI 4612 : Directives pour le dénombrement des coliformes fécaux et d' <i>Escherichia coli</i> | |
| Streptocoques fécaux | Filtration sur membrane stérile en cellulose de porosité 0,45µm, méthode NF en ISO 7899-2 :2000. | |
| Salmonelle | Méthode Présence /absence MA-Sal-PA. 1.0 : 2013 | |
| Vibrioscholerae | Méthode de Filtration sur membrane stérile en cellulose de porosité 0,45µm, selon la norme NF en ISO 7899-2 :2000. | |
| Teneur en matière organique | Sédiment | Pesée différentielle du sédiment sec avant et après perte au feu (550°C pendant 4 heures). |
| Teneur en eau | nt | Pesée différentielle avant et après séchage en étuve |

| | | |
|--|----------------|--|
| Analyse macroscopique et granulométrique | | Description des sédiments à l'état brut pour déterminer leur nature |
| HAPs | Eau & Sédiment | Méthodes NF en ISO 15586 au GC-MS après extraction et purification des échantillons |
| Métaux lourds | | |
| Aluminium | | <i>ICP-OES de marque Perkin elmer.</i> <i>Méthode d'Analyse par spectrométrie d'émission atomique (ICP-AES) dont la source est plasma généré par couplage inductif selon la norme ISO 11885 :2009</i> |
| Cuivre | | |
| Cadmium | | |
| Manganèse | | |
| Zinc | | |
| Plomb | | |
| Fer | | |
| Chrome | | |

VI QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET MICROBIOLOGIQUE DES EAUX ET DES SEDIMENTS

Cette partie présente les résultats des différentes analyses effectuées sur le terrain et en laboratoire. Seuls les échantillons provenant des eaux souterraines (puits domestiques) ont fait l'objet d'une comparaison avec les normes OMS. Les valeurs guides OMS pour la qualité de l'eau concerne principalement les eaux destinées à la consommation humaine et non les eaux marines et saumâtres comme c'est le cas pour la lagune ébrié. Néanmoins, certains organismes tels que l'United States Environmental Protection Agency (US EPA), le Conseil Canadien des Ministres de l'Environnement (CCME) et autres en proposent pour certains paramètres. On a choisi les valeurs qui concernent la qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatiques ou celle afférant à la protection de l'eau destinée à des activités récréatives et de l'esthétique. Elles seront présentées en guise de comparaison.

VI.1. Les paramètres physico-chimiques des eaux

Les différents résultats de mesures et d'analyses des paramètres physico-chimiques des eaux sont consignés dans le **Tableau VI.1**.

Tableau VI.1 : Valeurs des paramètres physico-chimiques dans les eaux de surface et souterraines du projet Akwaba

| Stations | T°C (°C) | pH | Oxygène dissous (mg/L) | Turbidité (NTU) | Conductivité (µS/cm) | Salinité (‰) | TDS (mg/L) |
|-------------------------|-------------|----------------------------------|------------------------------|--|-------------------------|-----------------|---------------|
| Eaux souterraines | | | | | | | |
| P1 | 31,5 | 7,51 | 1,91 | 4,66 | 1156 | 0,5 | 496 |
| P2 | 29 | 7,73 | 3,06 | 4,15 | 432 | 0,19 | 192,6 |
| Normes CEE ; OMS | | 6-9 | | 0,4-5 | 0,4-1,5 | | 1000 |
| Lagune | | | | | | | |
| L1 S | 29,5 | 6,76 | 2,82 | 1,8 | 17030 | 9,11 | 8800 |
| L1 F | 28,9 | 7,19 | 1,5 | 3,1 | 27700 | 27,7 | 26700 |
| L2 S | 28,7 | 7,26 | 4,06 | 3,12 | 14790 | 7,84 | 7570 |
| L2 F | 28,1 | 7,14 | 0,75 | 2,5 | 25200 | 26,5 | 24700 |
| L3 S | 30,7 | 7,36 | 4,71 | 11,6 | 5280 | 2,53 | 2480 |
| L3 F | 29,4 | 7,17 | 0,87 | 1,64 | 17260 | 8,77 | 8660 |
| L4 S | 30,9 | 7,43 | 4,02 | 1,97 | 6110 | 2,92 | 2860 |
| Critères | | 6,5-8,7 CCME 2002 | - | 70 SEQ- Eau français 2003 | - | - | - |

VI.1.1. Température

Les températures en surface de la lagune varient entre 28,7°C (station L2) et 30,9°C (station L4) avec une valeur moyenne de 29,95°C. Les températures décroissent légèrement de la surface vers le fond avec des écarts faibles (0,6° C aux stations L1 et L2 à 1,3 °C à la station L3). Les eaux ont été chaudes en cette période qui correspond au début de la saison sèche. Il faut noter qu'une température élevée réduit la solubilité des gaz dans l'eau et en particulier les teneurs en oxygène et une température basse affecte l'autoépuration des eaux de surface.

Concernant les eaux souterraines, les températures sont comprises entre 29 et 31,5°C avec une moyenne de 30,25°C.

VI.1.2. pH

Le pH représente le degré d'acidité et d'alcalinité du milieu aquatique. Un pH compris entre 6 et 9 permet le développement à peu près correct de la faune et de la flore. Les organismes vivants sont très sensibles aux variations brutales même limitées du pH. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique tels que les équilibres ioniques des autres éléments en augmentant ou diminuant leur toxicité et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. De manière générale, les eaux marines sont alcalines (pH > 7) et les eaux douces continentales ont un pH plus ou moins acide (pH < 7). Selon le CCME (2002), pour les eaux saumâtres (les lagunes), les pH variant de 7 à 8,7 permettent une bonne protection de la vie aquatique.

Les valeurs du pH dans les eaux superficielles de lagune sont comprises entre 6,75 (station L1) et 7,43 (station L4) avec une valeur moyenne de 7,20. Les valeurs de pH diminuent de la surface vers le fond pour les stations L2 et L3. Par ailleurs, on observe une augmentation de la surface vers le fond à la station L1. Ce phénomène serait dû au phénomène d'Upwelling.

Les eaux de lagune dans leur ensemble sont légèrement basiques et dans l'état actuel sont propices au développement des organismes vivants selon le CCME (2002).

Quant aux eaux souterraines, les pH qui oscillent entre 7,51 (P1) et 7,73 (P2) sont basiques et respectent la norme OMS.

VI.1.3 Oxygène (O₂) dissous

Les valeurs d'oxygène dissous en surface de la lagune sont comprises entre 2,82 (L1) et 4,71 mg/L (L3). Les eaux de surface à cette période sont relativement oxygénées. Ces valeurs décroissent considérablement avec le fond pour atteindre 0,75 mg/L dans le fond (8 m) de la station L2.

Les eaux de puits sont également oxygénées avec des valeurs allant de 1,91 mg/L au puits P1 à 3,06 au puits P2.

VI.1.4 Conductivité

La conductivité renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau; c'est-à-dire l'état ionique de l'eau brute. Elle est influencée par plusieurs facteurs naturels et anthropiques dont la

géologie du bassin versant (composition des roches), les apports d'eau souterraine, la température de l'eau (conductivité élevée lorsque la température augmente), l'évaporation de l'eau des cours d'eau (qui augmente ou diminue la concentration d'ions dans l'eau).

Dans le cas de la lagune Ebrié qui est une eau saumâtre, sa conductivité est aussi influencée par les variations de débit des cours d'eau qui l'alimentent (Comoé ; Mé): la conductivité augmente lorsque le débit est faible, car il y a une plus grande concentration d'ions, et diminue lorsque le débit est élevé. Les apports d'eau contaminée provenant des activités humaines (agriculture, développement urbain, activités industrielles, etc.) influencent également la conductivité des eaux. Il en est de même des intrusions salines provenant de la mer à travers le canal.

En général, plus l'eau contient des ions comme les ions calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), sodium (Na^+), potassium (K^+), bicarbonate (HCO_3^-), sulfates (SO_4^{2-}) et les ions chlorure (Cl^-), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée.

Il ressort des résultats obtenus que les valeurs de la conductivité en surface observées dans les eaux de la lagune sont comprises entre 5280 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (station L3) et 17030 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (station L1). On observe que les eaux de lagune côté baie de Koumassi ont des conductivités inférieures à celles des eaux côté baie de Biétry. Les premières sont plus influencées par les entrées marines et les secondes par les eaux de la Comoé. Nous observons également un gradient croissant de la conductivité de la surface vers le fond avec une valeur maximale atteinte à la station L1 (27700 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Ces valeurs de conductivité sont caractéristiques des eaux saumâtres.

Les valeurs de conductivité rencontrées dans les eaux de puits sont comprises entre 432 et 1156 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Même si elles sont largement au-dessus des valeurs rencontrées dans le continental terminal, sont conformes à la norme OMS.

VI.1.5 Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopique). Une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension. En général, une eau claire a une turbidité inférieure à 5 NTU alors qu'une eau légèrement trouble a une turbidité comprise entre 5 et 30 NTU. On parle d'une eau trouble lorsque la turbidité dépasse 50 NTU.

Les valeurs de la turbidité de surface de la lagune varient entre 1,8 NTU (station L1) et 11,6 NTU (station L3). Les valeurs ne dépassant pas 70 NTU, on peut considérer que les eaux de la baie sont de bonne qualité vis-à-vis de ce paramètre selon SEQ-Eau français (**Tableau VI.1**). Dans les eaux de puits, les teneurs varient de 4,16 à 4,66 NTU. Certes, ces concentrations sont élevées pour des eaux souterraines mais elles sont inférieures à la valeur seuil de 5 NTU proposée par l'OMS.

VI.1.6 Salinité

Les valeurs de salinité sont comprises entre 0,01 et 0,02(‰). Ces valeurs sont caractéristiques des eaux douces.

Les valeurs de salinité à la surface des eaux de lagune sont comprises entre 2,53‰ à la station L3 et 9,11‰ à la station L1. On constate également une augmentation des teneurs de la surface vers le fond avec la plus forte valeur de fond (27,7 ‰) enregistrée à la station L1. Cette valeur proche de la moyenne enregistrée en mer(35‰) confirme l'influence marine de la baie de Biétry.

Dans les eaux souterraines, la valeur de salinité de 0,5‰ enregistrée à la station P1 est très élevée pour une eau destinée à la consommation humaine.

VI.1.7. TDS

Le total d'ions dissous (TDS) est constitué de sels inorganiques et les petites quantités de matières organiques qui sont dissous dans l'eau. Leurs principaux constituants sont habituellement les cations calcium, magnésium, sodium et potassium et les anions carbonate, bicarbonate, chlorure, sulfate et, en particulier dans les eaux souterraines, nitrate (en raison des utilisations agricoles).

Le total d'ions dissous (TDS) évolue dans le même sens que la minéralisation. Les eaux rencontrées dans la lagune étant fortement minéralisées (eaux saumâtres), il va s'en dire que les teneurs d'ions dissous seront très élevées. Elles sont comprises entre 2480 mg/L à la station L3 à 8800 mg/L à L1.

Dans les eaux souterraines, une teneur élevée est enregistrée dans le puits P1.

VI.2. Les éléments nutritifs et paramètres de pollution organique

Les résultats d'analyses des sels nutritifs (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-}) et des paramètres de pollution organique (DCO, DBO5 et MES) dans les eaux de lagune et de puits de la zone d'Akwabasont consignés dans le **Tableau VI.2**

Tableau VI.2 : Concentrations des eaux de lagune et des puits en éléments nutritifs, DCO, DBO5, MES dans le secteur Akwaba

| Stations | NH_4^+ (mg/l) | NO_3^- (mg/l) | NO_2^- (mg/l) | PO_4^{3-} (mg/l) | DCO (mg/l) | DBO5 (mg/l) | MES (mg/l) |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------|----------------|---------------|
| | Eaux souterraines | | | | | | |
| P1 | 2,4 | 0,9 | 0,002 | 7,28 | - | - | 15 |
| P2 | 0,02 | 2,5 | 0,003 | 0,36 | - | - | 3 |
| Normes CEE ; OMS | 0,50 | 50 | 0,10 | 5,0 | 30 | 3-7 | 15,0 |
| | Lagunes | | | | | | |
| L1S | 1,32 | 1,1 | 0,011 | 0,79 | 370 | 200 | 7 |
| L1F | 4,2 | 1,4 | 0,002 | 4,44 | 1140 | 600 | 6 |
| L2S | 0,86 | 1,1 | 0,002 | 0,84 | 250 | 100 | 9 |

| | | | | | | | |
|------------------------|--|--|--|--|---|---|---|
| L2F | 2,08 | 1 | 0,002 | 3,78 | 980 | 500 | 13 |
| L3S | 0,37 | 2,2 | 0,002 | 1,36 | 100 | 80 | 20 |
| L3F | 0,92 | 1,2 | 0,002 | 4,08 | 440 | 200 | 7 |
| L4S | 0,66 | 0,7 | 0,002 | 1,61 | 80 | 60 | 11 |
| Autres critères | 8 SEQ Eau, 2003 | 16 CCME, 2003 | 1 SEQ Eau, 2003 | 2 SEQ Eau, 2003 | 80 SEQ Eau, 2003 | 25 SEQ Eau, 2003 | 30 CCME 2002 |

VI.2.1 Eléments nutritifs (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-})

Les teneurs en éléments nutritifs des eaux de surface de la lagune sont relativement faibles et varient selon les stations. Les teneurs en nitrates (NO_3^-) sont comprises entre 0,7 (station L4S) et 2,2 mg/L (Station L3S). Ces valeurs sont presque homogènes avec celles du fond. Les valeurs rencontrées sont inférieures à 16 mg/L (3,6 mg/L N), la valeur de critère de non dépassement proposée par la CCME (2002) et qui concerne la protection de la vie aquatique aux effets chroniques des nitrates. Le même constat se fait au niveau des eaux souterraines où la valeur maximale enregistrée (2,5 mg/L) au puits P2 est largement inférieure à la valeur seuil de 50 mg/L proposée par l'OMS pour l'eau de boisson.

Les valeurs de nitrites (NO_2^-) sont très faibles et relativement homogènes. La valeur significative rencontrée dans les eaux de la lagune (0,011 mg/L) à la station L1S est négligeable face à la valeur de non dépassement (1 mg/L) proposée par le SEQ Eau français. Le même phénomène est observé dans les eaux souterraines.

Concernant l'ammonium (NH_4^+), des valeurs significatives ont été relevées aussi bien dans les eaux de la lagune que celles des puits. Ainsi, les concentrations de surface des eaux de la lagune varient de 0,37 (station L3S) à 1,32 mg/L (Station L1S). Ces valeurs augmentent significativement avec la profondeur pour atteindre une maximale de 4,1 mg/L dans l'échantillon de fond de la station L1. Dans l'ensemble, toutes ces valeurs d'ammonium rencontrées dans les eaux de lagune même si elles sont significatives sont inférieures aux valeurs guides respectives de 8 et la plage de 8,4 et 13,28 mg/L proposée par le SEQ Eau (2003) et l'US EPA (1989b) concernant les eaux saumâtres et marines ayant les mêmes caractéristiques physiques que les eaux de la lagune Ebrié. Dans les eaux souterraines, le puits P1 enregistre une teneur en ammonium de 2,5 mg/L, valeur supérieure à la norme de 0,5 mg/L admise par l'OMS.

Quant aux concentrations en ortho-phosphates des eaux de surface de la lagune, elles sont significatives et comprises entre 0,79 (station L1S) et 1,61 mg/L (station L4S). Généralement, ces valeurs augmentent avec la profondeur. C'est ce qui est observé à toutes les stations avec des valeurs comprises entre 3,78 et 4,44 mg/L qui sont supérieures à la norme (2 mg/L) proposée par le SEQ Eau (2003). Dans les eaux souterraines, le puits P1 avec une teneur de 7,38 mg/L dépassant la norme requise de 5 mg/L doit faire l'objet d'une attention particulière. Dans l'ensemble, les eaux du puits P1 et celles de fond de la lagune sont de mauvaise qualité car elles ne sont pas conformes aux normes proposées.

VI.2.2 Matières en suspension (MES)

Les MES sont constituées de toutes particules organiques ou minérales véhiculées par les eaux. Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiment arrachées par l'érosion, de divers débris apportés par les eaux usées ou pluviales très riches en MES, d'êtres vivants planctoniques notamment les algues. Elles représentent les éléments solides non dissous dans l'eau. Elles ont une incidence sur la composition chimique des eaux car leur surface peut concentrer certains produits toxiques dissous par des phénomènes d'adsorption ou d'échange d'ions (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...). Les sources des MES dans l'eau sont principalement liées à la pollution humaine, aux effets de l'érosion naturelle ou à de fins éléments d'origine organique ou inorganique.

La quantité de MES varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons.

Les valeurs de MES rencontrées dans les eaux de la lagune sont comprises entre 6 mg/L (L1F) et 20 mg/L (L3S). Ces valeurs sont inférieures à 30 mg/L, valeur de non dépassement proposée par le CCME (2002). Au niveau des eaux souterraines la valeur maximale de 15 mg/L rencontrée dans le puits P1 est la limite à ne pas dépasser, proposée par l'OMS.

VI.2.3 DCO et DBO₅

Les concentrations des eaux en DCO dans les eaux de la lagune sont élevées. Elles varient selon les stations et sont comprises entre 80 (station L4S) et 1140 mg/L (station L1F). De même, les valeurs en DBO₅ sont très variables selon la station et sont comprises entre 60 (station L4S) et 600 mg/L (station L1F) (**Tableau**). Ces valeurs de DCO et DBO₅, rencontrées dans la lagune, sont largement supérieures aux valeurs de non dépassement proposées par le SEQ- Eau français (2003) pour la bonne qualité de vie des organismes aquatiques et qui sont respectivement inférieures à 80 et 25 mg/L.

VI.3. Composition ionique des eaux

Les résultats d'analyses de la composition ionique des eaux concernent les eaux souterraines qui sont destinées à la consommation humaine. Ils sont consignés dans le **tableau VI.3**.

Tableau VI.3 : Composition ionique des eaux souterraines du projet Akwaba

| Stations | Ca ²⁺ (mg/l) | Mg ²⁺ (mg/l) | Na ⁺ (mg/l) | K ⁺ (mg/l) | HCO ₃ ⁻ (mg/l) | Cl ⁻ (mg/l) | SO ₄ ²⁻ (mg/l) |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---|---------------------------|---|
| P2 | 49,5 | 24,3 | 132 | 36,7 | 465,2 | 58 | 31 |
| P3 | 29,1 | 8,68 | 58,4 | 23,9 | 130,3 | 48 | 41 |
| Normes CEE ; OMS | 60-100 | 50 | - | 12 | - | 200 | 250 |

Cations

Les eaux naturelles contiennent beaucoup d'ions dissous dont les principaux sont le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), les carbonates (CO_3^{2-}), les bicarbonates (HCO_3^-), les sulfates (SO_4^{2-}), les chlorures (Cl^-) et les nitrates (NO_3^-). Ils proviennent pour l'essentiel du lessivage des sols par les eaux de pluie. Aussi, leur teneur dépend-elle directement de la nature géologique du bassin versant. Ils sont présents à des concentrations variables dans les eaux. Le magnésium, par exemple, élément très répandu dans la nature, dans de nombreux minéraux et dans les calcaires, présente des teneurs comprises entre 5 et 10 mg/L dans les eaux naturelles. Les chlorures, très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl_2), sont présents dans toutes les eaux de surface en faible concentration. La teneur en ions chlorures dépend fortement de l'origine de l'eau et de la nature du terrain.

Les sulfates, composés naturels des eaux, sont liés aux cations majeurs : calcium, magnésium et sodium. La plupart des sulfates sont solubles dans l'eau et leurs concentrations dans les eaux naturelles sont très variables, mais ne dépassent généralement pas le gramme par litre. Les sels de calcium se rencontrent dans presque toutes les eaux naturelles. Leur teneur dans l'eau, peut varier de 1 à 150 mg/L. Les ions calcium constituent l'élément cationique dominant des eaux superficielles. Le calcium et les bicarbonates sont arrachés aux sols par l'érosion et transportés vers l'océan par les cours d'eau.

Dans la zone d'étude, les concentrations en ions calcium (Ca^{2+}) dans les eaux de puits sont comprises entre 29,1 (P2) et 49,5 mg/L (P1). Ces valeurs sont dans la limite des normes OMS. Pour les ions magnésium (Mg^{2+}), la teneur maximale de 24,5 mg/L rencontrée dans le puits P1 est en dessous de la norme admise par l'OMS pour cet élément (50 mg/L). S'agissant du sodium (Na^+), les teneurs sont élevées et comprises entre 58,4 et 132 mg/L (P2). Les teneurs en potassium (K^+) comprises entre 23,9 et 36,7 mg/L sont également élevées. Elles se situent au-dessus de la norme de 12 mg/L proposée par l'OMS pour la bonne qualité de l'eau potable.

Anions

Les teneurs en bicarbonates (HCO_3^-) sont très élevées dans les eaux de puits et la valeur maximale de 465,2 mg/L se situe dans le puits P1 dont les eaux sont très minéralisées.

Les teneurs de Chlorures et Potassium sont également élevées mais sont conformes aux normes admises par l'OMS.

VI.4. Les métaux lourds dans les eaux et les sédiments de lagune

Les résultats d'analyses des métaux lourds dans les eaux et les sédiments sont consignés dans les **Tableaux VI.4 et VI.5**.

Les métaux sont parfois nécessaires pour le bon fonctionnement des êtres vivants (Fe, Cu, Zn, etc.). Dès que leur concentration devient significative, ils peuvent devenir très toxiques pour l'environnement. L'origine des pollutions aux métaux est généralement anthropique, essentiellement liée aux effluents industriels ou miniers. Les métaux lourds peuvent également être présents naturellement dans l'environnement. Les pollutions par des métaux sont aggravées par le fait qu'il existe peu de processus naturels d'élimination des métaux. En

cas de fortes concentrations, les métaux peuvent affecter l'ensemble de la chaîne alimentaire et donc présenter un risque toxique direct pour l'homme.

VI .4.1 Métaux lourds dans les eaux de puits et de lagune de la zone d'Akwaba

Dans les eaux souterraines du secteur Akwaba, pour les éléments traces métalliques étudiés, le Chrome (Cr), le Nickel (Ni), le Plomb (Pb) et le Zinc (Zn) sont à des teneurs en dessous de la limite de détection de l'appareil (**Tableau VI.4**). L'aluminium (Al), le Cuivre (Cu) et le Fer (Fe) se retrouvent à des teneurs respectives de 57 µg/L, 5,26 µg/L et 143 µg/L dans le puits P2. Le fer se retrouve également dans le puits P1 à une concentration notable de 240 µg/L ainsi que le manganèse à une teneur de 97,9 µg/L. Nous notons que ces différentes concentrations en métaux lourds rencontrées dans les eaux souterraines sont inférieures aux normes admises par l'OMS.

Tableau VI.4 : Teneurs en métaux des eaux de puits et de surface (lagune) de la zone d'Akwaba

| Stations | Al (µg /L) | Cr (µg /L) | Cu (µg /L) | Fe (µg /L) | Mn (µg /L) | Ni (µg /L) | Pb (µg /L) | Zn (µg /L) |
|--------------------------|---------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------|---------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Eaux souterraines | | | | | | | | |
| P1 | <50 | <5 | <5 | 240 | 97,9 | <50 | <10 | <50 |
| P2 | 57 | <5 | 5,26 | 143 | <50 | <50 | <10 | <50 |
| OMS | 200 | 50 | 2000 | 300 | 400 | 70 | 10 | 3000- |
| Eaux de lagunes | | | | | | | | |
| L1 | <50 | <5 | <5 | <50 | <50 | <50 | <10 | <50 |
| L2 | <50 | <5 | 7,87 | 91,1 | <50 | <50 | <10 | <50 |
| L3 | 90,7 | <5 | <5 | 288 | <50 | <50 | <10 | <50 |
| L4 | <50 | <5 | <5 | <50 | <50 | <50 | <50 | 73,8 |
| Autres critères | - | 50 US EPA (1998 a) | 3,7 US EPA (1998 a) | - | - | 83-390 US EPA (1998 a) | 8,5-390 US EPA (1998 a) | 86,5-390 US EPA (1998 a) |

Concernant les eaux de lagune, les éléments tels que le chrome, le Nickel, le Manganèse et le Pb se retrouvent également à des concentrations inférieures à la limite de détection de l'appareil de mesure. L'aluminium est présente seulement à la station L3 à une teneur de 90,7 µg/L. le fer se retrouve à des teneurs respectives de 91,8 et 288 µg/L aux stations L2 et L3. Le Zinc est présent seulement dans l'échantillon d'eau de la station L4 à une teneur de 73,8 µg/L, légèrement inférieure à la gamme de valeur préconisée par l'US EPA (1998 a) qui se situe entre 86,5 et 390 µg/L.

Quant au cuivre, la valeur de 7,87 µg/L rencontrée à la station L2 est largement supérieure à la valeur guide de 3,7 µg/L, proposée par l'US-EPA (1998 a).

En somme, les eaux des environs d'Akwabadans leur grande majorité sont pauvres en métaux lourds dans cette période de l'année.

VI.4.2 Métaux dans les sédiments de lagune de la zone Akwaba

Les résultats d'analyses des métaux lourds dans les sédiments sont consignés dans le **Tableau V.5**. Ces sédiments sont essentiellement des sables vaseux et des vases sableuses riches en débris animaux (pachymelania, reste de bivalves...), végétaux et domestiques, gris à noirâtre. Les caractéristiques des sédiments analysés sont consignées dans le **Tableau V.6**

Dans les sédiments de lagune située dans les environs d'Akwaba, les éléments métalliques tels que le cuivre, le manganèse, le nickel et le plomb sont absents. Les teneurs de chrome comprises entre 32,2µg/kg (L3) et 85,3µg /kg (L1) avec une moyenne de 48,85µg/kg sont élevées et supérieures à la limite inférieures de la gamme de valeurs guide proposées par l'US-EPA. Les teneurs en aluminium enregistrées dans les sédiments des stations L1 (141 µg /kg) et L3 (154µg/kg) sont également élevées et supérieures à la limite inférieures des valeurs guide proposées par l'US EPA. Les concentrations en fer sont très élevées et comprises entre 3020µg /kg (L4) et 12100 µg /kg (L1). Ces teneurs enregistrées sont largement supérieures aux normes proposées par l'US-EPA. Le zinc est présent dans tous les échantillons de sédiment de lagune à des teneurs élevées et comprises entre 99,8 µg /kg (L4) et 6080 µg /kg (L1).

En sommes, les concentrations en métaux des sédiments sont très élevées pour certains éléments tels que le zinc, l'aluminium, le chrome et le fer dont les valeurs pour les trois derniers éléments cités dépassent les normes admises par l'US-EPA.

Tableau VI.5 : Teneurs en métaux dans les sédiments de la lagune

| Stations | Al (µg /kg) | Cr (µg /kg) | Cu (µg /kg) | Fe (µg /kg) | Mn (µg /kg) | Ni (µg /kg) | Pb (µg /kg) | Zn (µg /kg) |
|------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------|
| L1 | 141 | 85,3 | <5 | 12100 | <50 | <50 | <10 | 6080 |
| L2 | <50 | 41,5 | <5 | 4030 | <50 | <50 | <10 | 2830 |
| L3 | 154 | 32,2 | <5 | 14700 | <50 | <50 | <10 | 1110 |
| L4 | <50 | 36,4 | <5 | 3020 | <50 | <50 | <10 | 99,8 |
| CRITERES (µg /L) | | | | | | | | |
| Critères | 86,5-390 US EPA (1998 a) | 8,5-390 US EPA (1998 a) | 50 US EPA (1998 a) | 83-390 US EPA (1998 a) | 9,3 US EPA (1998 a) | 3200 MDEQ (2008) | 3,7 US EPA (1998 a) | - |

Tableau VI.6 : Caractéristiques macroscopiques des sédiments des stations des baies de Bietry et de Koumassi

| Stations de Prélèvements | Coordonnées GPS (d° min sec) | | Caractéristique des stations | Caractéristique des sédiments |
|--------------------------|------------------------------|---------------|---|---|
| | Longitude -O | Latitude-N | | |
| Lagune 1 (L1) | 3°58'5.16"O | 5°16'17.05"N | Extremité Est de la baie de Bietry-Berge Nord | vase sableuse fluide avec débris végétaux et animaux (coquille) |
| Lagune 2 (L2) | 3°58'4.61"O | 5°16'2.66"N | Extremité Est de la baie de Bietry - Berge Sud | vase sableuse fluide avec débris animaux (coquille) |
| Lagune 3 (L3) | 3°57'36.55" O | 5°16'35.05" N | Extremité Ouest de la Baie de Koumassi-chenal central | Sable vaseux noirâtre riche en débris domestiques (plastiques) |
| Lagune 4 (L4) | 3°57'6.03" O | 5°16'9.39" N | Extremité Ouest de la Baie de Koumassi-pointement Est | Sable, vaseux, gris riche en débris animaux (|

VI.5 Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs)

VI.5.1 Les HAPs dans les eaux

Les résultats d'analyses des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) dans les eaux ont été consignés dans le **Tableau VI.7**

La plupart des HAPs analysés ont été détecté à des teneurs très faibles dans les échantillons d'eaux souterraines de la zone d'étude. En effet, le 1, 1'-Biphénol 4-méthyl, benzo(g, h, i)pyrène, le naphthalène et le Benzo (g, h, i) pyrène sont absents des échantillons.

Par ailleurs, sur les sept (7) HAPs considérés comme cancérigènes (en italique dans le tableau), trois (3) d'entre eux sont absents des échantillons d'eaux souterraines. Il s'agit du Benzo (b)fluoranthène, du Benzo (k)fluoranthène et du Dibenzo (a, h) anthracène. Quant aux quatre (4) autres restants, le Benzo (a) anthracène et l'Indéno (1, 2, 3, c, d) anthracène sont présents dans le puits P1 ; le Chrysène et le Benzo (a) pyrène se retrouvent dans le puits P2. Ces teneurs rencontrées sont toutes largement supérieures aux valeurs guides proposées par l'US EPA.

Dans les eaux de lagunes, tous les HAPs analysés sont présents à l'exception du 1, 1'-Biphénol 4-méthyl, benzo(g, h, i) pyrène.

En effet, l'Acénaphthène, le Fluorène, le Phénanthrin, l'Anthracène, le Fluoranthène et le Pyrène se retrouvent dans tous les échantillons à des teneurs très faibles qui sont nettement en dessous des valeurs admises par les normes US EPA. Néanmoins, on y retrouve les HAPs cancérigènes à des concentrations supérieures aux normes admises par l'US EPA (2006 a)

dont la limite supérieure est de 0,0038 µg/L. Il s'agit d'abord, du Benzo (a) anthracène qu'on retrouve dans tous les échantillons d'eau de lagune de la zone à des teneurs homogènes de 0,0131 µg /L. Ensuite, le Chrysène, le Benzo (b) fluoranthène, le Benzo (k) fluoranthène, le Benzo (a) pyrène et le Dibenzo (a,h) anthracène se retrouvent dans les échantillons des stations L1 et L2 situées dans la baie de Biétry. Enfin, l'Indéno (1,2,3,c,d) anthracène se retrouve aux stations L1, L2 et L3.

Ces valeurs élevées, en HAPs cancérigènes, pourraient résulter des combustions incomplètes de matières organiques d'origine naturelle et/ou anthropique (feux de forêts ou de brousses, bois, charbon, etc.) des échappements des véhicules à moteurs (trafic routier, bateaux, hors-bords, etc.), des rejets diffus ou accidentels (fuite de carburants et autres huiles issues des véhicules à moteurs, déversement accidentel de produits pétroliers lors de leur transport ou de leur transvasement, etc.), des déchets urbains ou industriels acheminés par les pluies et les eaux de lessivage. Les HAPs provenant des combustions des matières organiques peuvent être dispersés dans l'atmosphère par adsorption sur les particules atmosphériques et se retrouver dans les eaux de surface suite aux retombées atmosphériques.

En conclusion, nous pouvons dire que les eaux de surface et souterraines analysés de la zone d'étude renferment dans leur ensemble des concentrations élevées de HAPs considérés comme cancérigènes donc pas aptes à la consommation humaine et à la bonne santé des écosystèmes aquatiques selon les normes US EPA (2006a).

Tableau VI.7: Concentration des HAPs en µg/L dans les eaux souterraines et de lagune de la zone d'étude

| Stations | Naphtalène | Acénaphthylène | Acénaphthène | Fluorène | 1,1'-Biphényl, 4-méthyl | Phénanthrène | Anthracène |
|------------------------------|-------------|----------------|--------------|-------------|-------------------------|--------------|-------------|
| Eaux souterraines | | | | | | | |
| P1 | 0 | 0 | 0,000642 | 0,00104 | 0 | 0,002368 | 0,002046 |
| P2 | 0 | 0,000848 | 0,000446 | 0,00109 | 0 | 0,002484 | 0,002138 |
| Eaux de lagune | | | | | | | |
| L1 | 0,005856 | 0,001044 | 0,00053 | 0,001752 | 0 | 0,00241 | 0,002808 |
| L2 | 0,000846 | 0,001508 | 0,001314 | 0,001558 | 0 | 0,003818 | 0,006796 |
| L3 | 0 | 0 | 0,001488 | 0,001158 | 0 | 0,002424 | 0,002112 |
| L4 | 0 | 0 | 0,000506 | 0,001146 | 0 | 0,002316 | 0,002022 |
| Critères US EPA 2006a | 0,02 | - | 200 | 1100 | - | - | 8300 |

Tableau VI.7 (suite)

| Stations | Fluoranthène | Pyrène | Benzo (a) anthracène | Chrysène | Benzo (b) fluoranthène | Benzo (k) fluoranthène | Benzo (a) pyrène |
|----------|--------------|--------|----------------------|----------|------------------------|------------------------|------------------|
| | | | | | | | |

| Eaux souterraines | | | | | | | |
|--|------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| P1 | 0,002762 | 0,002842 | 0,013112 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P2 | 0,002684 | 0,002844 | 0 | 0,010848 | 0 | 0 | 0,01672 |
| Eaux de lagune | | | | | | | |
| L1 | 0,003648 | 0,002858 | 0,013182 | 0,011382 | 0,06675 | 0,02232 | 0,016684 |
| L2 | 0,004102 | 0,002866 | 0,013382 | 0,011084 | 0,010742 | 0,010786 | 0,068634 |
| L3 | 0,00265 | 0,002826 | 0,013092 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| L4 | 0,002692 | 0,002856 | 0,013102 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Critères US EPA 2006a | 130 | 830 | 0,0038 | 0,0038 | 0,0038 | 0,0038 | 0,0038 |

Tableau VI.7 (suite)

| Stations | Benzo (a) phenan thridin | Indéno (1,2,3,cd) anthracène | Dibenzo(a, h) anthracène | Benzo(g, h,i) pyrelène | HAPs Totaux |
|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------|
| Eaux souterraines | | | | | |
| P1 | 0,01365 | 0,011346 | 0 | 0 | 0,0498 |
| P2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0402 |
| Eaux de lagune | | | | | |
| L1 | 0,013464 | 0,011552 | 0,017814 | 0,011296 | 0,2053 |
| L2 | 0,063778 | 0,011886 | 0,020646 | 0,052574 | 0,2863 |
| L3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,025 |
| L4 | 0,015538 | 0,012524 | 0 | 0 | 0,0572 |
| Critères US EPA 2006 a | - | 0,0038 | 0,0038 | - | |

VI.5.2 HAPs dans les sédiments de lagune

Les résultats d'analyses des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) dans les sédiments de lagune ont été consignés dans le **Tableau VI.8**

La présence ou non de HAPs est fonction de la station et du type d'Hydrocarbures. Les concentrations rencontrées dans les sédiments sont supérieures à celles rencontrées dans les eaux.

Tous les HAPs ont été retrouvés dans les sédiments de lagune à l'exception du 1,1'-Biphenyl, 4-methyl.

Pour les HAPs détectés, ces valeurs sont dans l'ensemble, largement inférieures aux valeurs guides proposées par le CCME et la CEE pour les éléments ayant des normes.

Tableau VI.8: Concentration des HAPs en µg/kg dans les sédiments de lagune de la zone d'étude

| Stations | Naphtalène | Acénaphthylène | Acénaphthène | Fluorène | 1,1'-Biphénol, 4-méthyl | Phénanthrène | Anthracène |
|---------------------------|------------|----------------|--------------|----------|-------------------------|--------------|------------|
| L1 | 0,005856 | 0,001044 | 0,00053 | 0,001752 | 0 | 0,00241 | 0,00281 |
| L2 | 0,000846 | 0,001508 | 0,001314 | 0,001558 | 0 | 0,003818 | 0,006796 |
| L3 | 0,001262 | 0,003644 | 0,009408 | 0,011484 | 0 | 0,007216 | 0,099878 |
| L4 | 0,000676 | 0,00134 | 0,000466 | 0,0068 | 0 | 0,007222 | 0,093242 |
| Normes CCME et CEE | - | - | - | - | - | - | - |

Tableau VI.8 (suite)

| Stations | Fluoranthène | Pyrène | Benzo (a) anthracène | Chrysène | Benzo (b)fluoranthène | Benzo (k)fluoranthène | Benzo (a) pyrène |
|---------------------------|---------------|------------|----------------------|----------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| L1 | 0,003648 | 0,002858 | 0,013182 | 0,011382 | 0,06675 | 0,022232 | 0,016684 |
| L2 | 0,004102 | 0,002866 | 0,013382 | 0,011084 | 0,010742 | 0,010786 | 0,068634 |
| L3 | 0,003844 | 0,003096 | 0,013086 | 0,01094 | 0,010498 | 0,010646 | 0,016696 |
| L4 | 0,00339 | 0,002998 | 0,01309 | 0,010882 | 0,01141 | 0,01141 | 0,010652 |
| Normes CCME et CEE | 83-200 | 530 | - | - | 170 | 14 | 32-760 |

Tableau VI.8 (suite)

| Stations | Benzo (a)phénanthridin | Indeno (1,2,3,cd) anthracène | Dibenzo (a, h)anthracène | Benzo (g, h,i) pyréline | HAPs totaux |
|---------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------|
| L1 | 0,013464 | 0,011552 | 0,017814 | 0,011296 | 0,2052 |
| L2 | 0,043778 | 0,011886 | 0,020646 | 0,052574 | 0,2662 |
| L3 | 0,10461 | 0,012386 | 0,01787 | 0,010932 | 0,3475 |
| L4 | 0,016706 | 0,052716 | 0,033432 | 0,010948 | 0,2874 |
| Normes CCME et CEE | - | 200-560 | 32 | 140 | - |

VI.6. Germes indicateurs de contamination fécale et pathogènes

Les résultats d'analyses microbiologiques portées sur la recherche des indicateurs de pollution fécale (coliformes fécaux et streptocoques fécaux) ainsi que des germes pathogènes que sont les vibriochlorae et les salmonelles (**Tableau VI.9**) dans les eaux de lagune montrent une présence, dans toutes les stations, de ces germes à des concentrations très élevées pour certaines.

Concernant les eaux souterraines, seules les indicateurs de pollution fécale ont été étudiés. A ce niveau, les eaux des deux puits échantillonnés contiennent également des coliformes fécaux à des concentrations élevées.

Les eaux de lagune et de puits de la zone d'Akwaba ne respectent pas les normes fixées par le CCME et la CEE pour les différents paramètres microbiologiques étudiés. La prolifération de germes dans les eaux de surface est essentiellement due au lessivage des sols souillés, aux effluents des industries et aux eaux de ruissellement, etc.

Tableau IV.9: Densité des germes indicateurs de contamination fécale et pathogènes dans les eaux de la zone d'Akwaba

| Stations | Charges bactériologiques (UFC/100 mL) | | | |
|-------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | Coliformes fécaux | Streptocoques fécaux | Vibrio | Salmonella |
| P1 | 8,25 10 ² | NA | NA | NA |
| P2 | 2,43 10 ³ | NA | NA | NA |
| L1 | 2,17 10 ³ | 3,6 10 ² | 1,56 10 ⁴ | + |
| L2 | 2,37.10 ³ | 3,8.10 ² | 2,34.10 ⁴ | + |
| L3 | 2,49 10 ³ | 2,6 10 ² | 1,86 10 ⁴ | + |
| L4 | 4,2 10 ² | 1,2 10 ² | 3,2 10 ³ | + |
| Normes OMS | 10 | 10 | Absence | Absence |

N.A : Non applicable

VII- IDENTIFICATION ET ANALYSE DES IMPACTS POTENTIELS DU PROJET

La réalisation du projet d'aménagement de l'échangeur carrefour Akwaba aura des impacts positifs directs et indirects sur le trafic urbain et interurbain dans le District d'Abidjan, partant les activités socio-économiques. En effet, la réalisation du projet permettra d'améliorer les conditions de circulation (fluidité du trafic, gain de temps, etc.) sur cette grande artère très sollicitée par les automobilistes.

En outre, la réalisation du projet aura également un effet bénéfique sur les entreprises dès lors qu'il y aura un élargissement significatif de l'offre de biens et service de ses aires de marché potentielles et sur la création d'emplois temporaires pour les jeunes en quête d'emplois.

VII.1. Impacts positifs liés à la phase des travaux

VII.1.1. Impacts sur le milieu physique

Le projet tel que conçu, n'aura aucun impact positif significatif ni sur le climat, ni sur le microclimat de la zone du projet. Parallèlement, le projet dans sa conception actuelle n'aura aucune incidence positive sur le relief, le paysage, la géologie et le sol de la zone du projet. En outre, aucun impact positif significatif n'est à signaler sur la qualité de l'air, sur l'état acoustique et sur l'état de la sécurité routière.

VII.1.2. Impact sur le milieu aquatique

Pendant la phase des différents travaux, il n'y aura aucun impact positif significatif à signaler sur les eaux de surface, notamment sur les eaux des baies de Biétry et Koumassi, et les eaux souterraines.

VII.1.3. Impact sur le milieu biologique

Il n'y aura pas d'impact positif du projet sur le milieu biologique (végétation et faune) pendant la phase des travaux dans la mesure où l'aménagement du carrefour Akwaba se réalisera dans une zone pratiquement dépourvue de végétation en dehors de celle des berges.

VII.1.4. Impact sur le milieu humain

Le projet tel que conçu aura un impact positif certain sur le milieu humain. Au niveau de la population et de la vie sociale, la phase des travaux sera une source d'emplois temporaires pour les populations d'Abidjan et en particulier pour la jeunesse en quête d'emplois. Les retombées économiques de ces emplois seront ressenties dans certains ménages.

Le développement des activités génératrices de revenus constitue le principal impact positif de cette phase. En effet, on notera l'installation de petits commerces (vente de nourriture et de biens de consommations divers) à proximité du chantier. Le projet va créer également des emplois à plusieurs niveaux dont le nombre et les qualifications seront fixés par l'entreprise et leurs sous-traitants en fonction de leurs besoins au cours des travaux.

On notera la création d'emplois temporaires à plusieurs niveaux, notamment, le recrutement de plusieurs contractuels et main-d'œuvre par l'entreprise et ses sous-traitants et la création d'emplois temporaires non qualifiés, notamment le gardiennage, la surveillance des dispositifs liés à la circulation en alternance et parfois l'exécution manuelle de petits travaux (terrassment, etc.) pouvant être confiés aux jeunes sans-emplois. Enfin, le recrutement de plusieurs cadres moyens et supérieurs, en majorité des nationaux (personnel clé de l'entreprise titulaire du marché des travaux, personnel de consultants chargés du contrôle et de la surveillance des travaux et personnel des sous-traitants).

Au niveau du transport et du cadre de vie, aucun impact positif, n'est à signaler sur le transport ni sur les éléments du cadre de vie des populations, à savoir l'hygiène, la santé et la sécurité pendant cette phase.

VII.2. Impacts négatifs et mesures d'atténuation pendant la phase de travaux

Des impacts négatifs sur le milieu physique, biologique et humain seront engendrés lors des travaux d'aménagement de l'échangeur carrefour Akwaba. Il s'agit, entre autres, des émissions de poussières et de pollutions atmosphériques qui affecteront la qualité de l'air, des nuisances acoustiques liées à la circulation des engins de chantier, des risques de contamination des sols et des ressources hydriques liés aux accidents probables avec des produits dangereux utilisés. En outre, l'on pourra s'attendre aux risques de dégradation des milieux naturels dus aux rejets d'eaux usées et de déchets solides du chantier et aux risques de détérioration de la qualité des eaux de la lagune Ebrié et particulièrement dans les baies de Biétry et Koumassi (augmentation de la turbidité, pollutions diverses).

VII.2.1. Impact sur le milieu physique

VII.2.1.1. Données climatiques

Le projet, dans ces différentes composantes, tel que conçu, n'aura pas véritablement d'incidences négatives significatives sur le climat. Il n'est pas non plus prévu de défrichements suffisamment importants pour modifier sensiblement le microclimat d'autant plus que le projet se localise dans une zone urbanisée.

VII.2.1.2. Relief, paysages, géologie et sols

Pendant la période des travaux, le relief et le paysage de la zone du projet présenteront un visage moins dégradant car nous sommes dans un paysage déjà urbanisé. Au niveau des zones de prélèvement des matériaux (graveleux latéritique, sable et concassé de granite) le microrelief local, le paysage, la géologie et les sols, qui ne sont pas dans la zone immédiate de réalisation du projet, seront affectés négativement par les prélèvements de matériaux provenant de carrières et de zones d'emprunts de graveleux sélectionnés.

Les talus de déblais devraient être revêtus pour éviter l'érosion avec des matériaux. Cette action permettra d'éviter des érosions au droit des surfaces dénudées temporairement.

VII.2.1.3. Impact de l'ouverture des carrières et des zones d'emprunt de graveleux

L'exploitation des carrières (graviers et sables) aura des incidences négatives relativement limitées sur l'évolution pédologique. Néanmoins, il existe des risques inhérents à cette exploitation tels que les pollutions accidentelles de nappes phréatiques au droit du gisement, les bris de glace des véhicules, la génération de poussière lors des terrassements généraux et concassage et les bruits et projectiles.

En outre, les matériaux provenant d'emprunt seront en quantité relativement importante puisqu'ils doivent servir pour les travaux de l'échangeur et sur les voies connexes. Il est sûr et certain que l'exploitation des carrières aura un impact négatif très significatif sur la végétation et le sol des différents sites retenus.

Les entrepreneurs devront respecter la législation en vigueur pour l'exploitation des carrières et l'extraction du sable. La carrière fournissant les matériaux de base devra avoir été autorisée au regard du Code minier ivoirien. Ils devront rechercher les emplacements les moins contraignants pour le milieu naturel afin de minimiser cet impact. L'augmentation de la pollution de l'air par les poussières est un impact modéré ou mineur selon les conditions de travail.

VII.2.2. Impact sur le milieu biologique terrestre

VII.2.2.1. Impact sur la végétation et la faune

Il faut souligner que la végétation de l'emprise de la zone du projet étant presque qu'inexistante, en dehors quelque rare végétation par endroit sur les berges des baies, la mise en œuvre du projet dans ses différentes composantes n'aura aucun impact négatif additionnel direct. Par contre, l'ouverture des zones d'emprunt de graveleux ou de sable est un facteur potentiel de dégradation de la végétation à court terme.

En outre, du fait de l'inexistence d'une faune véritable dans l'emprise du projet (notamment la macrofaune), hormis la macrofaune domestique, aucune incidence négative majeure n'est à redouter. Néanmoins, les sites d'emprunts et carrières, qui seront choisis pour le prélèvement des différents matériaux latéritiques et graviers, devront faire l'objet d'une attention particulière à cause des incidences probables sur la population faunique de la zone.

VII.2.2.2. Impacts sur la qualité des eaux et sur la biodiversité aquatique

Lors des travaux de terrassement, de décapage, une quantité importante de mottes de terre, de gravats et autres matériaux pourrait être amenée dans les baies de Biétry et Koumassi, augmentant ainsi considérablement la turbidité des eaux. Aussi, le remblaiement par endroit des berges lagunaires pour des travaux d'élargissement de voie ne demeure pas en reste. Ces activités entraîneront la dégradation de la qualité des eaux et par suite des perturbations sur les populations biologiques (zooplancton, benthos, poissons, etc.). Cet impact sera temporaire. Un suivi régulier des paramètres physiques et de pollution sera nécessaire et indispensable pendant et après la construction de l'ouvrage.

En outre, les impacts négatifs sur le milieu lagunaire Ebrié et particulièrement dans les baies de Biétry et Koumassi, porteront sur des risques de pollutions liés aux rejets accidentels probables de produits dangereux (huiles, lubrifiants, bitume, produits pétroliers, etc.), suite à une mauvaise manutention de produits toxiques, à un accident d'engin, à l'entretien et réparation d'engins. Cela pourrait entraîner la baisse ou perte de la biodiversité floristique et faunique du milieu naturel ou la mortalité directe des communautés biologiques (poissons, oiseaux, communautés benthiques, etc.). Compte tenu de la forte vulnérabilité de ce milieu récepteur très sensible, une attention particulière devrait être lui être portée.

Les unités de stockage des produits hydrocarbonés seront, soit des réservoirs soit, des fûts en surface placés dans les zones de confinement appropriées afin d'éviter tout déversement ou rupture du réservoir et un minimum de risques d'incendie. Des équipements de nettoyage de tout déversement devront être prévus.

Les zones de stockage des produits inflammables (bitumes, lubrifiants et autres produits dérivés de la pétrochimie) doivent disposer d'un équipement d'urgence adéquat maintenu en bon état de fonctionnement. Les dépôts éventuels de produits huileux et pétroliers seront conçus de façon rigoureuse en vue d'éviter les écoulements sur le sol et dans le milieu aquatique.

Pour les sols contaminés par les carburants et les lubrifiants, une aire spéciale sera réservée pour le traitement éventuel des sols contaminés par les produits pétroliers. Ils seront excavés et placés dans des bacs de confinement étanche et décontaminés à l'aide de solvants. Les sols contaminés par les carburants et les lubrifiants devront être traités et évacués dans des dépotoirs autorisés.

VII.2.3. Impact sur le milieu humain

VII.2.3.1. La population et la vie sociale

Pendant la phase des travaux, les populations seront également confrontées aux mouvements et déplacements et particulièrement aux nuisances sonores et atmosphériques, aux risques d'accident liés au déplacement des engins. Le projet affectera certainement des personnes ayant un bâti détruit ou endommagé dans le cadre de la libération de l'emprise.

Afin de réduire les émissions de poussière provenant des circulations d'engins et du transport de matériaux, il faudra, régulièrement mener des actions d'arrosage sur les pistes adjacentes aux zones habitées. Les dépôts provisoires de remblais ou déblais pourraient également nécessiter leur humidification. En outre, des mesures pratiques pour limiter ces émissions atmosphériques comprendront une planification efficiente du déroulement des travaux et le bon fonctionnement des engins, l'utilisation d'inhibiteurs de poussières et l'entretien préventif du matériel.

Le risque d'émission acoustique accrue durant la phase des travaux pourrait être réduit en utilisant des engins aux normes en matière de bruit et des silencieux sur tous les moteurs et véhicules et, en surveillant le réglage des moteurs des engins. Il sera conseillé aux riverains affectés par les travaux de déplacer les installations sensibles au bruit.

VII.2.3.2. Les activités économiques

La phase des travaux affectera l'exercice des activités commerciales et le fonctionnement des services administratifs, s'il en existe, identifiés dans l'emprise immédiate. Leur délocalisation, même temporaire, entraînera des perturbations dans leur déroulement normal, si leur relocalisation n'est pas réalisée avant le début des travaux.

VII.2.3.3. L'habitat et les équipements

Les bâtis situés dans l'emprise du projet seront détruits pendant la phase des travaux. En outre, les travaux risquent également de perturber les différents réseaux de raccordements (SODECI, CIE, Téléphonie etc.).

Pour la destruction de ces bâtis, l'utilisation d'engins lourds et de techniques inadaptées à la fragilité de l'environnement pourrait avoir pour conséquence la déstabilisation du milieu. Il

faudrait, pour atténuer cet impact, utiliser des engins et des techniques adaptés afin d'éviter la déstabilisation de la berge lagunaire.

Les propriétaires fonciers de bâtis détruits et les riverains du chantier en cas de constatation de dégâts divers (préjudices, suspension de jouissance...) par les travaux devront être indemnisés au titre des expropriations conformément aux procédures d'acquisition dictées par la législation en vigueur.

VII.2.3.4. Impact sur le transport et la sécurité routière

Les travaux d'aménagement de l'échangeur carrefour Akwaba occasionneront la perturbation au niveau de la circulation des populations et des véhicules dans la zone du projet pendant la phase des travaux. En effet, la circulation au niveau des communes Marcory, Zones III & IV, Port Bouet, Bietry, principalement en direction de l'aéroport et de Grand Bassam et généralement dans la zone du projet risque d'être très encombrée par les nombreux véhicules de transport de matériaux d'approvisionnement du chantier et autres engins de travaux.

Les éventuels accidents impliquant les usagers et les piétons doivent être envisagés avec une forte probabilité à cause de la densité de la circulation sur le tronçon de route concernée par l'aménagement et sur les voies de déviation qui seront identifiées par les autorités compétentes, et surtout de la persistance du non-respect des règles élémentaires du code de la route. La circulation des populations et des usagers faisant le trajet Aéroport/ Grand-Bassam/ Port-Bouet - Marcory / Treichville / Plateau / Cocody /Adjamé et *vice versa* sera fortement perturbée voire même désorganisée. En effet, la voie principale actuelle sera entièrement encombrée par les travaux.

Un plan de circulation des engins devra être élaboré de manière à permettre la plus grande mobilité et l'accessibilité des riverains. Ce plan sera renforcé par la mise en place d'une signalisation claire des chantiers et pistes d'accès. Une signalisation appropriée devra être mise en place pour les passages à hauts risques d'accidents. Les aires de travaux seront clairement balisées. La vitesse des engins sera limitée sur les chantiers et les sites des travaux localisés sur la voie publique pour éviter les accidents de circulation.

VII.2.3.5. Impact sur le cadre de vie des populations

Les travaux vont soulever des quantités importantes de poussières fines dans le voisinage du chantier. Ces poussières affecteront les populations riveraines ainsi que le personnel du chantier qui vont en respirer une grande quantité avec des risques élevés de contracter des affections respiratoires.

En outre, l'amoncellement des déchets des travaux tels que les déblais, les remblais, les gravats et les déchets verts, va gêner les populations. Le choix des sites pour l'évacuation de ces déchets risque d'occasionner des conflits ou des contestations.

Afin de réduire les émissions de poussière provenant des circulations d'engins et du transport de matériaux, il faudra, régulièrement mener des actions d'arrosage sur les pistes adjacentes aux zones habitées. En outre, des mesures pratiques pour limiter ces émissions atmosphériques comprendront une planification efficiente du déroulement des travaux, l'utilisation d'inhibiteurs de poussières, l'utilisation d'engins aux normes en matière de bruit et l'entretien préventif du matériel.

Grâce à la mise en œuvre de ces mesures, le risque d'une altération de la santé publique, à la suite d'une exposition à court terme ou à long terme, serait négligeable.

VII.2.3.6. Impact visuel des chantiers et des bases vie.

L'environnement visuel sera sensiblement modifié par l'amoncellement des déchets des travaux tels que les déblais, les remblais et les gravats et par la présence visuelle du chantier et de la base vie; ce qui constituera une gêne supplémentaire pour les riverains. Ces différents déchets devront être stockés ou évacués vers des dépotoirs autorisés.

Le **tableau VII.1** ci-dessous donne la synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase des travaux

Tableau VII.1: Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'aménagement de l'échangeur carrefour Akwaba

| Composante du milieu affecté | Activité/Source d'impact | Nature de l'impact | Mesure d'atténuation |
|------------------------------|---|--|---|
| Sol | Décapage, déblais, dépôt | Dégradation par imperméabilisation | Révégétalisation après travaux |
| | Ouverture et exploitation des emprunts et carrières et rectification de tracé | Dénueement et accélération de l'érosion | Revêtement des talus de déblais. |
| | Entretien des équipements | Pollution par déchets liquides et solides | Suivi régulier des paramètres de pollution |
| Paysage | Destruction de bâtis | Déstabilisation du sol | Utilisation d'engins adaptés afin d'éviter la déstabilisation des berges |
| | Installation base-vie | Modification temporaire ou définitive | |
| | Ouverture et exploitation sites emprunts et carrières (gravier et sable) | Dégradation de la végétation des berges | Révégétalisation après travaux |
| | Amoncèlement de déchets des travaux (déblais, remblais, gravats et déchets verts) | Dégradation du paysage et pollution visuelle | Respect de la législation en vigueur par les entrepreneurs (Code minier ivoirien). |
| Air / Bruit | | Gêne des populations riveraines | Evacuation des déchets vers des dépotoirs appropriés |
| | | Conflits ou contestations des riverains. | |
| Air / Bruit | Terrassement, décapage, déblais, excavation, remblais | Emission de poussière, gaz d'échappement et pollution sonore | Planification efficiente du déroulement des travaux et le bon fonctionnement des engins |
| | Transport de matériaux | | Humidification des dépôts provisoires de remblais ou déblais Utilisation d'inhibiteurs de poussières et d'engins aux normes en matière de bruit. |

Tableau VII.1 (suite) : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'aménagement de l'échangeur carrefour Akwaba

| Composante du milieu affecté | Activité/Source d'impact | Nature de l'impact | Mesure d'atténuation |
|------------------------------|--|---|---|
| Eau | Prélèvement pour travaux | Risque de pollution accidentelle des plans d'eau lagunaire (baies de Biétry et Koumassi) | |
| | Rejets des déchets liquides | Contamination et/ou pollution possible des plans d'eau lagunaire (baies de Biétry et Koumassi) | Mise en place d'un dispositif d'intervention très rapide et de récupération des sols pollués en cas d'accident pour éviter de polluer les ressources hydriques |
| | Manipulation du carburant | | Suivi de la qualité des eaux des baie de Biétry et Koumassi et environnantes de la zone du projet |
| | Terrassement, décapage, déblais, excavation, remblais | Dégradation de la qualité des eaux (augmentation de la turbidité) et des habitats des communautés biologiques | Réduction de la vitesse d'écoulement de surface Suivi de la qualité des eaux des baie de Biétry et Koumassi |
| Faune aquatique | Rejets des déchets solides et liquides accidentels dangereux | Perturbation de la biodiversité aquatique suite à la dégradation des habitats | Suivi régulier des paramètres physiques et de pollution pendant et après la construction de l'ouvrage. |
| | | Baisse ou perte de la biodiversité faunique | Utilisation de réservoirs ou de fûts placés dans les zones de confinement appropriées pour le stockage des produits dangereux Eviter tout écoulement de produits huileux sur le sol Traitement des sols contaminés par les produits pétroliers et évacués dans des dépotoirs autorisés. |

| | | | |
|-----------------------------|--|--|--|
| Faune terrestre | Ouverture de zones d'emprunt et carrière | Perturbation de biodiversité terrestre de la zone | Etablissement des bases vie à l'écart des secteurs sensibles et d'habitations de manière à éviter tout risque de pollution du sol et des écosystèmes aquatiques. Suivi régulier des paramètres relatifs à la qualité de l'eau |
| Habitat / équipement | Libération de l'emprise | Destruction ou endommagement éventuelle de bâtis | Dédommagement des personnes au titre des expropriations ou des dommages |
| | | Perturbation des différents réseaux de raccordements (SODECI, CIE, Téléphonie etc.). | Elaboration d'un programme de concertation et de collaboration avec les partenaires spécialisés dans la préparation et réalisation des travaux |

Tableau VII (suite) : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'aménagement de l'échangeur carrefour Akwaba

| Composante du milieu affecté | Activité/Source d'impact | Nature de l'impact | Mesure d'atténuation |
|---|--|---|--|
| Santé | Terrassement et travaux divers | Exposition aux maladies respiratoires dues à la poussière (riverains et personnel de chantier) | Arrosage régulier des pistes adjacentes aux zones habitées Planification efficace du déroulement des travaux Utilisation d'inhibiteurs de poussières et d'engins aux normes en matière de bruit. |
| | Présence de personnel de chantier | Risque d'accident de circulation | Signalisation claire et appropriée des chantiers |
| Activités économiques | Fonctionnement du chantier | Petites activités (ventes) autour du chantier Perturbation des activités commerciales et administratives dans l'emprise immédiate. | Dédommagement si possible et nécessaire |
| Foncier | Ouverture de zones d'emprunt et carrière | Perte de terre | |
| Sécurité routière et circulation | Transport de matériaux | Risque d'accident usagers et populations | Etablissement d'un plan de circulation des engins Interdiction ou limitation d'accès aux sites du chantier Signalisation claire et appropriée des chantiers et pistes d'accès |
| | Fermeture des voies de circulation sur le boulevard de Marseille | Perturbation de la circulation Déviation des voies de circulation | Mise en place d'une signalisation claire des chantiers et pistes d'accès. Limitation de vitesse des engins sur les chantiers et les sites des travaux localisés sur la voie publique. |
| | Présence de matériels de chantier | Difficulté de déplacements des populations Mise en place de dispositifs de sécurité | Prévoir des déviations |

VII.3. Impacts pendant la phase d'exploitation de l'échangeur carrefour Akwaba

VII.3.1. Impacts positifs liés à la phase d'exploitation de l'infrastructure routière

VII.3.1.1. Impact sur le milieu physique

Pendant la phase de mise en service et d'exploitation de l'échangeur, il n'y aura pas d'impacts positifs à signaler sur le climat; le relief, la géologie, et les sols, l'hydrologie et les ressources en eau, la qualité de l'air, et la situation acoustique.

VII.3.1.2. Impact sur le milieu aquatique

Pendant la phase de mise en service et d'exploitation de l'échangeur, il n'y aura pas d'impacts positifs à signaler sur le milieu aquatique lagunaire, notamment les baies de Bietry et Koumassi.

VII.3.1.3. Impact sur la sécurité routière

Les conditions de circulation routière seront nettement plus fluide et plus sécurisantes pour les usagers.

VII.3.1.4. Impact sur le milieu biologique terrestre

Aucun impact positif n'est à signaler sur le milieu biologique (végétation et faune).

VII.3.1.5. Impact sur le milieu humain

Le projet tel que conçu aura pour principal avantage, d'assurer une fluidité du trafic et une sécurité routière entre Port Bouet, Grand Bassam et les autres quartiers de l'agglomération d'Abidjan.

VII.3.1.6. Impacts sur le transport

L'aménagement de l'échangeur carrefour Akwaba facilitera le déplacement des personnes et des biens entre les différents quartiers de l'agglomération d'Abidjan. En effet, les caractéristiques de l'échangeur, permettront de réduire l'embouteillage à cette intersection aux heures de pointe et d'améliorer les conditions de circulation qui seront nettement facilitées et plus sécurisantes pour les usagers. Ce qui contribuera au rayonnement général de la ville d'Abidjan.

VII.3.2. Impacts négatifs liés à la phase d'exploitation de l'échangeur carrefour Akwaba

Les impacts négatifs significatifs du projet pendant la phase d'exploitation demeurent tout de même mineurs, dans la mesure où le projet constitue plutôt une avancée en matière de circulation routière pour les usagers du boulevard VGE. Il facilitera l'accès au Port Autonome et des autres quartiers d'Abidjan.

VII.3.2.1. Impact sur le milieu physique

Aucun impact négatif significatif n'est à signaler au niveau du climat, du relief, de la géologie et des sols.

VII.3.2.2. Impact sur les baies de Biétry, Koumassi et des environs

L'usure de la chaussée et des pneumatiques et les émissions de gaz d'échappement vont engendrer une pollution chronique. Des métaux lourds, des hydrocarbures, des huiles, etc. seront régulièrement rejetés sur la chaussée et transportés hors des voies par les vents et les eaux de ruissellement vers les baies de Biétry, Koumassi et des environs.

Ces polluants, fixés sur les particules solides, affecteront surtout les eaux superficielles et s'accumuleront dans les sédiments. Cet impact perceptible à long terme, se traduit par une contamination des différentes composantes de l'environnement que sont le milieu naturel, le sol, les organismes aquatiques (poissons, benthos, etc.).

Il existe également un risque de pollution accidentelle par déversement de matières polluantes ou dangereuses. Ce risque, quoique réel doit être tempéré, car il dépendra du volume du trafic sur le boulevard VGE.

Les impacts dommageables sur la qualité des eaux de la lagune Ebrié et notamment dans les baies de Biétry et Koumassi seront néanmoins négligeables à cause de la dilution et si un plan de suivi régulier des paramètres physico-chimiques du milieu lagunaire est envisagé ainsi que la mise en œuvre de mesures d'étanchéification des accotements pour éviter toute infiltration de substance polluante dans la zone non saturée en cas d'accident.

VII.3.2.3. Impact sur l'état de la qualité de l'air

La circulation routière est la principale source de monoxyde de carbone et contribue largement à l'accumulation des photos oxydantes dans certaines zones urbaines. Les principaux polluants caractéristiques des émissions au niveau du pot d'échappement sont: le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote, les hydrocarbures volatils, les poussières contenant du plomb et des hydrocarbures, les aldéhydes, l'anhydride sulfureux pour les moteurs diesel.

L'augmentation du trafic routier, au niveau du boulevard provoquera localement une détérioration de la qualité de l'air à cause des gaz d'échappement issus des véhicules et autres poids lourds empruntant les voies. Les incidences négatives de la circulation de véhicules à moteur sur la santé, bien qu'aucune statistique ne soit disponible, peuvent être les nuisances sensorielles, l'irritation des voies respiratoires, des yeux et quelques fois de la peau et autres effets toxiques généraux.

Les mesures d'atténuation consisteront, entre autres, à respecter les règles du code de la route et à utiliser des véhicules en bon état de fonctionnement. L'élaboration et la mise en œuvre d'un programme de suivi de la qualité de l'air et des niveaux de bruit devront être entreprises.

VII.3.2.4. Impact sur l'état acoustique

Le bruit peut être un facteur aggravant de maladie cardiaque et de surmortalité chez les personnes déjà malades. L'augmentation du trafic routier va provoquer des nuisances sonores relativement importantes pour les populations riveraines. Cet impact sera néanmoins négligeable. Cela ne nécessitera pas une installation d'un dispositif spécial de protection.

VII.3.2.5. Impact sur la sécurité routière

L'aménagement de l'échangeur va permettre un accroissement de la circulation des usagers et une fluidité du trafic. Les usagers pourront circuler en toute sécurité. En outre, les véhicules auront tendance à rouler plus vite, exposant ainsi les populations riveraines et autres usagers aux risques accrus des accidents de la circulation (collisions, ramassage de piétons) dus à la traversée du boulevard VGE. Les grandes victimes des accidents risquent d'être les piétons et les usagers imprudents ou indéliçats à cause de la proximité des zones habitées.

Les mesures d'atténuation consisteront à respecter les règles du code de la route, à limiter et à contrôler les vitesses des véhicules, à instaurer des campagnes de sensibilisation des populations riveraines et à retenir les véhicules dans l'emprise routière par des barrières de sécurité et à construire de pistes ou passages piétons.

VII.3.2.6. Impacts sur le milieu biologique terrestre

Aucun impact négatif significatif n'est à signaler sur le milieu biologique.

VII.3.2.7. Impact sur la population et la vie sociale

Les populations seront également exposées aux bruits et à la pollution atmosphérique liée à la fluidité et à l'accroissement du trafic.

Pour réduire les nuisances liées à la pollution sonore et atmosphérique, il serait nécessaire d'élaborer et mettre en œuvre un programme de suivi de la qualité de l'air et des niveaux de bruit.

Le **tableau VII.2** ci-dessous donne les impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'exploitation du boulevard de Marseille.

Tableau VII.2 : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'exploitation de l'échangeur Carrefour Akwaba

| Composante du milieu affecté | Activité/Source d'impact | Nature de l'impact | Mesure d'atténuation |
|--|--|--|---|
| Eaux, sol, sédiments, organismes aquatiques | Usure de la chaussée et des pneumatiques et émissions de gaz d'échappement | Pollution chronique des eaux, sédiments et organismes aquatiques des baies de Biétry et Koumassi par ruissellement de divers polluants rejetés sur la chaussée | Suivi régulier des paramètres physico-chimiques des eaux des baies de Biétry et Koumassi |
| | | Risque de pollution accidentelle par déversement de matières polluantes | Mise en œuvre de mesures d'étanchéification des accotements pour éviter toute infiltration de substance polluante dans la zone non saturée en cas d'accident. |
| Air | Circulation routière | Détérioration de la qualité de l'air due aux gaz d'échappement | Respect des règles du code de la route Utilisation de véhicules en bon état de fonctionnement |
| Population et vie sociale | Accroissement de la circulation des usagers et fluidité du trafic | Exposition des riverains au bruit et aux émissions atmosphériques | Elaboration et mise en œuvre d'un programme de suivi de la qualité de l'air et des niveaux de bruit |
| Santé | Augmentation du trafic et circulation routière | Risque de maladies respiratoires (irritation des voies respiratoires, des yeux...) | Elaboration et mise en œuvre d'un programme de suivi de la qualité de l'air et des niveaux de bruit |
| | | Nuisances sonores aux riverains | Installation d'un dispositif spécial de protection. |
| Sécurité routière | Accroissement de la circulation des usagers et fluidité du trafic | Risque d'accidents (collisions, ramassage de piétons) | Limitation de vitesses de circulation Instauration de campagnes de sensibilisation des populations riveraines Construction de pistes ou passages piétons. |

VIII. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

La présente étude a permis la caractérisation physico-chimique et microbiologique des eaux et des sédiments dans les baies de Biétry, de Koumassi et dans les eaux de puits dans la zone d'emprise du projet.

Les eaux souterraines et de lagune de la zone sont en conformité vis-à-vis des paramètres physico-chimiques avec une forte minéralisation des eaux souterraines. Les eaux souterraines sont, cependant, exposées aux pollutions bactériennes et également en certains HAPs cancérigènes.

Quant aux eaux de lagune, elles sont également de mauvaise qualité avec des teneurs en polluants organiques (DCO, DBO5), de sels nutritifs tels que les phosphates et de métaux tels que le cuivre très élevées. Une attention particulière doit être portée à l'endroit de HAPs cancérigènes et de polluants microbiologiques dont les teneurs sont largement supérieures aux normes admises.

Bien que ce projet d'aménagement de l'échangeur carrefour Akwaba ait à court et à long terme des retombées positives significatives qui en justifient la mise en œuvre, il existe néanmoins des impacts négatifs, dont les plus significatifs sont les expropriations de bâtis et de biens, les risques de pollution liée aux produits utilisés sur le chantier, aux eaux usées et aux poussières, qui pourront affecter la qualité des ressources en eaux de surface (baies de Biétry et Koumassi), la biodiversité aquatique, la dégradation des habitats aquatiques sensibles et les nuisances et gênes (émissions de poussières et gaz de combustion, nuisances acoustiques, etc.) qui en résulteront pour les populations des zones d'habitats situés le plus proche et les personnes qui y transiteront.

La mise en œuvre de l'ensemble des mesures recommandées dans le rapport d'EIES permettra d'atténuer ou de compenser les impacts les plus significatifs du projet.

IX. MESURES ET RECOMMANDATIONS

En raison des effets environnementaux potentiels liés à la réalisation du projet pendant toutes les phases de construction et d'exploitation, des programmes de suivi et de surveillance environnementaux s'avèrent nécessaires.

IX.1. Surveillance environnementale

La surveillance environnementale a pour but de s'assurer du respect des mesures environnementales envisagées dans l'Étude d'Impact, incluant les conditions fixées dans le décret sur les EIE et les clauses d'autorisation obtenue du Ministère de la Salubrité, de l'Environnement et du Développement Durable et des exigences découlant d'autres lois et des règlements pertinents. Plus précisément, le programme de surveillance décrit les moyens et

les mécanismes proposés par le promoteur pour assurer le respect des exigences légales et environnementales et le bon fonctionnement des travaux, des équipements et des installations.

La surveillance environnementale est l'opération visant à assurer l'application, durant la phase de construction du projet, des mesures d'atténuation proposées dans l'étude d'impact. Elle vise également à surveiller toute autre perturbation de l'environnement durant la réalisation du projet et qui n'aurait pas été appréhendée.

La surveillance relève de la compétence du promoteur. Elle vise à s'assurer du respect des engagements ou des obligations pris par le promoteur en matière d'environnement tout au long du cycle du projet. Elle est essentielle pour s'assurer que :

- Les prédictions des impacts sont exactes ;
- Les mesures de prévention, d'atténuation et de compensation permettent de réaliser les objectifs voulus ;
- Les règles et les normes sont respectées ;
- Les critères d'exploitation de l'environnement sont respectés.

IX.2. Suivi environnemental

Le suivi environnemental est une opération à caractère scientifique qui permet de suivre l'évolution de certaines composantes des milieux naturel et humain affectées par la réalisation du projet. Il permet de vérifier la justesse des prévisions et des évaluations de certains impacts, particulièrement ceux pour lesquels subsistent des incertitudes dans l'étude d'impact, et l'efficacité de certaines mesures d'atténuation et le cas échéant, des mesures de compensation. Il peut notamment aider l'initiateur à réagir promptement à la défaillance d'une mesure d'atténuation ou de compensation ou à toute nouvelle perturbation du milieu, par la mise en place de mesures plus appropriées ou de nouvelles mesures pour atténuer ou compenser les impacts non prévus dans l'étude.

Le suivi se déroule pendant les phases de préparation et de mise en œuvre du projet. Le responsable du suivi est le Ministère chargé de la Salubrité, de l'Environnement et du Développement Durable, à travers l'ANDE. Celui-ci élabore un plan de suivi qui portera sur les impacts les plus préoccupants du projet, dans le but de mettre en exergue les effets réels sur une composante environnementale et de valider les appréhensions exposées dans l'étude d'impact.

Le plan de suivi inclut la définition des indicateurs de suivi environnemental permettant d'observer les évolutions au regard d'objectifs préalablement définis.

Les programmes de suivi et de surveillance proposés pour vérifier l'efficacité des mesures d'atténuation et des prévisions des effets sur l'environnement et pour vérifier si la mesure d'atténuation a été appliquée pourraient comprendre les éléments suivants :

A) Pendant la phase d'aménagement de l'échangeur carrefour Akwaba

Les paramètres à surveiller porteront essentiellement sur la santé et la sécurité du travail, les impacts sociaux, l'écologie des milieux naturels, la qualité de l'air, de l'eau, des sédiments et des produits de pêche, le bruit, la sécurité du public, les ressources naturelles, le sol, la création d'emplois, la santé publique, etc.

- i) Pour les milieux aquatiques, les actions envisagées seront l'étude de la qualité de l'eau par le suivi des paramètres physico-chimiques (oxygène dissous, transparence, sels nutritifs, pH, salinité, turbidité, etc.) et des paramètres de pollution (hydrocarbures totaux et métaux lourds dans l'eau, les sédiments et produits de pêche, etc.). L'étude de suivi et de surveillance prendra également en compte la composition des communautés benthiques pour vérifier les changements ou modifications des peuplements.
- ii) Dans le cadre de la stratégie de protection de l'eau souterraine, un programme de surveillance de ces eaux serait mis en œuvre afin d'assurer la surveillance des niveaux d'eaux souterraines ainsi que leur composition chimique.

Coût de l'étude : 18 000 000 F (dix huit millions de francs CFA)

B) Pendant l'exploitation de l'échangeur carrefour Akwaba

Les actions de suivi et de surveillance pendant l'exploitation de l'ouvrage devraient porter essentiellement sur la qualité des eaux et l'inventaire des peuplements benthiques.

Coût de l'étude : 16 000 000 F (seize millions de francs CFA)

X- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adingra A.A., Kouassi A.M, Lowenhaupt E. (2010): Méthodes rapides de detection de *v/brio cholerae* 01 dans l'environnement aquatique, F. Tech. & Doc. Vulg. CRO. PP 8-12

Akossi O.S., 2011. Optimisation des conditions d'évacuation des eaux pluviales du carrefour de l'Indénié à la baie de Cocody. Master Spécialisé Génie Sanitaire et Environnement, Institut International d'Ingénierie de l'eau et de l'Environnement (2iE), 76 pages

Albaret J-J., 1994. Biologie et peuplements. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome II – Les milieux lagunaires (Durand J.R., Dufour P., Guiral D. et Zabi S.G.F., Eds.). ORSTOM, Paris : 239-273.

Anoh K. P., 2002.Encombrement des baies urbaines de la lagune Ebrié : causes et impacts environnementaux. *BIOTERRE, Revue Internationale Sciences de la Vie et de la Terre*, (N° spécial) : 230-241

Arfi R. et D. Guiral, 1994. Chlorophyll budget in a productive tropical pond: algal production, sedimentation and grazing by microzooplankton and rotifers. *Hydrobiologia*, 272:239-249.

Arfi R., Guiral D., Torreton J. (1989). Cycle hydrologique annuel d'une baie eutrophe : La baie de Biétri (Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). *Rev.Hydrobio. Trop.*, 22(4), pp 263-273.

Bartels-Hardege, H. D. & E. Zeeck. 1990. Reproductive behaviour of *Nereis diversicolor* (Annelida: Polychaeta). *Marine Biology*, 106: 409-412.

B.C.MOELP - British Columbia, Ministry of Environment, Lands and Parks (B.C.MOELP) - 1998 - *British Columbia Water Quality Guidelines (Criteria) 1998 Edition* - Water Quality Section, Water Management Branch, Environment and Resource Management Department, 30 p

B.C.WLAP - British Columbia, Ministry of Water, Land and Air Protection (WLAP) - 2001 - *British Columbia Approved Water Quality Guidelines (Criteria)*, 1998 Edition, updated August 24, 2001 - Ministry of WLAP, Water Protection Branch

Borja A., Franco J. & Pérez V., 2000. A marine biotic Index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40 : 1100-1114.

Commission Européenne (CEE), 1980 : Recommandation européenne N°80/779/CEE

CCME - 1995c - *Protection de l'approvisionnement des communautés en eau potable (Révision décembre 1995)* - Préparé par le Sous-comité fédéral-provincial sur l'eau potable, 10 p

CCME - 2002 - *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, mise à jour 2, novembre 2002*, Winnipeg - le Conseil

CCME - 2003 - *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, mise à jour 3.2, décembre 2003*, Winnipeg - le Conseil

Daget J et Iltis A., 1965 - Poissons de Côte d'Ivoire. *Mém. /fan*, 74, 3 85 p.

Diaha N. C., 2005 – Recherche des parasites (Genre *dactylogyrus* et genre *Ergasilus*) dans les *Chrysichthysnigrodigitatus* et les *Tilapiaguineensis* pêchés dans la baie de Cocody. *Mémoire de DEA. Université de Cocody*, 61 p.

Dufour Ph., 1982. Les frontières naturelles et humaines du système lagunaire Ebrié. Incidences sur l'hydroclimat. *Hydrobiologia*, 94 : 105-120.

Dufour Ph. et Slepoukha, 1975 - L'oxygène dissous en lagune Ebrié. Influences de l'hydroclimat et des pollutions. *Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr.*, Abidjan, 6(2):75-118.

Dufour Ph., 1984. La biomasse végétale des lagunes côtières. Exemple de la lagune Ebrié, (Côte d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 27(3): 207-233.

Durand J. R. & Skubich M., 1982. Les lagunes ivoiriennes. *Aquaculture*, 27 (3) : 211-250.

Durand J.R. et Guiral D., 1994 – Hydroclimat et hydrochimie. *In* Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome II – les milieux lagunaires, Durand J.R., Dufour Ph., Guiral D. et Zabi S. éditeurs. Editions de l'ORSTOM, : 59-90.

E.C. (2011). Technical Guidance For Deriving Environmental Quality Standards. Guidance Document No. 27 for the Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Technical Report - 2011 - 055.

Gallardo Y., 1978. Asymetry and anomalies of circulation and vertical mixing in the branching of a lagoon estuary. *In* : hydrodynamics of estuaries and fjords, Elsevier, 197-206.

Guiral D., Lanusse A. (1984). Contribution à l'étude hydrodynamique de la baie de Biétri, lagune Ebrié, Côte d'Ivoire. *Doc. Scient., CRO, Abidjan*, 15(1-2), 1-18.

Inglis G. J. & Kross J. E., 2000. Evidence for systemic changes in the benthic fauna of tropical estuaries as a result of urbanization. *Marine Pollution Bulletin*, 41 : 367-376.

Koffi, K.P.; Abé, J.; & Amon, KJB. 1991. Contribution à l'étude des modifications hydrosédimentaires consécutives à la réouverture artificielle de l'embouchure du Comoé à Grand-Bassam. *Journal ivoirien d'océanologie et de limnologie*. Vol. I, n°2 : 47-60.

Kouadio I. et Trefry J.H., 1987. Sediment trace metals contamination in Ivory Coast, West Africa. *Water Air Soil Pollution*, Vol; 32, pp. 45-54.

Kouadio K. N., Diomandé D., Ouattara A., Koné Y. J.-M. & Gourène G., 2008. Taxonomic diversity and structure of benthic macroinvertebrates in Aby lagoon (Ivory Coast, West Africa). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11 (18) : 2224-2230.

Kouadio K. N., Diomandé D., Ouattara A., Koné Y.J.-M. & Gourène G., 2011. Distribution of benthic macroinvertebrates communities in relation to environmental factors in the Ebrié lagoon (Ivory Coast, West Africa), *Life and Environment*, 61 (2) : 59-69.

KOUAME A. F. (2017) Apports de la morphobathymétrie à la caractérisation de la dynamique sédimentaire des environnements fluvio-lagunaires de Côte d'Ivoire au cours des quatre dernières décennies (1975 – 2015), Thèse de Doctorat Unique, Univ. Felix Houphouët Boigny, 196 p.

Kouassi A.M., D. Guiral et M. Dosso, 1990 - Variations saisonnières de la contamination microbienne de la zone urbaine d'une lagune tropicale estuarienne. Cas de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. Trop.* 23(3):181-194.

Lanusse A., 1987 - La contamination microbienne d'une lagune tropicale (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). Influence de l'hydroclimat. *Thèse université de Provence (Aix-Marseille I, France)*, 147 p.

Lanusse A. et Guiral D., 1988 – Suivi annuel de la contamination bactérienne et virale des eaux et des sédiments lagunaires au niveau d'Abidjan. *Océanis*, 14(1): 71-87.

MacDonald D.D., Ingersoll C.G., Berger T.A., 2000 : Development and Evaluation of consensus based -sediment quality Guidelines for freshwater ecosystems, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 39, pp 20-31.

Marchand M. et Martin J.L., 1985 - Détermination de la pollution chimique (hydrocarbures, organochlorés, métaux) dans la lagune d'Abidjan (Côte d'Ivoire) par l'étude des sédiments. *Océanogr. Trop.*, 20(1):26-39.

Métongo B.S., Adingra A.A., Aka M., Mahan N.C., Tapé G.J. et Kouadio K., 2008. Etude de la qualité des eaux côtières et des bassins versants de Côte d'Ivoire. Rapport final Projet ONUDI No GP/RAF/04/004. 79 p.

Ministry of National Health and Welfare (MNHWS), 1990 : Guidelines for Canadian recreative Water Quality, préparé par le groupe de travail fédéral-provincial sur la qualité des eaux de récréation du comité consultatif fédéral-provincial de l'hygiène du milieu du travail, Canada, 87 p.

Monde S., 2004. Etude de la circulation des masses d'eau dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Modélisation hydrodynamique 2DH. *Thèse Doctorat Etat, ès Sc. Nat.*, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 238 p.

Monde S., Affian K., Amani E. M., Wognin V. A., Coulibaly A. S. & Aka K., 2007. Analyse temporelle de l'hydrodynamisme du secteur estuarien de la lagune Ebrié à Abidjan (Côte d'Ivoire). Impact de la variabilité climatique. *Revue CAMES – Série A (Sciences et Médecine)*, 5 : 32-38.

Monde S., Coulibaly A. S., Wango T.-E. & Aka K., 2011. Hydrodynamique de l'estuaire de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Revue Paralia*, 4 : 1.1-1.14

Nordin et Pommen(B.C.MOE) - NORDIN, R.N. et L.W. Pommen (B.C.MOE) - 1986 - *Water Quality Criteria for Nitrogen (nitrate, nitrite and ammonia)* - Resource Quality Section, Water Management Branch, Ministry of Environment and Parks, Victoria, British Columbia, 11 p

NOVO B., 1974. La pollution des eaux par l'industrie à Abidjan. Secrétariat d'Etat aux Mines, Abidjan, 15 pages

OMS/PNUE, 1977. Directives applicables à la surveillance sanitaire de la qualité des eaux littorales, Bureau Régional de l'Europe, Copenhague.

Pagès J., 1975 – Etude de la pollution bactérienne en lagune Ebrié. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr.*, Abidjan, 6(1) :97-101.

Pagès J. et Citeau J., 1978. La pollution bactérienne de la lagune et de la mer autour d'Abidjan. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr.*, Abidjan, 9(1) : 43-50.

Pottier P., AFFIAN K., Djagoua M.V., Anoh K. P., Kra Y., Kangah A. et Robin M. (2008): La lagune Ebrié à l'épreuve de la pression anthropique in Géographie littoral de Côte d'Ivoire: Eléments de réflexion pour une politique de gestion intégrée. *La Clonerie Saint-Nazaire (France)*, pp 165 -184.

Sankaré Y., 2002 : Assainissement de la ville d'Abidjan. Etude d'Impact Environnemental : Macrofaune benthique. Rapport établi pour le compte de la société BURGEAP : 28-42.

SEQ-Eau, 2003 : Système d'évaluation de la qualité des cours d'eau. Grilles d'évaluation (version 2), France, 40 p.

Soro G., 2003. Evolution des métaux lourds (Co, Cr, Cu, Mn, Ni et Zn) dans les sédiments d'une lagune tropicale : cas de la lagune Ebrié, Abidjan (Côte d'Ivoire). *Mémoire de DEA, Université de Cocody*. 71 p.

Tastet J.P. et Guiral D., 1994. Géologie et sédimentologie. *in* : Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire, t. II. *Les milieux lagunaires, édition ORSTOM*, pp. 35- 58.

Tastet, J.P., 1979. Environnements sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du golfe de Guinée (Côte d'Ivoire, Togo, Bénin). Thèse de doctorat d'Etat, Univ. Bordeaux 1, 2 tomes, 181 p et 127 figures.

Traore S. K., Koné M., Dembélé A., Lafrance P., Mazellier P. et Houenou P., 2006. Contamination de l'eau souterraine par les pesticides en régions agricoles en Côte d'Ivoire (Centre, Sud et Sud-ouest). *Journal Africain des Sciences de l'Environnement*, N°1, pp.1-9.

U.S Environmental Protect Agency (U.S.EPA) 2006a - *National Recommended Water QualityCriteria* - Office of Water, Office of Science and Technology.

U.S.EPA - 1998a - National Recommended Water QualityCriteria; Republication - Notices, *FederalRegister*, vol. 63, no. 237, p. 68354-68364

Varlet, F., 1978. Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Travaux et documents ORSTOM, 83, 2 tomes, 164 p. et 110 figures.

Villanueva M.S.C., 2004. Biodiversité et relations trophiques dans quelques milieux estuariens et lagunaires de l'Afrique de l'Ouest : Adaptation aux pressions environnementales. Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, 272p.

Wango T.E., Moussa M. et Monde S., 2008. Modèle bi-dimensionnel de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Europ. J. Sci ; Res.* 24(3) :229-243.

Yao K.M., Métongo B.S., Trokourey A. et Bokra Y., 2009. Assessment of sediments contamination by heavy metals in a tropical lagoon urban area (Ebrié lagoon, Côte d'Ivoire). *Europ. J. Sci. Reach.*, 34(2):280-289.

Zabi S. G. F. & Le Lœuff P., 1994. La macrofaune benthique. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome II – Les milieux Lagunaires (Durand J. R., Dufour P., Guiral D. & Zabi S. G. F., Eds.). ORSTOM, Paris : 189-229.

XI- ANNEXE: Caractéristique des berges et activités anthropique dans les baies de Biétry et Koumassi



Environnement de la berge lagunaire (Baie de Biétry)



Activité anthropique dans la baie de Koumassi (Dragage)