

SFG4091 V12

**PROJET DE CONSTRUCTION DE L'AUTOROUTE
PERIPHERIQUE D'ABIDJAN: SECTION 3 « AUTOROUTE DU
NORD - AUTOROUTE DE DABOU »**

ETUDE DE LA QUALITE DU MILIEU AQUATIQUE



RAPPORT PROVISOIRE

Etabli pour le compte du BNETD

Décembre 2017

ACRONYME/UNITE DEFINITION

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 I.1 : Structure du réseau de transport stratégique (MCLAU/JICA, 2015).....	2
Figure III.1: Itinéraire (probable) de la section 3 de l'autoroute périphérique d'Abidjan (VoieY4)	12
Figure III.2: Les zones climatiques de la Côte d'Ivoire	15
Figure III.3 : Variation de la pluie moyenne mensuelle à Abidjan de 2012 à 2014 (source SODEXAM, 2015)	15
Figure III.4 : Evolution des températures maximales, minimales et moyennes mensuelles à Abidjan de 2012 à 2014 (source SODEXAM, 2015)	16
Figure III.5 : Carte de l'occupation du sol d'Abidjan et ses environs (Yao et al., 2015)	17
Figure III.6: Couvert végétal herbacé et culture vivrière à la lisière d'une plantation d'hévéa	17
Figure III. 7 : Carte géologique simplifiée de la Côte d'Ivoire (modifiée d'après Kouamélan, 1996 in Pothin et al., 2000).....	19
Tableau III.1: Unités lithologiques et étages stratigraphiques du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire (Aka, 1991 modifié par Ennin 2003).....	19
Figure III.8. Contexte géologique de la zone du projet (source Ahoussi, 2008)	20
Figure III.9:Formations Géologique de la zone du projet (source Ahoussi, 2008 ; modifiée de Delor et al., 1992)	21
Figure III.10. Carte du Modèle Numérique d'Altitude (MNA) de la région d'Abidjan-Agboville (USGS, 2007 in Ahoussi 2008)	22
Figure III.11: Réseau hydrographique de la zone du projet.....	23
Figure III.12: Carte de la recharge potentielle de la nappe d'Abidjan en 2006 (Yao et al, 2015)	24
Figure IV.1: Localisation des stations d'échantillonnage d'eau (eau de surface et souterraine) et de sédiments.....	26
Figure IV. 2 b: mesure in situ de paramètres physiques sur un affluent de la rivière Niéké à l'aide d'un multiparamètre.....	28
Figure IV. 2 a: mesure in situ de paramètres physiques du forage d'Adonkoi à l'aide d'un multiparamètre	28

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1 : Conventions et accords internationaux	10
Tableau IV.1 : Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage sur le secteur 3 de la Y4.....	25
Tableau IV.2 : Matériel et méthodes de mesures et d'analyses des paramètres physico-chimiques et nutriments, des métaux lourds et microbiologiques dans les eaux et sédiments	29
Tableau V.1 : Valeurs des paramètres physico-chimiques dans les eaux de surface et souterraines du projet Y 4 section 3.....	30
Tableau V.2 : Concentrations des eaux en éléments nutritifs, DCO, DBO5, MES totaux dans la section 3 du projet Y4	32
Tableau V.3 : Composition ionique en mg/L des eaux de la section 3 du projet Y4	34
Tableau V.4:Teneurs de métaux lourds dans les eaux	36
Tableau V.5: Concentrations de métaux lourds dans les sédiments de rivières	36
Tableau V.6 : Caractéristiques macroscopiques des sédiments des Stations R1 et R2	37
Tableau V.7: Concentration des HAPs dans les eaux de surface et souterraines de la zone d'étude.....	38
Tableau V.8 : Concentration en ($\mu\text{g} / \text{kg}$) des HAPs dans les sédiments	39
Tableau V.9 : Densité des germes indicateurs de contamination fécale et pathogènes dans les eaux	40
Tableau VI.1 : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'aménagement de l'autoroute.....	50
Tableau VI.1 (suite) : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'aménagement de l'autoroute.....	51
Tableau VI.1 (suite) : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'aménagement de l'autoroute.....	51
Tableau VI.1 (suite) : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'aménagement de l'autoroute.....	53
Tableau VI.1 (suite) : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'aménagement de l'autoroute.....	54
Tableau VI.2 : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'exploitation de l'autoroute.....	60
Tableau VI.2 (suite) : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'exploitation de l'autoroute.....	62

TABLE DES MATIERES

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 REGLEMENTAIRE	3
II.1 Politique nationale en matière de protection de l'environnement	3
II.2. Cadre institutionnel	3
II.3. Cadre législatif et réglementaire.....	6
II.3.1. Code de l'Environnement.....	7
II.3.2. Décret relatif aux Etudes d'Impact Environnemental (EIE)	7
II.3.3. Code de l'Eau	8
II.3.4. Décret relatif à l'Audit Environnemental	8
II.3.5. Règlementation en matière d'expropriation pour cause d'utilité publique	8
II.4. Conventions et accords internationaux.....	9
III. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE DE LA ZONE D'ETUDE	12
III. 1 CADRE GEOGRAPHIQUE	12
III.1.1 Présentation de la zone du projet.....	12
III.1.2 Climat dans la zone du projet.....	14
III.1.3 Occupation du sol dans la zone du projet.....	16
III.2 - CADRE GEOLOGIQUE.....	18
III.2.1 Aperçu géologique de la Côte d'Ivoire	18
III.2.2. Aperçu géologique et géomorphologique de la zone d'étude	20
III.3 - CADRE HYDROGEOLOGIQUE.....	22
III.3 .1 Hydrographie de la zone du projet	22
III.3.2 Hydrogéologique de la zone du projet	23
IV METHODOLOGIE DE TRAVAIL	25
IV.1. Choix et description des points de prélèvements et de mesures.....	25
IV.2. Prélèvement des échantillons d'eau et de sédiment	27
IV.3. Mesures et analyses des paramètres physico-chimiques et microbiologiques	27
V. Qualité physico-chimique et microbiologique des eaux et des sédiments.....	30
V.1. Les paramètres physico-chimiques des eaux	30
V.1.1 Température	30
V.1.2 pH	30
V.1.3 Oxygène (O ₂) dissous.....	31
V.1.4 Conductivité.....	31

V.1.5 Turbidité	31
V.1.6 Salinité.....	32
V.1.7. TDS.....	32
V.2. Les éléments nutritifs et paramètres de pollution organique dans l'eau	32
V.2.1 Eléments nutritifs (NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺ , PO ₄ ³⁻).....	33
V.2.2 Matières en suspension (MES)	33
V.2.3 DCO et DBO ₅	33
V.3. Composition ionique des eaux	34
V.4. Les métaux lourds	35
V.4.2 Concentrations de métaux dans les sédiments de rivière.....	36
V.5 Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs)	37
V.5.1 Les HAPs dans les eaux	37
V.5.2 HAPs dans les sédiments de rivières.....	39
V.6. Germes indicateurs de contamination fécale et pathogènes	40
VI Identification et analyse des impacts potentiels du projet.....	41
VI.1. Impacts potentiels du projet d'aménagement de l'autoroute Y4 sections 2	41
VI.1.1. Impacts positifs directs et indirects	41
VI.1.2. Impacts négatifs et mesures d'atténuation pendant la phase de travaux	41
VI.1.2.1. Impacts liés aux terrassements et à l'arasement des sols dans la zone d'emprise du projet et ses environs.....	41
VI.1.2.2. Impacts liés aux démolitions du bâti dans la zone d'emprise de l'autoroute et ses environs ..	42
VI.1.2.3. Impacts liés au nettoyage de la zone d'emprise du projet	42
VI.1.2.4. Impacts liés à l'évacuation des eaux de ruissellements.....	42
VI.1.2.5. Impacts liés aux prélèvements de quantités importantes d'eau dans le Bassin sédimentaire .	43
VI.1.2.6. Emissions de poussières et les pollutions atmosphériques	43
VI.1.2.7. Risques de contamination des sols et des ressources hydriques	44
VI.1.2.8. Risques de pollution des milieux naturels due aux déchets solides et liquides	45
VI.1.2.9. Risque d'accélération de l'envasement des milieux aquatiques par l'érosion.....	46
VI.1.2.10. Nuisances liées à la circulation des véhicules et des engins de chantier	46
VI.1.2.11. Destruction ou perturbation de sites favorables aux différentes espèces	46
VI.1.2.12. Risque d'incendie.....	47
VI.1.2.13. Impacts liés à l'expropriation de terres et bâtis et au déplacement de personnes	48
VI.1.2.14. Impacts liés à la réduction de la production agricole	48
VI.1.2.15. Impacts liés à la santé des riverains et ouvriers du chantier.....	48
VI.1.2.16. Risques d'accidents.....	49
VI.1.2.17. Impact visuel des chantiers et des bases vie.....	49
VI.2. IMPACTS Pendant la phase d'exploitation de l'autoroute	55
VI.2.1. Impacts positifs	55
VI.2.2. Impacts négatifs et mesures d'atténuation	55
VI.2.2.1. Impacts liés à la perte en déblais	55

VI.2.2.2. Impacts liés à l'érosion et à l'envasement des zones humides	55
VI.2.2.3. Impacts liés aux risques de pollution chronique, saisonnière ou accidentelle	56
VI.2.2.4. Impacts liés au risque d'inondation	56
VI.2.2.5. Nuisances liées à la circulation des véhicules	57
VI.2.2.6. Dégradation de la qualité des habitats et diminution de la diversité écologique.....	57
VI.2.2.7. Nuisances pour les riverains de l'autoroute (bruit, gêne respiratoire)	58
VI.2.2.8. Risque d'accidents et de contamination des forages, puits ou d'adductions d'eau potable	58
VI.2.2.9. Impact visuel	59
VII- Synthèse et conclusion	63
VIII- mesures et recommandations	63
VIII.1. Surveillance environnementale.....	64
VIII.2. Suivi environnemental.....	64
IX- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	66
X- ANNEXE: mesure de parametres physiques d'EAUX de forage et de riviere	70

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 à la qualité du milieu aquatique, dans le cadre de l'Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES) du projet de construction de l'autoroute périphérique d'Abidjan : section 3 «Autoroute du Nord – Carrefour Songon».

Le principal objectif de cette étude est la caractérisation physico-chimique et microbiologique des eaux (eaux de surface et souterraines) et des sédiments (au niveau des eaux de surface) dans la zone d'emprise du projet.

Ce rapport provisoire présente les travaux réalisés par CEMA-Environnement conformément aux Termes de Référence.

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

La construction de l'autoroute périphérique d'Abidjan : section 3«Autoroute du Nord – Carrefour Songon» est un sous-projet du Projet d'Appui à la Compétitivité du Grand Abidjan (PACOGA), initié par le Gouvernement de Côte d'Ivoire (CI) et la Banque Mondiale (BM).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. Les études ont montré que le District d'Abidjan connaît une congestion du trafic routier, surtout aux heures de pointe. Ce constat traduit une capacité insuffisante des infrastructures routières. les principales artères sont les boulevards, les avenues ou les autoroutes traversant la plupart des communes. Une telle entrave à une circulation fluide devrait être atténuée par la construction de routes alternatives pour les poids lourds et les véhicules personnels. Les routes constituent, tout comme les rivières et les reliefs, les caractéristiques géographiques qui limitent les zones de planification.

Le schéma directeur des transports urbains vise à restaurer la crédibilité des transports en commun perdue au cours de la dernière décennie. De fait, le réseau routier devra se développer afin de fournir des solutions alternatives pour les usagers de la route et soulager les voies existantes. Ainsi la mise à niveau et l'aménagement des routes, l'aménagement des intersections, et la création suffisante de nouvelles voies non seulement pour les usagers de la route s'avère indispensable. Dans la région du Grand Abidjan, le Plan de Développement du Réseau Routier prévoit de prime abord la construction de la rocade extérieure Y4 ou Voie Y4 qui reliera toutes les grandes routes radiales (**Figure I.1**). Cette voie devrait améliorer la fonction du réseau routier en éliminant le flux de véhicules dans les zones urbaines.

Le réseau routier principal passera donc de l'actuel réseau routier concentrique, à un nouveau réseau radial concentrique qui permettra au trafic de transit d'éviter le centre-ville et de fournir une connexion rapide et fiable entre les zones d'activités et la zone périphérique de la ville.

Les études menées par le Groupement NOVEC/LBTP/BNETD entre 2014 et 2016 ont permis de décomposer la voie Y4 en quatre sections :

- Section 1 : Boulevard de France redressé – Echangeur d'Anyama (A1) (24,4 Km) ;
- Section 2 : Echangeur d'Anyama – Autoroute du Nord (A3) (15 Km) ;
- Section 3 : Autoroute du Nord – Carrefour Songon (Autoroute de sortie Ouest qui est prévue pour rejoindre à long terme la ville de San-Pédro) (17,6 Km) ;
- Section 4 : Echangeur d'Anyama – Azaguié (19,6 Km) ou Autoroute de sortie Centre-Est qui à long terme est prévue pour rejoindre Adzopé, puis Abengourou et enfin la frontière avec le Ghana.

La réalisation du sous-projet section 3 sus définie, de même que les autres sous-projets, n'est pas sans conséquence dommageable 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.

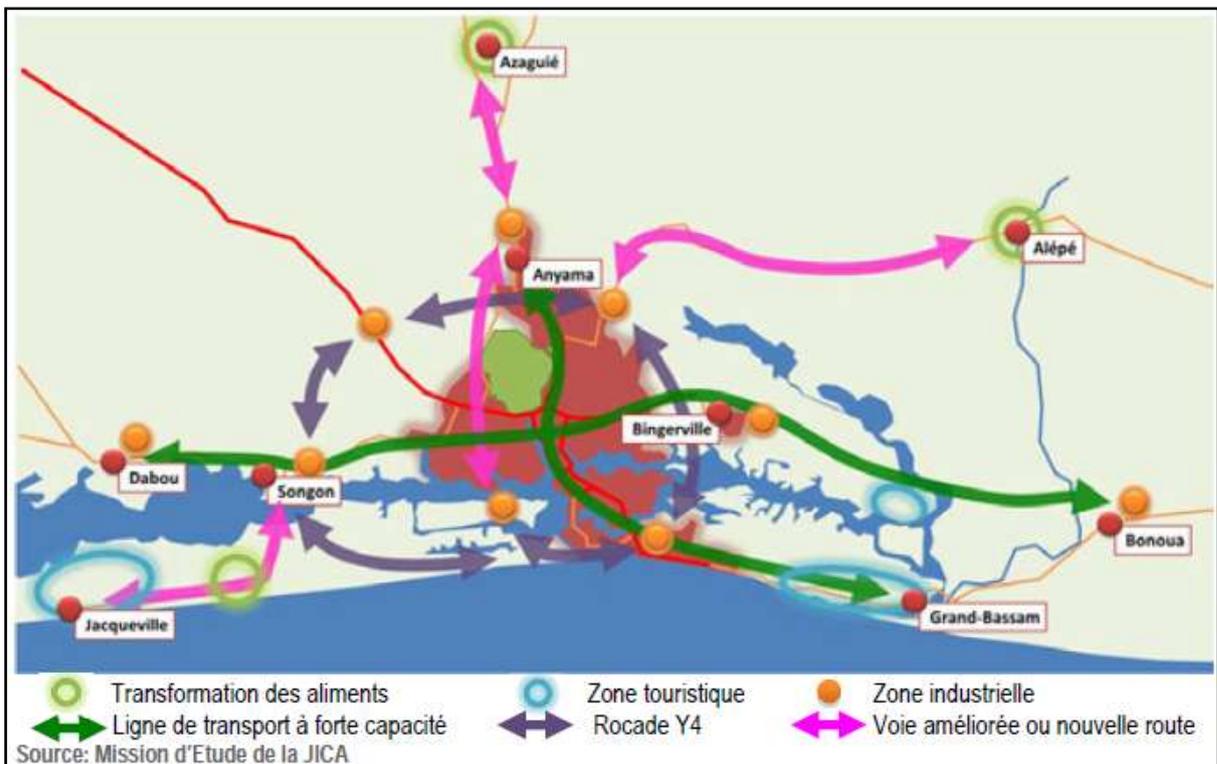


Figure I.1 : Structure du réseau de transport stratégique (MCLAU/JICA, 2015)

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 - Le Ministère d'Etat, Ministère de l'Intérieur et de la Sécurité (MEMIS)est chargé de la mise en œuvre et du suivi de la politique du gouvernement en matière d'Administration du territoire, de décentralisation, de dépôt légal, d'identification des populations, de cultes, d'immigration, de sécurité intérieur et de la protection civile. Il est concerné par la protection de l'environnement en raison de l'implication du District Autonome d'Abidjan (DAA) et de l'Office Nationale de la Protection Civile (ONPC) qui lui sont rattachés:

le DAA, a pour compétence :

- la protection de l'environnement;

- la planification de l'aménagement du territoire du District autonome;
- la lutte contre les effets néfastes 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'entretien du patrimoine et des biens domaniaux de l'Etat transférés au District Autonome d'Abidjan
- les travaux d'équipement rural.

L'article 4 du décret n°2013 - 293 du 2 mai 2013 portant attributions, organisation et fonctionnement du District d'Abidjan, stipule qu'il est chargé des actions suivantes:

- coordonner, suivre et évaluer la bonne exécution des programmes, des projets et de toutes actions de développement tels qu'adoptés par le Gouvernement, notamment en matière d'aménagement du territoire, de planification du développement, de transport, de santé, de protection de l'environnement, d'agriculture, de gestion des ressources naturelles, d'enseignement et de formation professionnelle, d'action sociale, culturelle et promotion humaine, de promotion du développement économique, de promotion du tourisme et d'électrification;
- assurer, en liaison avec les services déconcentrés des ministères techniques, le contrôle de la bonne fin des opérations spécifiques de développement décidées par le Gouvernement et de veiller au respect du calendrier et des exigences techniques et financiers;
- susciter, en liaison avec les services extérieurs des ministères et des organismes publics ainsi qu'avec le concours des commissions de développement régional, la réalisation d'étude prospectives devant aboutir à l'établissement d'un schéma directeur pour son développement;

Les communes suscitées conformément à la Loi n° 2012-1128 du 13 décembre 2012 portant organisation des collectivités territoriales en son article 182 alinéa 2 doivent veiller à la protection de l'environnement, prendre en conséquence les mesures propres, d'une part, à empêcher ou à supprimer la pollution et les nuisances, d'autre part, à assurer la protection des espaces verts et, enfin, de contribuer à l'embellissement de la commune

I'ONPC a une vocation de formation, de prévention et d'assistance de la population en cas de sinistres et catastrophes. Il 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 sous projet "construction de l'autoroute périphérique d'Abidjan : section 3 «Autoroute du Nord – Carrefour Songon». Sa structure sous tutelle impliqué dans ce projet est l'**AGEROUTE** (Agence de Gestion des Routes).

AGERROUTE - L'Agence de Gestion des Routes (AGERROUTE) 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'AGERROUTE 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.

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), à un niveau moindre la Direction de la Salubrité Urbaine (DSU) et l'Agence Nationale de Gestion des Déchets (ANAGED) qui procède de la dissolution-fusion de l'ANASUR et du FFPSU, interviennent singulièrement 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 de la construction de

l'autoroute périphérique d'Abidjan : section 3 «Autoroute du Nord – Carrefour Songon», 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.

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.

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 la construction de l'autoroute périphérique d'Abidjan : section 3 «Autoroute du Nord – Carrefour Songon», 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 œuvre 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 élimination(1989)	La Convention vise à contrôler les mouvements transfrontières de matières et de déchets recyclables dangereux ainsi que la promotion de la gestion écologique	09/06/94
Convention de BAMAKO sur l'interdiction d'importer en Afrique des déchets dangereux	Interdire l'importation en Afrique de tous les déchets dangereux, pour quelque raison que ce soit, en provenance des Parties non	09/06/94

(1991)	contractantes. Leur importation est déclarée illicite et passible de sanctions pénales.	
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. DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

La mise en œuvre du sous- projet construction de l'autoroute périphérique d'Abidjan: secteur 3 a le potentiel d'avoir des effets environnementaux négatifs sur les milieux aquatiques sensibles et vulnérables. Il s'agit des cours d'eau (rivières) et des eaux souterraines, notamment les puits et les forages qui captent les eaux de la nappe d'Abidjan.

Cette partie aborde les cadres géographique, géologique et hydrogéologique qui mettent en évidence les caractéristiques physiques de la zone du projet.

III. 1 CADRE GEOGRAPHIQUE

III.1.1 Présentation de la zone du projet

Le Projet se localise dans le District Autonome d'Abidjan (DAA). Il s'étire sur environ 17,6 km de l'Autoroute du Nord au Nord-Ouest au Carrefour Songon au Sud-Ouest/ Ouest (Figure III.1)

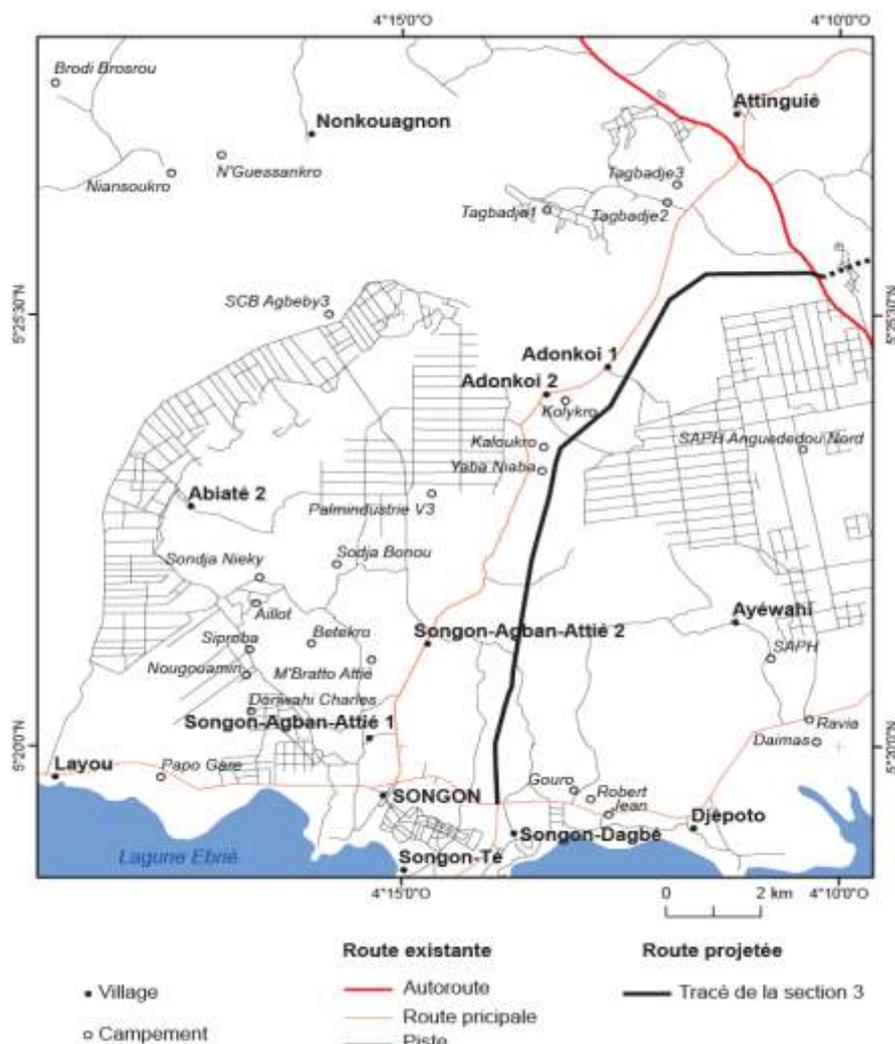


Figure III.1: Itinéraire (probable) de la section3 de l'autoroute périphérique d'Abidjan (VoieY4)

Le District Autonome d'Abidjan

Le District Autonome d'Abidjan (DAA) est situé au Sud de la Côte d'Ivoire et s'étend sur 2 119 km². Il est compris entre les latitudes 5°00' et 5°30' N et les longitudes 3°50' et 4°10' W et est limité au Nord, par la région de l'Agnéby-Tiassa; au Sud par l'océan Atlantique; à l'Ouest par les départements de Dabou et de Jacqueville; à l'Est par les départements de Grand-Bassam et d'Alépé. Véritable poumon économique, l'ex-ville d'Abidjan a été érigée en district par la loi n°2001-478 du 09 août 2001. Conformément à cette loi, le DAA est devenu une collectivité décentralisée de type particulier dotée d'une personnalité morale et d'une autonomie financière. Il regroupe sur son périmètre, l'ensemble des institutions de la République, en attendant le transfert effectif de la capitale administrative et politique à Yamoussoukro. Le DAA comprend treize (13) communes autonomes dont dix (10) communes de la ville d'Abidjan (Abobo, Adjamé, Attécoubé, Cocody, Koumassi, Marcory, Plateau, Port-Bouët, Treichville et Yopougon) auxquelles s'ajoutent trois communes rurales que sont : Anyama, Bingerville et Songon. Du point de vue découpage administratif, le DAA fait partie des douze (12) districts, dont deux (2) autonomes (le DAA: capitale économique et le District Autonome de Yamoussoukro : capitale politique) que compte la Côte d'Ivoire. Il demeure, cependant, sous tutelle de l'Etat.

Ce district dispose d'importantes infrastructures et équipements économiques et sociaux de base. Son réseau routier reste remarquable et couvrent une longueur totale de 1 772,1 km dont 854,6 km bitumés et 917,5 km de route en terre.

Le DAA a une population composite qui comprend des autochtones (Ebrié, ou Tchaman, Attié et Mbato), des allochtones ivoiriens venues des autres régions (Baoulé, Koulango, Bété, Malinké, Agni, Abouré, Adjoukrou, pour ne citer ceux-là) et de nombreux étrangers (Africains, Européens, Asiatiques, Américains, etc.).

Selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) de 2014, le DAA compte 4 707 404 habitants dont 22,4% de non ivoiriens. Son taux de croissance est de 2,7% contre 3,55% au niveau national, avec une forte densité de 2 221 habitants au km² contre 70 habitants au km² au plan national. Tous ces facteurs font du DAA la plus grande métropole de la Côte d'Ivoire.

Sous la forte pression anthropique, les infrastructures et équipements sont dans un état de dégradation très avancé et inadéquats avec comme conséquence, la dégradation des conditions de vie des populations d'Abidjan.

Sur le plan économique, le DAA Abidjan abrite l'essentiel des entreprises de tous les secteurs d'activité (le secteur primaire, le secteur secondaire et le secteur tertiaire). Les secteurs secondaires et tertiaires se concentrent principalement dans la ville d'Abidjan tandis que le secteur primaire se pratique dans les sous-préfectures de Songon, Bingerville, Brofodoumé et Anyama.

III.1.2 Climat dans la zone du projet

Le climat de la zone d'étude est celui du DAA. Le DAA est sous l'influence du climat équatorial de transition (climat attiéen), marqué par quatre saisons dans le cycle annuel (**Figure III.2**). On note ainsi, une grande saison des pluies d'avril à juillet suivie d'une petite saison sèche d'août à septembre; une petite saison pluvieuse intervient d'octobre à novembre et une grande saison sèche de décembre à mars. La pluie moyenne annuelle enregistrée dans le district d'Abidjan varie de 1477 mm à la station d'Irho Lamé à 1566 mm à la station d'Adiopodoumé sur la période 1986-2006. La SODEXAM indique en 2015 que la moyenne des précipitations annuelles pour la station d'Abidjan est de l'ordre de 1614,63 mm de 2012 à 2014, avec un minima de 1274,90 mm et un maxima de 1931,9 mm. Les pics des précipitations mensuelles au cours de la même période sont atteints au mois de juin. La **Figure III.3** présente la variation de la pluie moyenne mensuelle à Abidjan de 2012 à 2014.

La température moyenne annuelle sous le climat attiéen est de 25° C à 33° C. La période 2012-2014 affiche des températures qui oscillent entre 25° C et 33° C (**Figure III.4**). De fait, les variations de température (surtout la température maximale) mettent en évidence les caractéristiques de chaque saison notamment de la grande saison sèche où souffle l'harmattan en partie et de la saison des pluies durant laquelle arrive la mousson. Les variations périodiques et régulières de la circulation générale donnent aux conditions annuelles de la température une allure identique et régulière qui reflète bien l'uniformité et la stabilité de cet élément sous les latitudes tropicales.

De façon générale en Côte d'Ivoire, l'intrusion de l'harmattan apportera quelques perturbations pendant la saison sèche, mais leurs effets ne seront sensibles que sur l'amplitude diurne et sur les températures maximales et maximales absolues. L'amplitude des températures maximales moyennes est plus importante tandis que les valeurs minimales ne varient pas considérablement.

Le fort taux d'humidité (hygrométrie) est de l'ordre de 80 à 90 % sur l'année. En générale en Côte d'Ivoire, les valeurs moyennes annuelles de l'humidité relative baissent régulièrement du Sud au Nord en raison du mouvement en latitude du Front Inter Tropical (FIT) et de la quasi-permanence du flux de mousson sur les régions Sud.

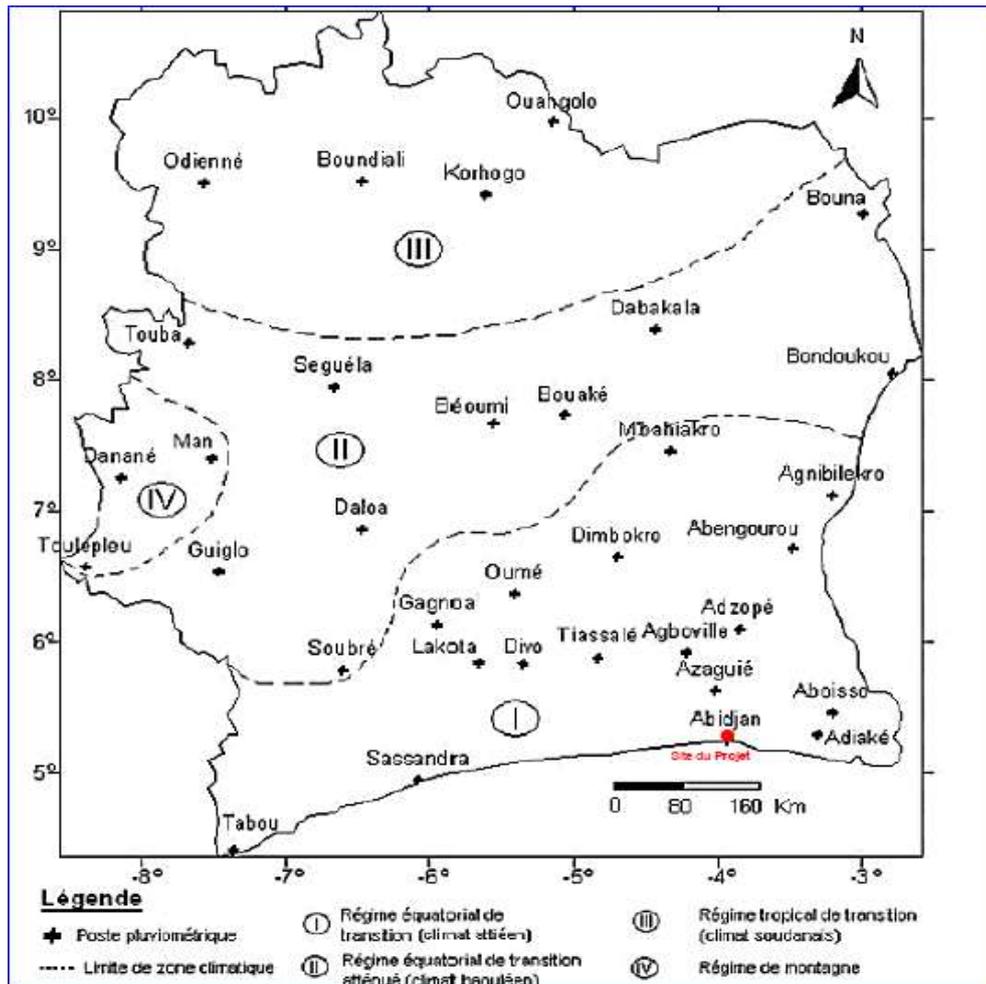


Figure III.2: Les zones climatiques de la Côte d'Ivoire

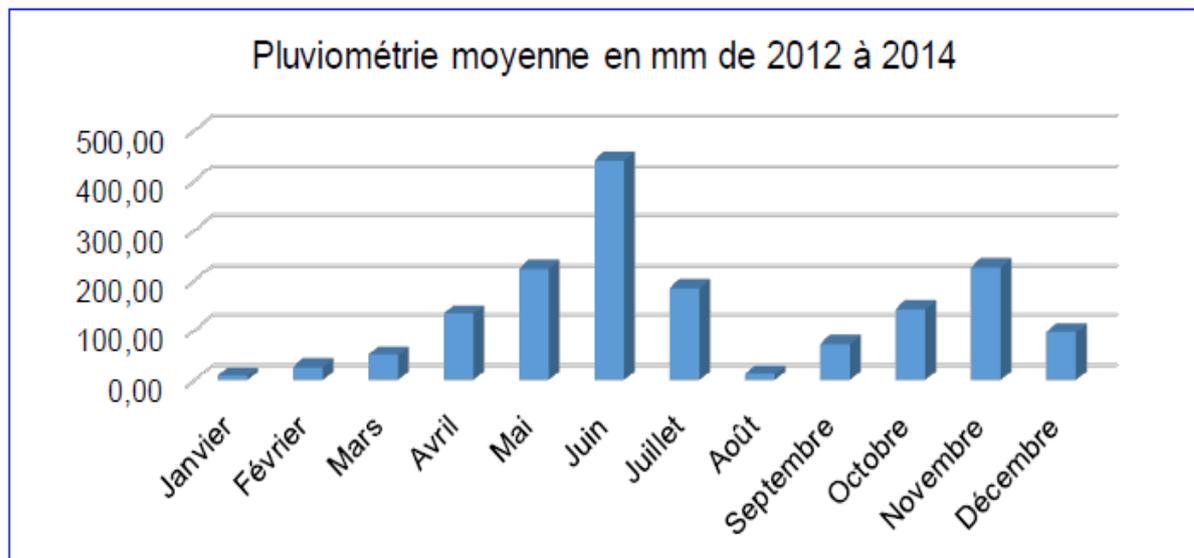


Figure III.3 : Variation de la pluie moyenne mensuelle à Abidjan de 2012 à 2014 (source SODEXAM, 2015)

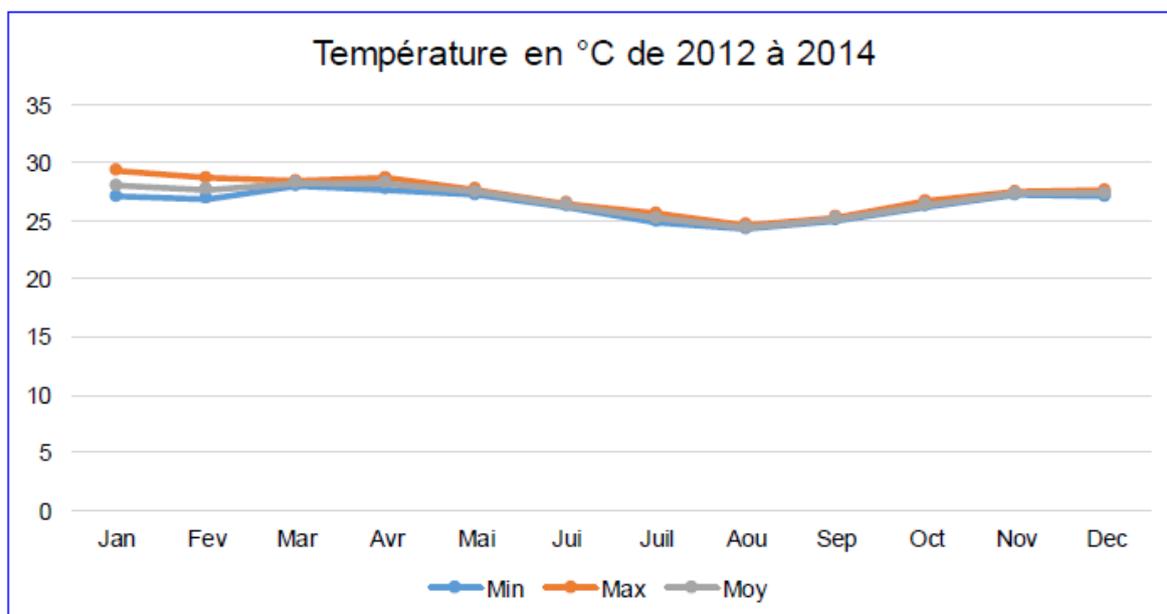


Figure III.4 : Evolution des températures maximales, minimales et moyennes mensuelles à Abidjan de 2012 à 2014 (source SODEXAM, 2015)

III.1.3 Occupation du sol dans la zone du projet

De façon générale, le DAA se situe dans le domaine forestier du pays. La surface de ce couvert végétal a fortement diminué en raison de son exploitation excessive, notamment une urbanisation galopante, de grandes exploitations agricoles etc... La forêt primaire a pratiquement disparu en dehors de certaines zones protégées, comme les forêts d'Anguédédou et du Banco.

La distribution présentée sur la carte d'occupation du sol (**Figure III.5**) montre que la zone d'emprise du projet est couverte en grande partie par une forêt dégradée où les cultures et les jachères sont dominantes. La destruction de la forêt du fait de l'anthropisation a favorisé la mise en place d'une végétation herbacée alternant par endroit avec des habitations. La végétation anthropique est essentiellement constituée de plantations de cultures de palmiers et d'Hévéa (Palmindustrrie V3, SAPH Anguedédou Nord, SAPH etc...) et des cultures de manioc (destinées à la vente et à la consommation familiale) éparpillées sur l'ensemble du site (**Figure III.6**).

A l'image de la forte croissance démographique dans le district d'Abidjan, les indices de l'urbanisation rapide de la ville d'Abidjan sont observés par endroit dans la zone du projet (**Figure III.6 b**).

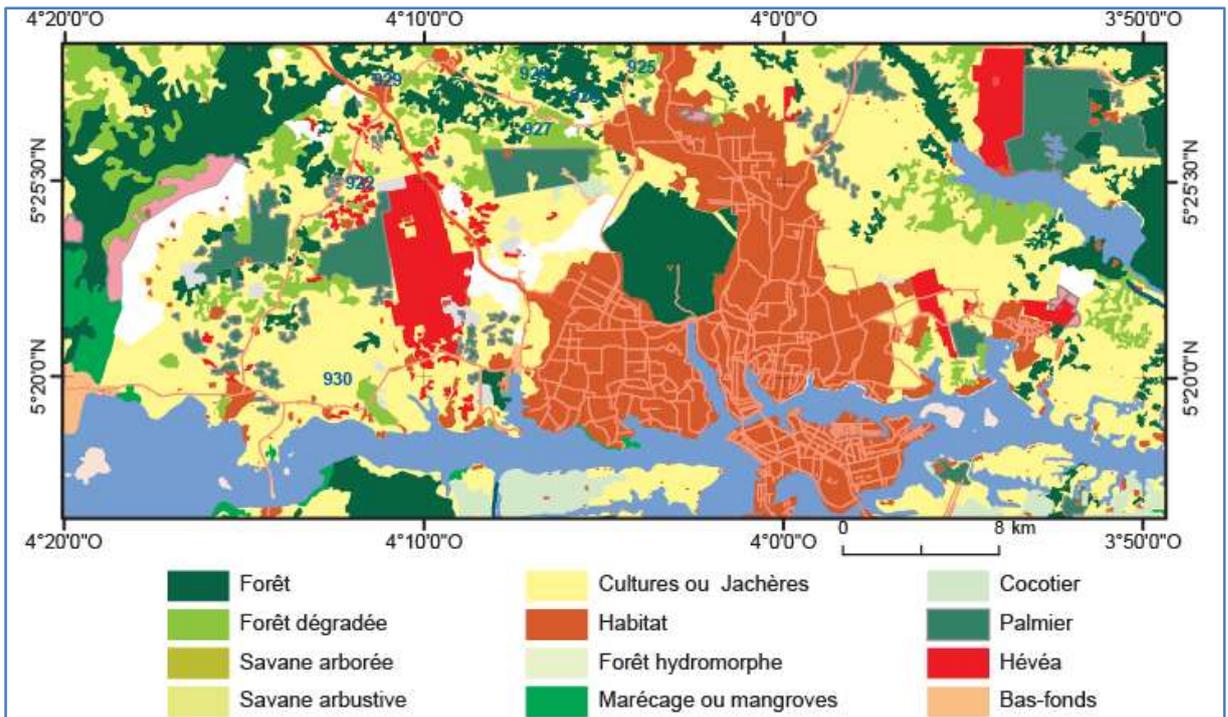


Figure III.5 : Carte de l'occupation du sol d'Abidjan et ses environs (Yao et al., 2015)



Figure III.6: Couvert végétal herbacé et culture vivrière à la lisière d'une plantation d'hévéa

III.2 - CADRE GEOLOGIQUE

III.2.1 Aperçu géologique de la Côte d'Ivoire

La Côte d'Ivoire appartient au vieux bouclier de l'Afrique de l'Ouest (Tagini, 1971) qui, avant l'ouverture de l'Atlantique, était en continuité avec celui du Brésil. Les formations géologiques de la Côte d'Ivoire se répartissent, selon Pothin et *al.* (2000), entre deux entités chronologiquement distinctes (**Figure III.7**). On distingue d'une part le socle précambrien qui constitue la majeure partie du territoire soit 97,5 % et d'autre part, le bassin sédimentaire récent, secondaire à quaternaire, qui représente 2,5 % du territoire. Le socle appartient à la dorsale de Man du craton Ouest Africain. Il est subdivisé en deux parties d'aire inégale (Bessoles, 1977), séparées par la zone faillée du Sassandra. On distingue ainsi un domaine archéen et un domaine paléoprotérozoïque. Sur la base de nouvelles données géochronologiques publiées par Boher et al. (1992), Kouamélan (1996), Hirdes et al. (1996), Doumbia et al. (1998), Kouamélan et al. (1997) et , trois domaines ont été identifiés sur le socle précambrien : le domaine archéen, le domaine de transition et le domaine paléoprotérozoïque. Le domaine archéen est structuré au cours des orogénèses léonienne (3500 Ma - 2900 Ma) et libérienne (2900 Ma - 2500 Ma). Il se rapporte au Sud-Ouest et à l'Ouest de la Côte d'Ivoire et occupe environ 10 % du territoire.

Le Libérien constitue, durant l'Archéen, le stade où les phénomènes tectono métamorphiques sont les plus importants. Le domaine protérozoïque correspond au reste du socle ivoirien et serait structuré soit au cours d'un mégacycle éburnéen (2500 Ma-1600 Ma) (Arnould, 1961b, Tagini, 1971, Yacé, 1976), soit au cours des deux cycles orogéniques bien distincts que sont le Burkinien (2400 Ma à 2150 Ma) et l'Eburnéen (*sensu stricto*) (2120 Ma à 1800 Ma) (Lemoine, 1988; Abouchami 1990 et Boher 1991).

Le bassin sédimentaire représente la frange côtière, moins importante, recouvrant la vieille plate forme au Sud du pays. Il est le plus occidental des petits bassins d'âge Méso-cénozoïque de la façade côtière du golfe de Guinée (Sombo, 2002). C'est un bassin de "type ouvert" dont la plus grande partie est actuellement immergée ou Offshore, soit environ 55 000 km². La partie émergée ou Onshore du bassin, d'une superficie de 8 000 km², constitue une mince frange littorale qui occupe les 3/5 de la façade maritime. Elle présente une forme en croissant, peu incurvé, avec des pointes orientées dans la région de Fresco-Sassandra à l'Ouest et au Ghana à l'Est. Le bassin Onshore est traversé d'Ouest en Est par une faille majeure appelée « faille des lagunes ». Cette faille constitue la limite septentrionale du bassin sédimentaire profond (environ 5000 m de dépôts) qui s'étend dans le domaine marin actuel sur une zone de croûte continentale amincie. Dans le domaine continental actuel, au Nord de l'accident des lagunes, le bassin enregistre une couverture sédimentaire peu épaisse (170 m) au dessus du socle précambrien. La coupe géologique du bassin révèle une stratigraphie des dépôts qui débute par le Jurassique supérieur ou Crétacé inférieur et s'achève par le Continental Terminal (mio-pliocène) surmonté par une faible épaisseur de dépôts quaternaires (**Tableau III.1**).

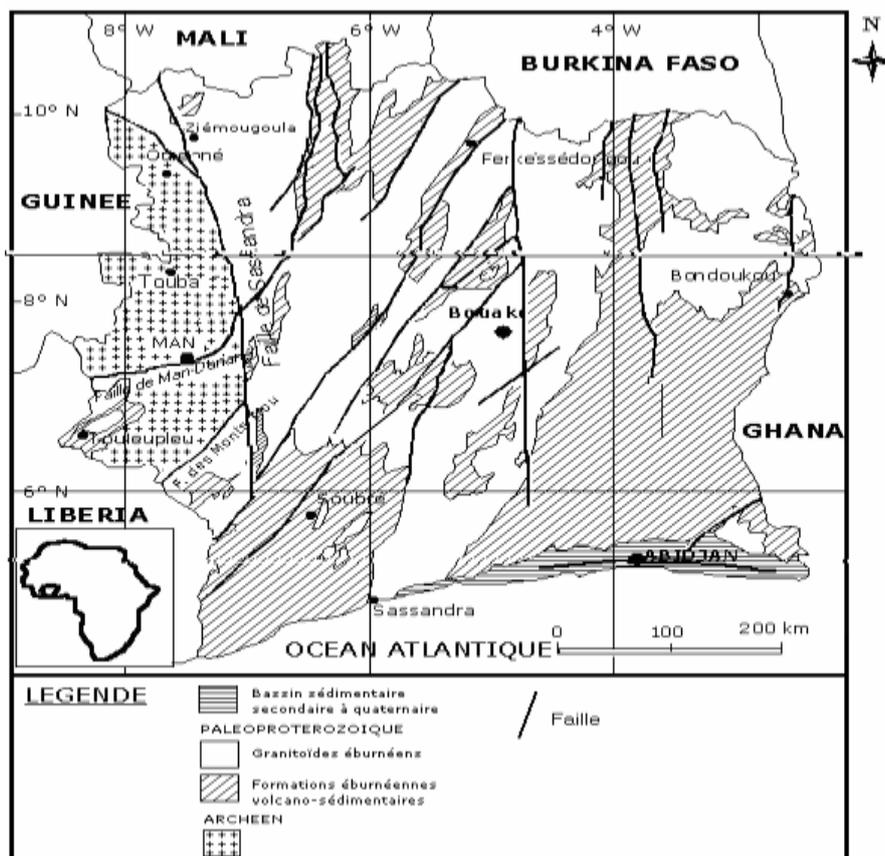


Figure III. 7 : Carte géologique simplifiée de la Côte d'Ivoire (modifiée d'après Kouamélan, 1996 in Pothin et al., 2000)

Tableau III.1: Unités lithologiques et étages stratigraphiques du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire (Aka, 1991 modifié par Ennin 2003)

UNITES LITHOLOGIQUES	EPAISSEURS DES COUCHES MOYENNES (m)	ETAGES STRATIGRAPHIQUES
Terre de barre (argiles sableuses rubéfiées, sables marins)	50	Quaternaire
Continental terminal (sables argileux rougeâtres, argiles sombres)	600	Mio-Pliocène
Argiles sombres(Bingerville)	?	Oligocène
Argiles glauconieuses, sableuses à bancs calcaires	490	Eocène
Argilites parfois glauconieuses à passées calcaires ou sableuses	500	Paléocène
Argiles, formations détritiques à calcaires zoogènes, calcaires gréseux et sables	820	Sénonien
Argiles (brunes) légèrement calcaireux et silteuses	426	Turonien
Argiles noires, sables fins et des calcaires	700	Cénomaniens
Argiles feuilletées noires à intercalation de grès et de marnes	2 000	Albo-Aptien

Série continentale de base (épaisse formation de sables, grès conglomératiques, d'argiles versicolores à intercalation d'argiles noires)

500 à 5 000

Crétacé inférieur

III.2.2. Aperçu géologique et géomorphologique de la zone d'étude

La zone du projet se situe sur le bassin sédimentaire onshore, au Nord de la faille des lagunes (**Figure III.8**). Les formations géologiques (**Figure III.9**) dans cette zone se résument à celle du bassin sédimentaire côtier ivoirien décrit ci - dessus. Du point de vue litho stratigraphique, le bassin sédimentaire présente d'importantes variations latérales et verticales de faciès. La zone du projet est caractéristique des formations du continental terminal ou Mio-Pliocène(sables grossiers, argiles bariolées, sables et grès ferrugineux etc....) au Nord de la lagune Ebrié.

La géomorphologie de cette zone se limite aux plateaux du Continental Terminal(**Figure III.10**). Ces plateaux sont à deux niveaux (Ahoussi, 2008):

- les hauts plateaux de 40 à 50 m et de 100 m. Ils sont représentés par les buttes du Continental Terminal au Nord de la Lagune Ebrié. Ces plateaux sont entaillés par des vallées profondes à fond plat et à versants raides. La surface de ces plateaux est incisée par un réseau très ramifié de thalwegs dont certains sont temporairement drainés.
- les bas plateaux d'altitude variant de 8 à 20 m plus proches de la lagune Ebrié.

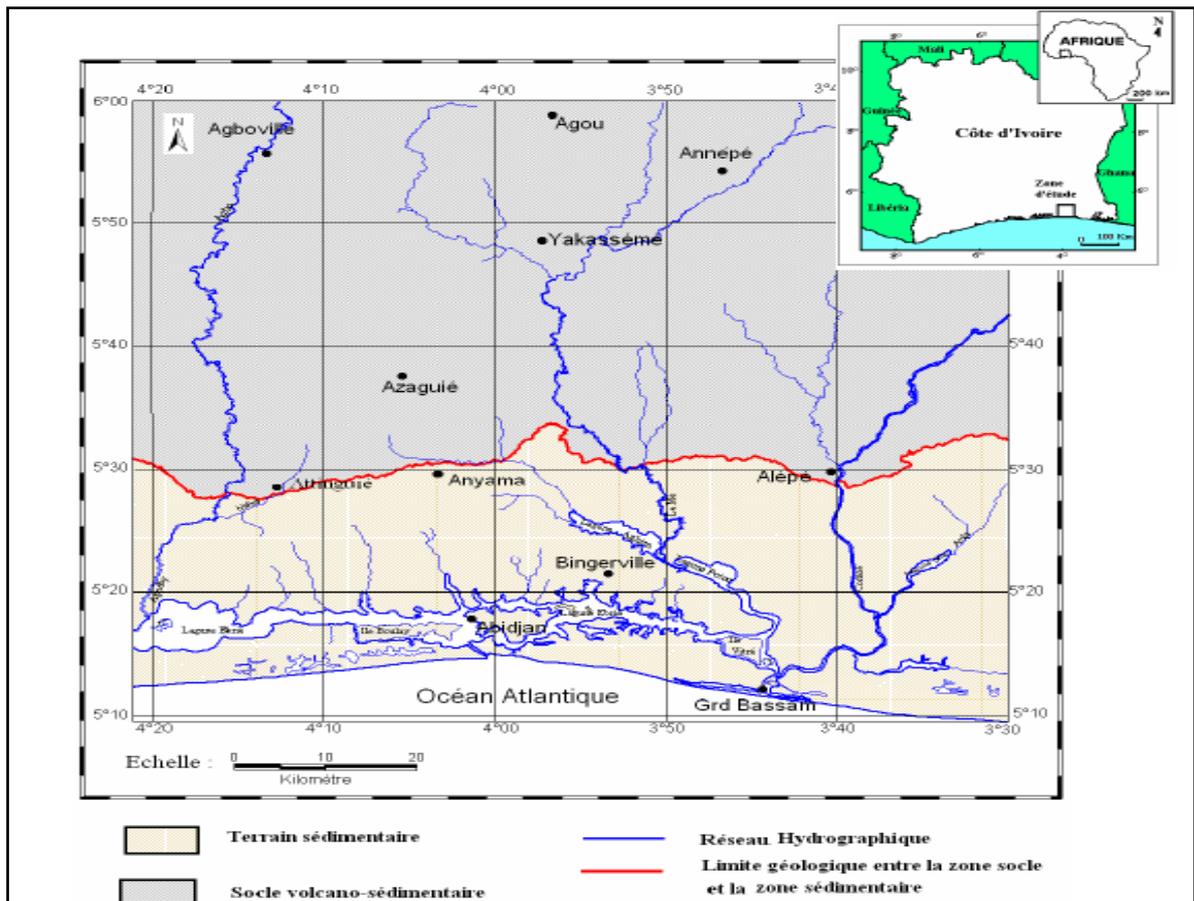


Figure III.8. Contexte géologique de la zone du projet (source Ahoussi, 2008)

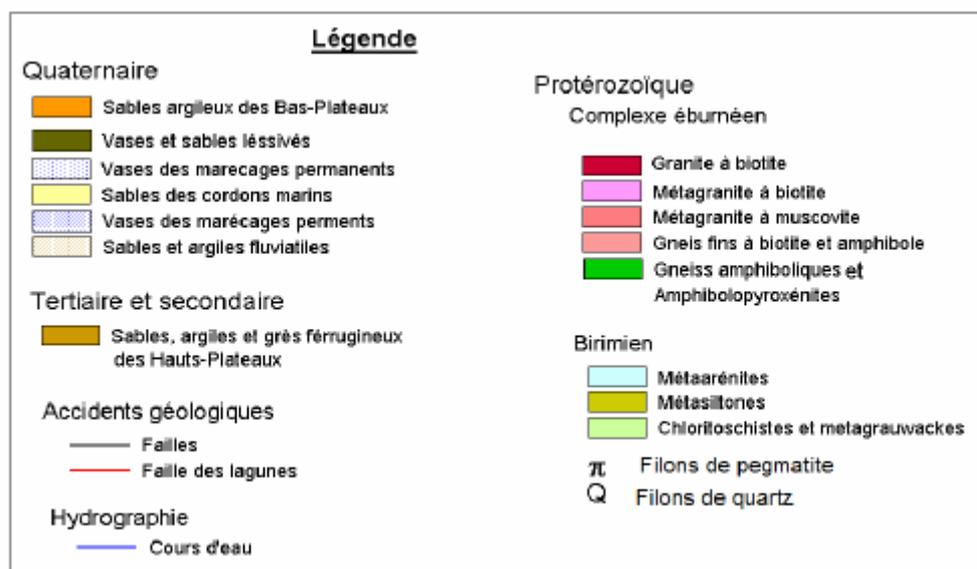
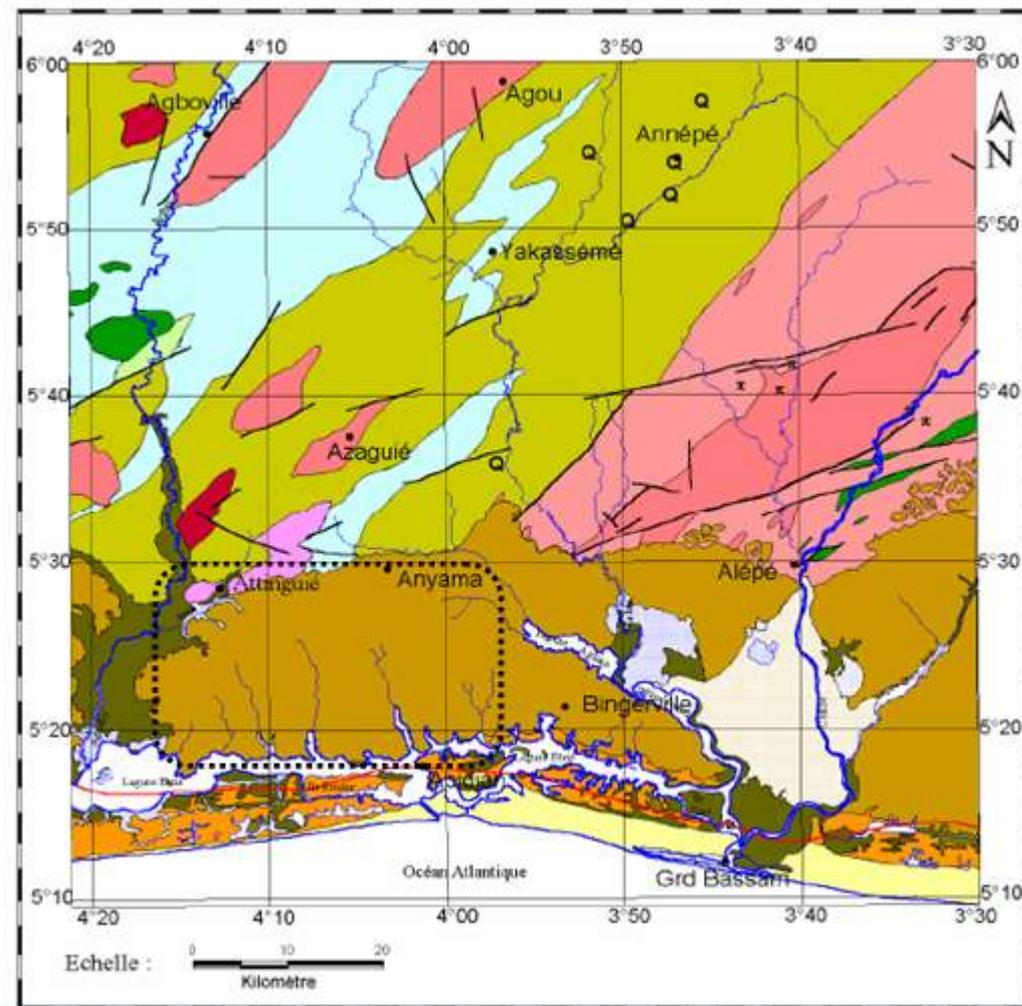


Figure III.9: Formations Géologique de la zone du projet (source Ahoussi, 2008 ; modifiée de Delor *et al.*, 1992)

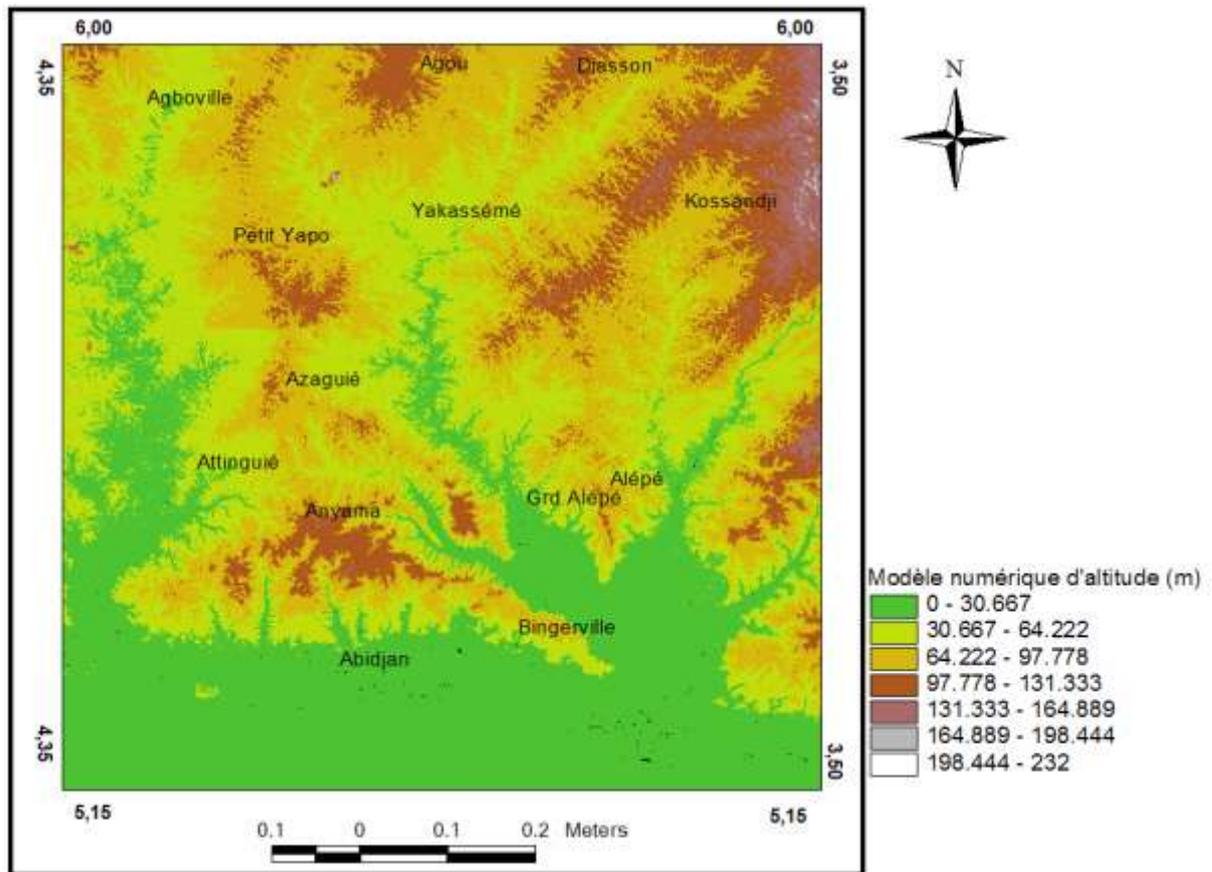


Figure III.10. Carte du Modèle Numérique d'Altitude (MNA) de la région d'Abidjan-Agboville(USGS, 2007 in Ahoussi 2008)

III.3 - CADRE HYDROGEOLOGIQUE

III.3 .1 Hydrographie de la zone du projet

La zone du projet renferme un réseau hydrographique composé essentiellement de petits cours d'eau qui sont la Niéké et le Gbangbo ainsi que plusieurs petits cours d'eau non permanent (**Figure III.11**)

La Niéké est le principale cours d'eau dans la zone d'emprise du projet. C'est un affluent de rive gauche de l'Agnéby, avec une direction d'écoulement nord-est et sud ouest.

L'Agnéby est une rivière côtière qui prend sa source à Agoua, à l'altitude 250 m et s'écoule dans la direction nord-sud. Elle couvre un bassin versant d'une superficie de 8 900 Km² et s'étend sur une longueur de 200 Km. Ces principaux affluents, tous de rive droites, sont : le Kevi, le M'pébo et le Séguié. Son profil en long est assez irrégulier et la pente moyenne est de 1,25 m par Km.

A côté de la Niéké, le Gbangbo draine les eaux dans la zone d'emprise du projet. Il s'écoule dans la direction nord-sud et se jettent dans la lagune Ebrié..

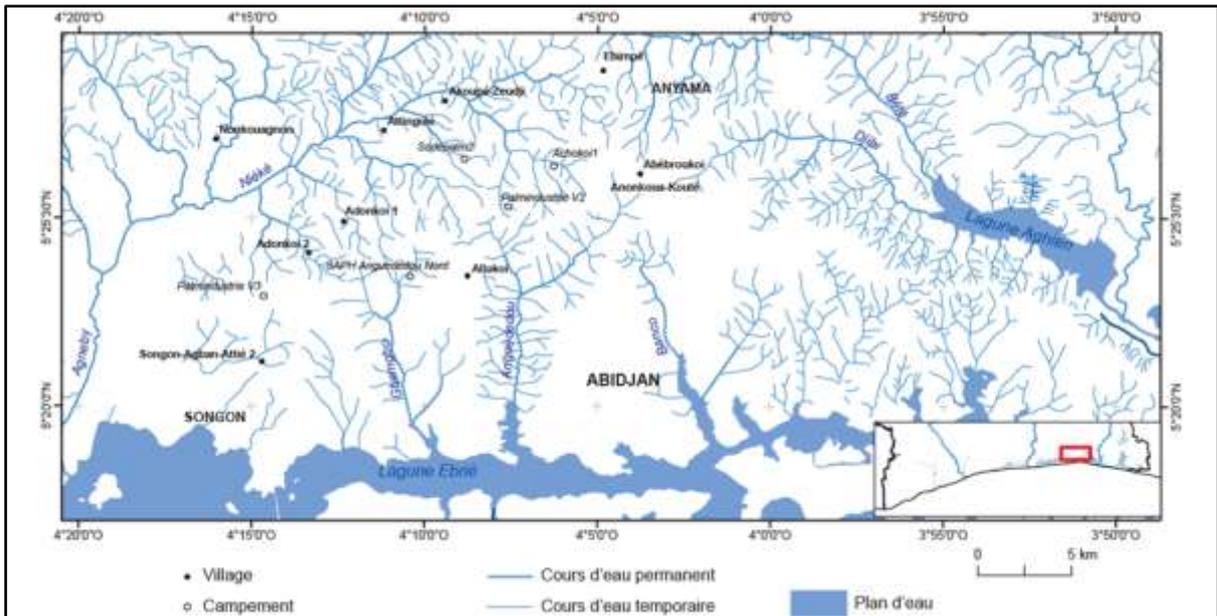


Figure III.11: Réseau hydrographique de la zone du projet

III.3.2 Hydrogéologie de la zone du projet

Le contexte géologique de la zone du projet permet de définir une seule unité hydrogéologique qui recèle les eaux souterraines: les aquifères continus. Ces aquifères sont caractéristiques du bassin sédimentaire. Ce sont :

- l'aquifère du Quaternaire,
- l'aquifère du Mio-Pliocène (Continental Terminal)
- l'aquifère du Crétacé supérieur (Maestrichtien).

L'aquifère du Mio-Pliocène est le plus important et la principale source d'approvisionnement en eau potable de la ville d'Abidjan. L'exploitation des eaux du Continental Terminal pour l'alimentation en eau potable du District d'Abidjan représente 68% de la production d'eau potable nationale. Il fournit par endroits des débits relativement importants allant jusqu'à 300 m³/h. Cet aquifère est donc celui qui contient la nappe du Continental Terminal, communément appelée nappe d'Abidjan.

Sur le plan hydrodynamiques, l'aquifère du Continental Terminal présente une perméabilité hétérogène qui varie entre 10⁻⁵ et 10⁻³ m/s à certains endroits et se réduit à 10⁻⁵ ou 10⁻⁶ m/s à d'autres endroits par suite de la présence des lentilles d'argiles dans les sédiments.

Les nombreux essais de pompage réalisés sur le bassin sédimentaire côtier ivoirien ont permis de déterminer dans le Continental Terminal les valeurs de transmissivités moyennes. Elle varie entre 2,8.10⁻⁵ et 30.10⁻² m²/s. Les secteurs de Zone Nord, Zone Est et de la Zone Ouest constituent les localités à forte transmissivité, avec respectivement 20.10⁻² m²/s et 30.10⁻² m²/s. En outre, les cartes piézométriques de la nappe du Continental Terminal à différentes périodes de l'année montrent que le sens d'écoulement de la nappe est nord-sud et la zone d'alimentation principale de la nappe se situe dans le secteur Nord de la région des hauts-plateaux d'Anyama Louroux (1978) in Oga (1998), Jourda (1987), SOGREAH (1972 et 1996), Ahoussi (2003) et Kouamé (2007).

L'estimation de la recharge de la nappe d'Abidjan a montré que la recharge moyenne potentielle est de 252 mm an⁻¹. en 2006 (Yao, 2015). Cette recharge est nettement plus faible dans les zones dénudées et fortement urbanisées où le ruissellement est plus important (**Figure III.12**), notamment les secteurs du plateau, de Yopougon et Abobo. Quant à la recharge réelle, la recharge moyenne annuelle est de 158 mm an⁻¹. La figure III.12 révèle que la recharge au niveau de la section 3 apparaît plus importante qu'au niveau de la section 2.

Cependant, cette ressource capitale est actuellement menacée par la surexploitation et la pollution. Dans le dernier cas, les rejets industriels, les eaux usées domestiques, de même que l'utilisation des pesticides et des engrais sont autant de causes qui ont contribué, au cours de ces dernières décennies, à la détérioration réelle de la qualité des eaux souterraines du Continental Terminal au niveau du District d'Abidjan (Jourda *et al.*, 2003; Soro *et al.*, 2010 ; Ahoussi *et al.*, 2010; Deh *et al.*, 2012)

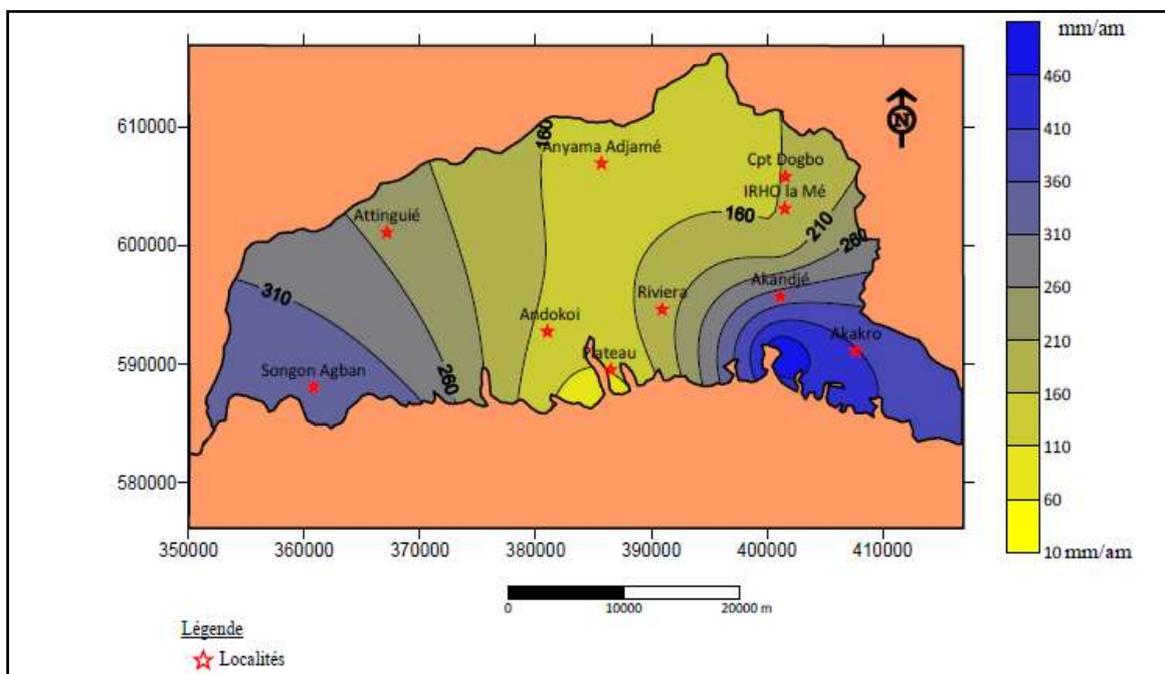


Figure III.12: Carte de la recharge potentielle de la nappe d'Abidjan en 2006 (Yao et al, 2015)

IV 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 mesure *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.

IV.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 de construction de l'autoroute périphérique d'Abidjan : section 3, une campagne de terrain a été menée le 07 décembre 2017 le long du tracé de la future autoroute. 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 (cours d'eau) et souterraines ainsi que des sédiments (au niveau des eaux de surface).

Ainsi, trois (03) stations de prélèvement et de mesures des eaux et des sédiments ont été retenues pour ce secteur (**Figure IV.1**). La station F3 (Forage 3) est une station de prélèvement d'eau souterraine. Elle est susceptible de rendre compte de la qualité de l'eau souterraine sur cette section. Les stations R2 et R3 ont été implantées respectivement sur un affluent de la rivière Niéké (elle-même affluent de rive gauche de la rivière Agnéby) et une petite rivière à l'Ouest de la rivière Gbangbo. Ces stations drainent les apports des parties nord et sud de la zone du projet. Il est à noter que la station R2 est une station transverse, à cheval entre les sections 2 & 3 de la Y4.

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

Tableau IV.1 : Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage sur le secteur 3 de la Y4

Stations de Prélèvements	Coordonnées GPS (d° min sec)		Caractéristique des stations
	Longitude -O	Latitude-N	
Rivière 2 (R2)	4°11'48.92" O	5°27'41.92"N	Affluent de la rivière Niéké dans la localité d'Attinguié.
Forage 3 (F3)	4°13'11.79"O	5°19'16.41"N	Forage du village d'Adonkoi
Rivière 3 (R3)	4°10'31.81"O	5°20'17.71"N	Rivière à l'Ouest de la rivière Gbangbo, au sud de la zone du projet

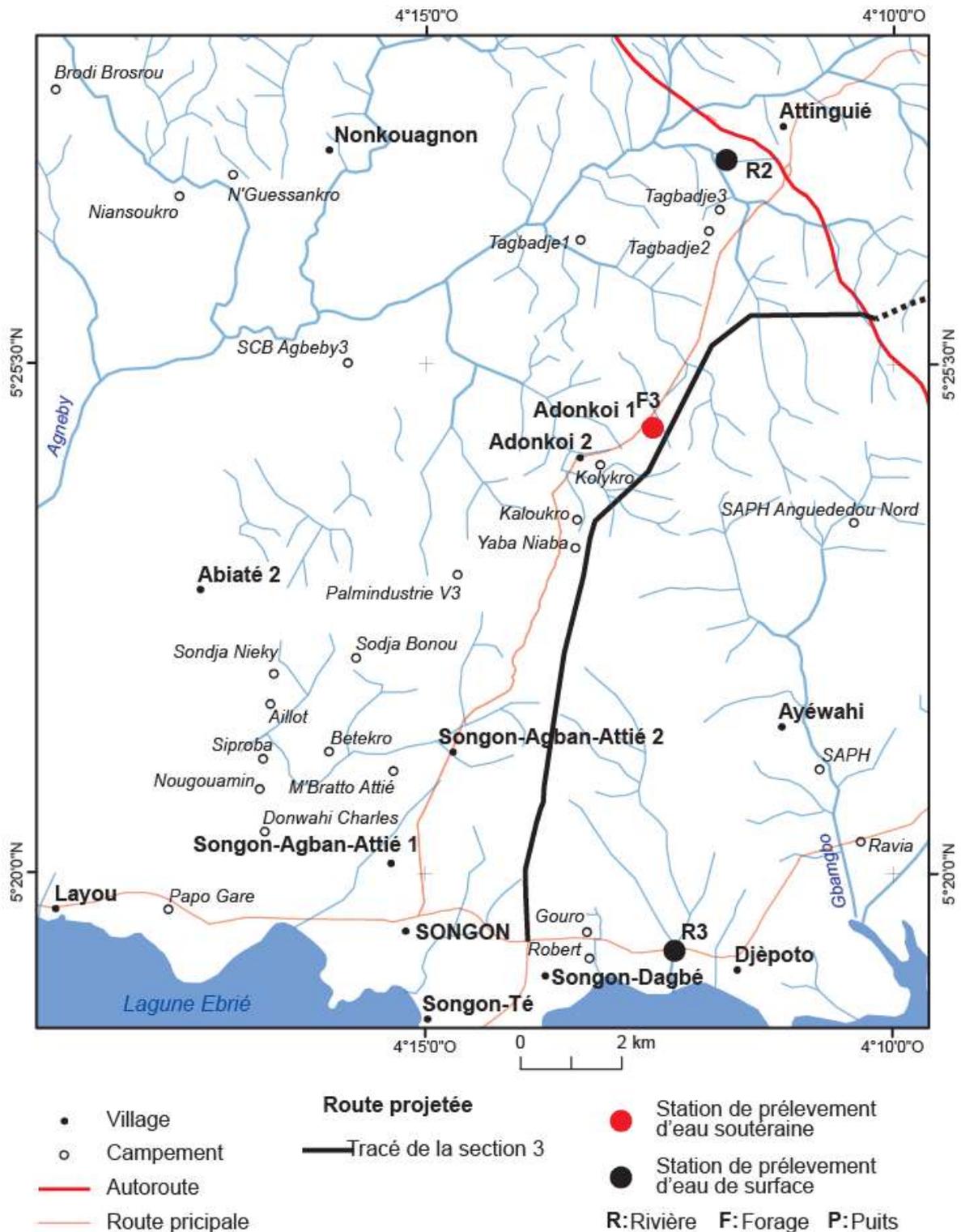


Figure IV.1: Localisation des stations d'échantillonnage d'eau (eau de surface et souterraine) et de sédiments

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

a) Prélèvement des échantillons d'eau et de sédiment dans les rivières (eau de surface)

Les prélèvements d'échantillons d'eau ont été effectués en surface dans deux (2) rivières drainant la zone du projet: Un affluent de la Niéké, affluent de rive gauche de l'Agnéby et à l'exutoire d'une petite rivière côtière qui se jette dans la lagune Ebrié. Deux échantillons d'eau de rivière ont ainsi été obtenus. Des flacons en plastique de 1 L 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 destinés aux analyses microbiologiques, des flacons en verre borosilicaté de 500 mL préalablement stérilisés à l'étuve, ont été utilisés. 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 au prélèvement 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 forages et de puits (eaux souterraines)

Le prélèvement d'eaux souterraines s'est fait dans un forage jouxtant la zone du projet à Adonkoi après une purge de l'eau résiduelle. Les analyses de DCO et DBO₅ n'ont pas été effectuées car les eaux souterraines n'étant pas destinées à accueillir des peuplements aquatiques.

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

Certains paramètres ont été mesurés *in situ* (**Figure IV.2**) notamment les paramètres physico- chimiques tels que la température, le pH, la conductivité et la turbidité. Les matières en suspension, les paramètres organiques (DCO et DBO₅); les micropolluants organiques (HAPs), les éléments nutritifs, la composition ionique, 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 de la rivière. 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 IV.2



Figure IV. 2 a: mesure in situ de paramètres physiques du forage d'Adonkoi à l'aide d'un multiparamètre



Figure IV. 2 b: mesure in situ de paramètres physiques sur un affluent de la rivière Niéké à l'aide d'un multiparamètre

Tableau IV.2 : Matériel et méthodes de mesures et d'analyses des paramètres physico-chimiques et nutriments, des métaux lourds et microbiologiques dans les eaux et sédiments

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 UV/VIS –Méthode HACH 8507
Ortho-phosphates		Dosage colorimétrique sur spectrophotomètre UV/VIS à nm - méthode de Murphy et Riley (1962).
Ammonium		Dosage colorimétrique sur spectrophotomètre UV/VIS.–Méthode HACH 8155.
Sulfates		Dosage colorimétrique par spectromètre, Méthode 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	
Bactéries (Coliformes fécaux, streptocoques fécaux, Salmonelles, vibrios)	NI 4613 : Directives générales pour les examens microbiologiques. NI 4612 : Directives pour le dénombrement des coliformes fécaux et <i>d'Escherichiacoli</i>	
Teneur en matière organique	Sédiment	Pesée différentielle du sédiment sec avant et après perte au feu (550°C pendant 4 heures).
Teneur en eau		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
Aluminium		ICP-AES en respectant les différentes longueurs d'onde de chaque élément.
Cuivre		
Cadmium		
Manganèse		
Zinc		
Plomb		
Fer		
Chrome		

V. QUALITE PHYSICO-CHEMIE ET MICROBIOLOGIQUE DES EAUX ET DES SEDIMENTS

V.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 V.1

Tableau V.1 : Valeurs des paramètres physico-chimiques dans les eaux de surface et souterraines du projet Y 4 section 3

Stations	T°C (°C)	pH	Oxygène dissous (mg/L)	Turbidité (NTU)	Conductivité (µS/cm)	Salinité (‰)	TD S (mg/L)
Eaux souterraines							
F3	27,5	4,10	7,45	0,29	45,6	0,01	20,28
Rivière							
R2	26,6	6,48	4,54	21,8	43,7	0,02	19,84
R3	27,8	5,52	3,85	3,3	38,2	0,01	16,92
Normes OMS	CEE ; <25	6 -9	-	5	<400	-	100 0

V.1.1 Température

La valeur de température de 27,5°C rencontrée dans les eaux du forage correspond aux températures d'eaux souterraines peu profondes rencontrées en Afrique tropicale (Aka, 2014). Les teneurs rencontrées en surface dans les rivières varient de 26,6 à 27,8°C, avec une moyenne de 27,2°C. Celle-ci est légèrement inférieure à celle rencontrée dans le forage.

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 fluviales.

Selon Biémi (1992) et Rodier (1996), la valeur impérative de 25°C est difficile à observer en Afrique de l'ouest où la température moyenne de l'eau tend vers 30°C en raison des conditions climatiques.

V.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).

Pour la consommation humaine, une forte acidité peut avoir une incidence sur les éléments traces métalliques en les remobilisant en solution rendant ainsi l'eau impropre à la consommation.

Les valeurs de pH dans l'ensemble sont très acides avec des teneurs allant de 4,10 (station Forage). Il faut souligner que les eaux souterraines sont plus acides que ceux des rivières dont la moyenne est de 6. Cette forte acidité des eaux souterraines de la zone est spécifique au continental terminal.

Les valeurs du pH étant inférieures à 6, nous pouvons affirmer que les eaux de surface et souterraines ne sont pas propices à la consommation humaine selon les normes de l'OMS. Ils doivent faire, au préalable, l'objet d'un traitement.

V.1.3 Oxygène (O₂) dissous

Les eaux souterraines sont relativement bien oxygénées avec une valeur de 7,45 mg/L rencontrée dans le Forage F3. Quant aux eaux de surface, les valeurs oscillent entre 3,85 (R3) et 4,54 mg/L, valeurs inférieures à celle des eaux souterraines (Tableau V.1). Cela est dû à la respiration des organismes vivants et les réactions d'oxydation de la matière organique dans les eaux de surface.

V.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).

En outre, la conductivité de l'eau est aussi influencée par les variations de débit des cours d'eau et des rivières qui alimentent le fleuve : 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. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 µS/cm. En général, plus l'eau contient des ions comme les ions calcium (Ca²⁺), magnésium (Mg²⁺), sodium (Na⁺), potassium (K⁺), bicarbonate (HCO₃⁻), sulfates (SO₄²⁻) et les ions chlorure (Cl⁻), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée.

Les conductivités rencontrées dans les eaux de la zone d'étude sont dans l'ensemble très faibles et caractéristiques des eaux du continental terminal. Les valeurs d'eaux souterraines et d'eaux de surface sont comprises entre 38,2 µS/cm (Station Rivière 3) et 45,6 µS/cm (Station forage 3) avec une moyenne de 42,5 µS/cm.

Ces valeurs de conductivité inférieures à 200 µS/cm sont caractéristiques des eaux douces. Les valeurs des eaux de la zone observées témoignent d'une eau de qualité bonne selon l'OMS.

V.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 (Unité de Turbidité Néphélométrique) 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 eaux rencontrées dans la zone sont claires à légèrement turbide selon les stations. Concernant les valeurs observées au niveau des eaux souterraines, les eaux des forages (F3) avec une teneur de 0,29 NTU est très claire. Les eaux de surface sont claires (3,3 NTU à R3) à légèrement troubles (21,8 NTU à R2).

En considérant les valeurs guides admises par l'OMS et la classification ci-dessus, l'on peut affirmer que les eaux de surface et souterraines de la zone de qualité très bonne sauf à la station rivière 2 où elle est légèrement turbide.

V.1.6 Salinité

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

V.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 zone étant faiblement minéralisées, il va s'en dire que les taux d'ions dissous seront faibles. Les teneurs sont comprises entre 16,92 mg/L à la rivière R3 à 20,28 mg/L au forage F3.

V.2. Les éléments nutritifs et paramètres de pollution organique dans l'eau

Les résultats d'analyses des sels nutritifs et des éléments de pollution organique dans les eaux sont consignés dans le **Tableau V.2**.

Tableau V.2 : Concentrations des eaux en éléments nutritifs, DCO, DBO5, MES totaux dans la section 3 du projet Y4

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)
Eau souterraines							
F3	0,05	3,7	<0,002	0,73	-	-	1
Rivières							
R2	<0,01	0,4	<0,002	0,46	10	5	11
R3	<0,01	0,8	<0,002	0,3	20	10	5

	1		002	2			
Normes CEE ; OMS	0,50	50	0,1 0	5,0	30	3-7	15, 0

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

Les teneurs en éléments nutritifs (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}) des eaux de surface et souterraines de la zone d'étude sont dans l'ensemble faibles et varient selon les stations. Les teneurs en nitrates (NO_3^-) sont comprises entre 0,4 mg/L (station R2) et 3,7 mg/L (station F3). Les valeurs rencontrées sont très inférieures à 50 mg/L, la valeur seuil, proposée par l'OMS et qui concerne l'eau de boisson. Les valeurs de nitrites (NO_2^-) sont inférieures à la limite de détection de 0,002 mg/L

Les valeurs d'ammonium (NH_4^+) sont également très faibles et largement inférieures à la valeur limite de 0,5 mg/L proposée par l'OMS. Elles ne sont détectables que dans les eaux du forage F3 avec une valeur de 0,05 mg/L. Pour les autres, elles sont inférieures à la limite de détection.

Les concentrations en ions phosphates (PO_4^{3-}) varient de 0,32 (rivière R3) à 0,73 mg/L (forage), valeurs très largement inférieures à la valeur seuil de 5 mg/L, fixée par l'OMS.

Les eaux de la zone sont dans la plupart des cas, potables à l'égard des sels nutritifs.

V.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 zone d'étude sont comprises entre 1 mg/L (forage F3) à 11 mg/L (Rivière R2). Ces valeurs sont inférieures à 15 mg/L, valeur de non dépassement proposée par l'OMS et qui concerne les eaux de boisson. Ces valeurs comme l'a confirmé la turbidité montrent que ces eaux sont claires à peu turbides.

V.2.3 DCO et DBO_5

Ces valeurs de DCO et DBO_5 , rencontrées dans les rivières de la zone d'étude sont en majorité en dessous des valeurs guides fixées par l'OMS et qui sont respectivement inférieures à 30 et 3-7 mg/L.

Les concentrations des eaux de surface en DCO sont faibles. Elles sont respectivement de 10 et 20 mg/L pour les rivières R2 et R3. Mais concernant la DBO_5 , seule la valeur de 10

mg/L rencontrée dans la rivière R3 est légèrement supérieure à la fourchette de non dépassement fixée par l'OMS pour la bonne qualité de vie des organismes aquatiques.

V.3. Composition ionique des eaux

Les résultats d'analyses de la composition ionique des eaux sont consignés dans le **Tableau V.3**.

Tableau V.3 : Composition ionique en mg/L des eaux de la section 3 du projet Y4

Stations	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
Eaux souterraines							
F3	2	1,17	<0,5	<0,0 5	0,77	0	4
Rivières							
R2	3	1,34	4,98	2,32	1,3	11,2 2	7
R3	<2	0,95	2,45	<0,0 5	0,88	4,15	3
Normes CEE ; OMS	250	12	60- 100	50	-	-	200

Cations

Les eaux naturelles contiennent beaucoup d'ions dissous dont les principaux sont le calcium (Ca²⁺), le magnésium (Mg²⁺), le sodium (Na⁺), le potassium (K⁺), les carbonates (CO₃²⁻), les bicarbonates (HCO₃⁻), les sulfates (SO₄²⁻), les chlorures (Cl⁻) et les nitrates (NO₃⁻). 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 (CaCl₂), 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.

Dans la plupart des cours d'eau, les concentrations de sodium et de chlorures sont étroitement liées. 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 dépasse 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.

Compte tenu de la faible minéralisation des eaux de surface et de forage, les teneurs en éléments majeurs des constituants de l'eau sont très faibles.

Les concentrations en ions calcium (Ca^{2+}) dans les eaux de surface varient de 2,45 à 4,98 mg/L. Concernant les eaux souterraines (F3), la teneur en calcium est inférieure à la limite de détection de 0,5 mg/L. Pour les ions magnésium (Mg^{2+}), les teneurs sont très faibles et même à l'état de trace aux stations F3 et R3. Ils ont été détectés seulement à la station rivière 2 à la teneur de 2,32 mg/L.

S'agissant du sodium (Na^+), les teneurs sont également très faibles et comprises entre 0,77 mg/L (F3) et 1,3 mg/L (R2) avec une moyenne de 0,98 mg/L. Les teneurs en potassium (K^+) varient de 0,95 mg/L (R3) à 1,34 mg/L R2 avec une moyenne de 1,15 mg/L.

Tous les cations étudiés ont des concentrations largement inférieures aux limites de non dépassement proposées par l'OMS.

Anions

La teneur en bicarbonates (HCO_3^-) est presque nulle dans le forage (0 mg/L) du fait de la forte acidité (pH=4,10) rencontrée. Par contre des valeurs respectives de 4,15 mg/l et 11,22 mg/L sont rencontrées dans les rivières aux stations R2 et R3.

Les teneurs de Chlorures sont comprises entre 3 (rivière R3) à et 7 mg/L (rivière R2) avec une moyenne de 4,66 mg/L. Quant aux sulfates (SO_4^{2-}) les teneurs rencontrées dans les eaux de la zone sont très faibles et ont été détectées dans le forage et la rivière R2 à des concentrations respectives de 2 et 3 mg/L. Toutes les concentrations en anions majeurs rencontrées dans les eaux de la zone d'étude sont conformes aux normes admises par l'OMS.

V.4. Les métaux lourds

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

V.4.1 Les métaux dans les eaux

Les résultats d'analyses des métaux lourds dans les eaux sont consignés dans le Tableau V.4 . Les éléments métalliques tels que le cuivre, le cadmium, le manganèse, le fer, le zinc et le plomb ne sont généralement présents qu'à l'état de trace (de 0,1 à 100 microgrammes par litre) dans les eaux naturelles. Ils proviennent des roches mais aussi parfois des activités industrielles et domestiques.

Tableau V.4: Teneurs de métaux lourds dans les eaux

Station	Al (μg /L)	Cr (μg /L)	Cu (μg /L)	Fe (μg /L)	Mn (μg /L)	Ni (μg /L)	Pb (μg /L)	Zn (μg /L)
F3	<50	<5	<5	<50	<50	<50	<10	<50
R2	<50	<5	<5	<50	<50	<50	<10	<50
R3	<50	<5	11	<50	<50	<50	<10	<50
CRITERES (μg /L)								
OMS	200	50	2000	300	400	70	10	3000-

Dans les eaux de la zone d'étude, tous les éléments métalliques étudiés, à savoir l'Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, et Zn sont à l'état de trace à des concentrations inférieures à la limite de détection et des normes admises par l'OMS. Néanmoins, on retrouve le cuivre à une teneur de 11 μg /L dans la rivière R3.

En conclusion, nous pouvons dire que les eaux de la zone d'étude dans leur grande majorité sont de bonne qualité vis-à-vis des métaux.

V.4.2 Concentrations de métaux dans les sédiments de rivière

Les résultats d'analyses des métaux lourds dans les eaux sont consignés dans le **Tableau V.5** Ces sédiments sont essentiellement des sables moyens à fin gris contenant parfois des débris végétaux. Les caractéristiques des sédiments analysés sont consignées dans le **Tableau V.6**

Les teneurs en éléments traces métallique étudiés dans les sédiments de rivière sont inférieures à la limite de détection dans la rivière R2. Par contre, dans la rivière R3, des teneurs significatives de Cr (88,5 μg /kg), de Fe (34100 μg /kg,) et de Zn (2270 μg /kg) largement supérieure à la norme admise ont été enregistrées.

Tableau V.5: Concentrations de métaux lourds dans les sédiments de rivières

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)
R2	<50	<5	<50	<50	<50	<50	<10	<50
R3	<50	88,6	<50	34100	<50	<50	<10	2270
CRITERES (μg /L)								
	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 MDE Q (2008)	3,7 US EPA (1998 a)	-

Tableau V.6 : Caractéristiques macroscopiques des sédiments des Stations R1 et R2

Stations de Prélèvements	Coordonnées GPS (d° min sec)		Caractéristique des stations	Caractéristique des sédiments
	Longitude - W	Latitude-N		
Rivière 2 (R2)	4°11'48.92" W	5°27'41.92" N	Affluent de la rivière Niéké	Sable moyen à fin gris avec des débris végétaux
Rivière 3 (R3)	4°12'34.79" O	5°24'48.65" N	Rivière à l'Ouest de la rivière Gbangbo, au sud de la zone du projet	Sable moyen à fin contenant des gravillons

V.5 Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs)

V.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 V.7**

La plupart des hydrocarbures aromatiques polycycliques analysés en surface ont été détecté à des teneurs très faibles dans les échantillons d'eaux de surface et souterraines de la zone d'étude. En effet, l'acénaphène, le fluorène, le phenanthrène, l'anthracène, le fluoranthène et le pyrène se retrouvent à l'état de trace à des teneurs largement inférieures aux normes US EPA dans le forage et les rivières étudiées. Il en est de même pour le naphthalène et le benzo (a) phenanthridin qu'on retrouve seulement dans l'eau de la rivière 3. Quant aux HAPs suivants: l'acénaphylène, le 1, 1'-Biphénol 4-méthyl, benzo(g, h,i)pyrène et quatre (4) des sept (7) HAPs cancérigènes (en italique dans le **Tableau V.7**) que sont :le benzo (b) fluoranthène, le benzo (k) fluoranthène, l'indeno (1, 2, 3, c d) anthracène et le dibenzo (a, h) anthracène, ils n'ont pas été détectés dans les échantillons d'eaux.

Par ailleurs, sur les HAPs considérés comme cancérigènes, trois (3) d'entre eux enregistrent des teneurs dans les échantillons d'eau, largement supérieures aux normes admises par l'US EPA (2006a) qui sont de 0,0038µg /L pour chacun de ces éléments. Il s'agit d'abord, du benzo (a) anthracène qu'on retrouve dans tous les échantillons d'eau de la zone à des teneurs homogènes de 0,0131µg /L.

Ensuite, le benzo (a) pyrène qu'on retrouve respectivement dans les échantillons de forage et de la rivière R2 à des concentrations élevées de 0,0186µg /L et 0,0178µg /L et enfin, du chrysène qui n'a été observé que dans l'échantillon d'eau de la rivière R2 à la teneur de 0,0106 µg /L, supérieure à la norme.

Ces valeurs élevées en HAPs 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 selon les normes US EPA 2006a.

Tableau V.7: Concentration des HAPs dans les eaux de surface et souterraines de la zone d'étude

Stations	Naphtalène (µg /L)	Acenaphthylène (µg /L)	Acenaphthène (µg /L)	Fluorène (µg /L)	1,1'-Biphenyl, 4-méthyl (µg /L)	Phénanthrène (µg /L)	Anthracène (µg /L)
F3	0	0	0,000942	0,001188	0	0,002354	0,002082
R2	0	0	0,00059	0,001084	0	0,002372	0,00207
R3	0,000316	0	0,000632	0,001086	0	0,002356	0,00207
Critères US EPA 2006a	0,02	-	200	1100	-	-	8300

Tableau V.7 (suite)

Stations	Fluoranthène (µg /L)	Pyrène (µg /L)	Benzo(a)anthracène (µg /L)	Chrysène (µg /L)	Benzo(b)fluoranthène (µg /L)	Benzo(k)fluoranthène (µg /L)	Benzo(a)pyrène (µg /L)
F3	0,002672	0,002808	0,01309	0	0	0	0,018634
R2	0,002688	0,00283	0,013112	0,010672	0	0	0,017806
R3	0,002616	0,002832	0,013154	0	0	0	0
Critères US EPA 2006a	130	830	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038

Tableau V.7 (suite)

Stations	Benzo(a)phenanthridin	Indeno(1,2,3,cd)pyrène	Dibenzo(a,h)anthracène	Benzo(g,h,i)pyrène	HAPs Totaux
F3	0	0	0	0	0,044
R2	0	0	0	0	0,053
R3	0,013596	0	0	0	0,039
Critères US EPA 2006a	-	0,0038	0,0038	-	

V.5.2 HAPs dans les sédiments de rivières

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

Tableau V.8 : Concentration en ($\mu\text{g}/\text{kg}$) des HAPs dans les sédiments

Stations	Naphthalène	Acenaphthylène	Acenaphthène	Fluorène	1,1'-Biphenyl, 4-methyl	Phenanthrène	Anthracène
R2	0	0,000866	0,000618	0,00134	0	0,002338	0,002058
R3	0,001198	0,005286	0,01297	0,003284	0	0,003782	0,00506
Normes CCME et CEE	-	-	-	-	-	-	-

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

Tous les HAPs ont été retrouvés dans les sédiments de la rivière 2 mis à part le naphthalène, le 1,1'-Biphenyl, 4-methyl et le Dibenzo (a, h) anthracène.

Dans la rivière 3, seuls le 1,1'-Biphenyl, 4-methyl, le Benzo (k) fluoranthène, le Dibenzo (a, h) anthracène et le Benzo(g, h,i) pyréline n'ont pas été détectés.

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 V.8 (suite)

Stations	Fluoranthène	Pyrène	Benzo (a) anthracène	Chrysène	Benzo (b) fluoranthène	Benzo (k) fluoranthène	Benzo (a) pyrène
R2	0,00268	0,00406	0,013088	0,011016	0,01139	0,01072	0,017054
R3	0,002976	0,002854	0,013154	0,010942	0,01021	0	0,017226
Normes CCME et CEE	83-200	530	-	-	170	14	32-760

Tableau V.8 (suite)

Stations	Benzo (a)phenanthridin	Indeno (1,2,3,cd) anthracène	Dibenzo (a, h) anthracène	Benzo(g, h,i)pyréline	Haps Totaux
R2	0,054338	0,041908	0	0,010816	0,184
R3	0,022706	0,02642	0	0	0,138
Normes CCME et CEE	-	200-560	32	140	-

V.6. GERMES INDICATEURS DE CONTAMINATION FECALE ET PATHOGENES

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 dans les deux rivières montrent que ces eaux de surface sont toutes polluées par les germes microbiologiques. On observe une absence de salmonelle dans la rivière 3 (Tableau V.9). Concernant les eaux souterraines, seules les indicateurs de pollution fécale ont été étudiés. A ce niveau, les eaux du forage F3 ne contiennent pas de bactéries. La prolifération de germes dans les eaux de surface est essentiellement due au lessivage des sols souillés, aux eaux de ruissellement, etc.

Tableau V.9 : Densité des germes indicateurs de contamination fécale et pathogènes dans les eaux

Stations	Charges bactériologiques (UFC/100 mL)			
	Coliformes fécaux	Streptocoques fécaux	Vibrio	Salmonelle
F3	0	NA	NA	NA
R2	$5,9 \cdot 10^2$	$6,2 \cdot 10^2$	$4,8 \cdot 10^2$	+
R3	$5,6 \cdot 10^3$	$3,1 \cdot 10^2$	$4,2 \cdot 10^3$	-
Critères OMS	10	10	Absence	Absence

N.A : Non applicable

VI IDENTIFICATION ET ANALYSE DES IMPACTS POTENTIELS DU PROJET

VI.1. Impacts potentiels du projet d'aménagement de l'autoroute Y4 sections 2

VI.1.1. Impacts positifs directs et indirects

Le principal impact positif direct du projet d'autoroute Y4 (section 3) est l'amélioration des conditions de circulation (fluidité du trafic, décongestion du trafic dans la zone urbaine etc.). Cette voie permettra également l'amélioration de la sécurité routière. Les impacts positifs indirects de la réalisation du projet sur les activités socio-économiques et le développement du District Autonome d'Abidjan (DAA) n'en demeure pas moins en reste. En effet, la réalisation du projet aura 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 grâce à une meilleure accessibilité via l'autoroute, sur la création d'emplois temporaires pour la construction du projet autoroutier au profit de la main d'œuvre locale et permanents (pour les besoins d'exploitation de l'autoroute).

Enfin le flux temporaire de travailleurs vers la zone des travaux entraînera l'augmentation de la consommation de plusieurs produits de base tels que le carburant, des vivres, donc des revenus plus grands pour les gérants d'activités.

VI.1.2. Impacts négatifs et mesures d'atténuation pendant la phase de travaux

Milieu physique

Pendant la phase de construction de l'autoroute, les impacts négatifs sur l'environnement physique seront principalement les impacts liés aux travaux de terrassements, d'arasement des sols et de démolitions du bâti dans la zone d'emprise du projet et ses environs, à l'assainissement du chantier et à l'évacuation des eaux de ruissellement et bien d'autre. Ces impacts auront pour conséquences la dégradation physique de l'environnement en accroissant la vulnérabilité locale de la nappe d'Abidjan si des mesures d'atténuations ne sont pas prises.

Des impacts négatifs sur le milieu physique seront également engendrés lors des travaux d'aménagement de l'autoroute. 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 pollution des milieux naturels due aux rejets d'eaux usées et de déchets solides du chantier et au risque d'accélération de la contamination de l'eau souterraine.

VI.1.2.1. Impacts liés aux terrassements et à l'arasement des sols dans la zone d'emprise du projet et ses environs

Les travaux de terrassement, de défrichage, d'essouchement des arbres, de l'exploitation des carrières, du décapage des sols en vue de l'ouverture des voies (autoroute et voies

annexes), de l'installation des chantiers (bases vie des chantiers, bureaux, etc.) et des aires de stockage du matériel auront pour conséquences directes la dénudation et l'érosion des sols, l'affaissement de la topographie (baisse de l'altitude des sols). La conséquence indirecte de tout ceci est la fragilisation accentuée du milieu.

En compensation de la perte du couvert végétal et des sols dénudés, dans le cadre d'un plan d'aménagements paysagers (revégétalisation), avec des essences locales adaptées aux milieux concernés doit être réalisé et strictement limité aux emprises nécessaires au projet en particulier aux niveaux de toutes les zones en remblais et en déblais. 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.

VI.1.2.2. Impacts liés aux démolitions du bâti dans la zone d'emprise de l'autoroute et ses environs

La zone d'emprise du projet ne présente pas un bâti dense dans l'ensemble. Les extrémités de l'itinéraire de la future autoroute présentent une urbanisation déjà sujette à une démolition dans le cadre de ce projet. La faible urbanisation dans la zone du projet suggère un impact négatif faible dans ce contexte. Toutefois l'utilisation d'engins lourds et de techniques inadaptées pourrait avoir pour conséquence la fragilisation de l'environnement.

Il faudrait donc, pour atténuer cet impact, utiliser des engins et des techniques adaptés.

VI.1.2.3. Impacts liés au nettoyage de la zone d'emprise du projet

Les travaux de démolition, de terrassement et d'arasement des sols et autres vont générer la production de toutes sortes de déchets (gravats, déchets ménagers, etc...). Le projet va favoriser des activités parallèles (commerce...) qui vont engendrer également la production de macro-déchets (plastique...). L'environnement comporte lui-même des déchets naturels (morceaux de bois, cadavres d'animaux...) qui jouent un rôle écologique. La production de ces différents déchets rendra inéluctable le nettoyage de la zone d'emprise du projet et ses environs avant la phase d'exploitation de l'ouvrage.

Les déchets se présentent donc sous deux formes: les macro-déchets (polluants, inesthétiques, très lentement biodégradables et potentiellement dangereux) et les déchets qui ont un rôle écologique et géomorphologique (qui modifie le relief).

Il faudrait donc différencier les macro-déchets issus de l'activité humaine (objets en plastique, en métal, en verre...) des débris naturels (morceaux de bois, cadavres animaux...) lors du nettoyage de la zone du projet.

VI.1.2.4. Impacts liés à l'évacuation des eaux de ruissellements

La dénudation des sols dans la zone d'emprise du projet les expose au risque d'inondation hydrique par les eaux de ruissellement. La non maîtrise de ce ruissellement pourrait entraîner l'ouverture de brèches dans les sols, partant l'écoulement des eaux souillées par les activités du projet vers les cours d'eau utilisées par les populations riveraines ou vers la nappe

phréatique (nappe d'Abidjan). Dans le dernier cas, la dénudation constitue toutefois un facteur limitant à la recharge de la nappe souterraine en raison du fort taux de ruissellement qu'elle engendre.

Les mesures d'atténuation pourraient être, entre autres, la maîtrise et le drainage des eaux de ruissellement, l'utilisation de barrières pour empêcher que les couloirs enfouis deviennent des canaux d'écoulement, la déviation des eaux d'orage vers les espaces verts adjacents.

VI.1.2.5. Impacts liés aux prélèvements de quantités importantes d'eau dans le Bassin sédimentaire

Des pompages exagérés d'eau phréatique dans la zone du projet pour les besoins de construction de l'autoroute pourraient avoir un effet négatif sur la ressources hydriques souterraines (la nappe d'Abidjan), déjà exposée à une surexploitation.

Il faudrait donc, pour réduire cet impact, éviter tout prélèvement abusif d'eau souterraine (forages, puits...) afin de préserver l'équilibre naturel du système hydrologique.

VI.1.2.6. Emissions de poussières et les pollutions atmosphériques

Impacts liés aux poussières et aux gaz de combustion

Le chantier pourrait avoir différents impacts sur la qualité de l'air, liés essentiellement aux rejets de gaz par les installations de combustion, aux gaz de combustion (gaz carbonique, oxydes d'azote, oxydes de soufre et d'hydrocarbure non brûlé...) et aux gaz d'échappement des engins et des camions de terrassement, de décapage, de bitumage et de transport de matériaux, aux émissions de poussières dues au transport de matériaux par les camions et à la dispersion accidentelle de produits chimiques gazeux. La principale source d'émissions pendant ces activités serait la combustion de carburant servant à faire fonctionner le matériel de terrassement et de bitumage. Les impacts se feront plus fortement ressentir au niveau des riverains et des ouvriers du chantier (irritation des voies respiratoires, des yeux et de la peau,...) et au niveau des sites favorables aux espèces surtout terrestres (gênes, perturbations....).

En outre, les polluants atmosphériques chimiques et autres substances toxiques pourraient être transférés à travers plusieurs processus (précipitations, dépôts sec de particules, lessivage, dissolution, etc.) à la surface du sol, dans la végétation et/ou dans l'hydrosphère et pourraient ainsi contaminer les eaux superficielles et les nappes phréatiques et, par la suite les populations aquatiques et humaines par ingestion et bioaccumulation. Toutefois, les effets des émissions seront temporaires, très faibles du fait de leur dispersion très rapide.

Afin de réduire les émissions de poussière émise aux valeurs limites d'émission fixées dans les directives ivoiriennes concernant la qualité de l'air, 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 efficace du déroulement des travaux et le bon fonctionnement des engins, l'utilisation d'inhibiteurs de poussières et l'entretien préventif du matériel.

Impacts liés à l'extraction et au transport des matériaux de construction (sables, graviers)

L'origine des ressources en matériaux de construction (sables et graviers) n'étant pas connue avec précision, l'approvisionnement pourrait se faire, soit à partir des sables tirés du bassin sédimentaire (dans le continental terminal) et des carrières de graviers implantées majoritairement sur le socle à la périphérie de la ville d'Abidjan, plus précisément à la limite entre le bassin sédimentaire et le socle précambrien. L'extraction et le transport des matériaux pour l'aménagement auront des impacts liés essentiellement à la pollution de l'air par les poussières décrite plus haut.

En tout état de cause, il s'agira de rechercher les emplacements les moins contraignants pour le milieu naturel afin de minimiser cet impact. La carrière fournissant les matériaux de base devra avoir été autorisée au regard du Code minier ivoirien. L'augmentation de la pollution de l'air par les poussières est un impact modéré ou mineur selon les conditions de travail.

Impacts liés aux bruits et vibrations

Pendant les travaux, les principales sources de bruit et de vibrations seront liées à la circulation des engins de chantier (engins de terrassement, de décapage et de bitumage) et des camions acheminant les matériaux. Ces impacts négatifs seront très importants. Ces nuisances affecteront les riverains et les ouvriers du chantier ainsi que les populations biologiques terrestres et pourraient entraîner des changements de comportement et des lésions auditives. Toutefois, ces émissions seront temporaires et locales.

Les sources de bruits et de vibrations proviennent de la circulation des engins de chantier (engins de terrassement, de bitumage, etc.). Ces bruits et vibrations constituent des nuisances pour les employés du chantier, des riverains et des populations biologiques terrestres. Le réseau hydrographique ne présentant pas d'importants cours d'eau dans la zone du projet la population biologique sont donc rare, par ricochet faiblement affectées. Le risque d'émission acoustique accrue durant la phase de construction pourrait être réduit en choisissant bien les sites d'implantation des chantiers de construction, 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 la construction de l'autoroute de déplacer les installations sensibles au bruit, situées à proximité des zones réservées pour la construction de l'autoroute. En outre, des écrans antibruit (murs en briques ou bermes en terre) seront éventuellement construits à certains endroits pour réduire le bruit.

VI.1.2.7. Risques de contamination des sols et des ressources hydriques

Dans le cadre de ce projet, les risques d'impacts négatifs sur les ressources en eau superficielle (cours d'eau) et souterraines (nappe phréatique, puits, forages) porteront sur des

risques de pollutions en phase des travaux liés aux accidents probables avec des produits dangereux utilisés, mais aussi lors des ruissellements de ces produits. Ces risques peuvent correspondre à la mise en suspension dans les eaux de fines argiles, limons, colloïdes de l'humus, à une pollution accidentelle suite à la manutention de produits toxiques ou après un accident d'engin. Cela pourrait entraîner la baisse ou perte de la biodiversité floristique et faunique du milieu naturel ou la mortalité directe des communautés biologiques (poissons, communautés benthiques, etc.). En outre, les besoins en eau du chantier pourraient pénaliser les usages actuels de l'eau (alimentation en eau potable, irrigation, puits, forages). Compte tenu de la forte vulnérabilité de ces ressources en eau, une attention particulière devrait être portée à ces milieux récepteurs très sensibles.

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 seront prévus. Ce matériel sera maintenu en parfait état.

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 huiles usagées seront recueillies dans des réservoirs ou fûts en vue d'être recyclées et acheminées en dehors du site dans des conditions imposées par les autorités compétentes en matière de la protection de l'environnement. Les dépôts éventuels de produits huileux et pétroliers (par les engins) seront conçus de façon rigoureuse en vue d'éviter les écoulements sur le sol et dans les milieux aquatiques (rivières).

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 traités seront évacués dans des dépotoirs autorisés.

VI.1.2.8. Risques de pollution des milieux naturels due aux déchets solides et liquides

Les bases de vie des chantiers pourront avoir des répercussions sur le milieu aquatique et terrestre en raison du rejet d'eaux usées et de déchets solides des bases vie (logements, bureaux) ou leur mauvaise gestion; ce qui pourrait entraîner une contamination et/ou pollution des sols et des ressources hydriques (nappe phréatique, eaux de surface et eau souterraine), la baisse ou perte de la biodiversité floristique et faunique du milieu naturel.

Les effets des eaux usées et de déchets solides constituent des impacts potentiels sur la faune aquatique et terrestre. Les mesures d'atténuation à envisager est le respect des protocoles relatifs aux différents rejets. En fonction du dimensionnement des sous chantiers, les effluents provenant des installations seront collectés et évacués suivant leur composition dans des fosses septiques étanches ou des systèmes de collecte mobile. Les eaux de lavage et d'entretien des engins devraient subir un traitement de séparation eau-huile, les eaux étant évacuées vers les fosses septiques et, les résidus d'huiles et de bitumes étant collectés, recyclés ou détruits afin de limiter les risques de contamination et de dégradation de la qualité des eaux. Les déchets solides des chantiers seront récupérés et acheminés vers des dépotoirs

autorisés afin d'être traités et recyclés notamment pour le bois, les métaux et les matières organiques en compost.

VI.1.2.9. Risque d'accélération de l'envasement des milieux aquatiques par l'érosion

Les travaux de défrichage des arbres et arbustes, de creusement de sols, d'essouchement des arbres et de l'exploitation des zones d'emprunt existantes, pourraient entraîner ou augmenter l'érosion des sols et la sédimentation des milieux aquatiques. Ce phénomène d'érosion et de sédimentation pourrait être le facteur principal de la dégradation de la qualité des eaux de surface consécutive à l'envasement (augmentation de la turbidité) et par conséquent d'un changement dans les communautés biologiques des milieux aquatiques.

Les mesures d'atténuation préconisées consisteront à réduire la vitesse d'écoulement de surface. Toutes les sorties d'eau connectées aux conduits devront être conçues de manière à réduire la force d'écoulement de l'eau, à maintenir le maximum de matériaux en place à la sortie de la structure.

Milieu biologique

Durant la phase de construction les impacts potentiels négatifs sur le milieu biologique seront les nuisances liées à la circulation des véhicules (augmentation de la mortalité par collision) et des engins de chantier, au bruit, à l'émission de poussières et de polluants, à la destruction ou perturbation de sites favorables aux différentes espèces et au risque d'incendie.

VI.1.2.10. Nuisances liées à la circulation des véhicules et des engins de chantier

Les travaux d'installation de chantier et de construction pourront générer des nuisances liées à la circulation des véhicules et des engins de chantier (pour quelques rares espèces), au bruit, aux vibrations, à l'émission de poussières et de polluants. Ces nuisances peuvent entraîner un changement de comportement ou un déplacement de populations biologiques très sensibles au bruit (poissons, animaux sauvages) ou attirées pour des raisons alimentaires.

Pour réduire ces risques de nuisance, les engins utilisés devront respecter les normes en matière de bruit et leurs moteurs devront être bien réglés et entretenus afin de limiter la production de fumées, de gaz ou d'odeurs désagréables etc. Une planification efficace du déroulement des travaux et l'utilisation d'inhibiteurs de poussières devront permettre de réduire les effets des émissions de poussières et de polluants.

VI.1.2.11. Destruction ou perturbation de sites favorables aux différentes espèces

Les travaux de construction de l'autoroute auraient des incidences sur l'environnement physique et chimique des milieux aquatique et terrestre. Les zones susceptibles d'être affectées comprennent notamment les habitats terrestres des espèces animales, les zones humides (cours d'eau), les habitats sensibles connus des espèces à statut spécial, et d'habitations. Ces milieux qui servent d'habitats à différentes communautés biologiques (poissons) pourraient être dégradés ou perturbés, détruits et contaminés par les polluants chimiques déversés accidentellement ainsi que par les polluants atmosphériques. Il pourrait

avoir, le cas échéant, des effets localisés sur les eaux souterraines, une perte de la biodiversité floristique et faunique du milieu naturel ou la mortalité directe des communautés biologiques.

Les entreprises en charge des travaux veilleront à établir leur base de vie à l'écart des secteurs sensibles et d'habitations (puits, forages, cours d'eau) de manière à éviter tout risque de pollution du sol et des écosystèmes aquatiques. En outre, des mesures telles que le suivi régulier des paramètres relatifs à la qualité de l'eau pendant les travaux dans les secteurs sensibles proches de la zone de mise en œuvre du projet, l'évitement des travaux dans les tronçons de zones humides (cours d'eau) et d'habitats sensibles connus des espèces à statut spécial et, la modification, au besoin, du tracé de certains tronçons devront réduire les impacts à la dégradation des habitats favorables aux différentes espèces. Grâce à l'application de ces mesures d'atténuation, les effets environnementaux du projet sur le milieu naturel seraient négligeables.

VI.1.2.12. Risque d'incendie

Les travaux de défrichage, de déblaiement, d'essouchage des arbres et arbustes généreront des déchets (souches, branchages, etc.) qui peuvent constituer un terreau favorable à un départ d'incendie. En outre, un déversement accidentel et une mauvaise gestion de produit inflammable (carburant) augmentera les risques d'incendie. Ces incendies auront des conséquences graves sur les communautés biologiques et leurs habitats (destruction ou dégradation d'habitats, disparition d'espèces biologiques).

Pour atténuer ces impacts, des mesures d'interdiction de brûlage de souches ou de tout autre déchet devront être prises, instaurées et observées de façon stricte à proximité des zones pouvant constituer un terreau favorable à un départ d'incendie. Les produits hydrocarbonés seront stockés dans des fûts et placés dans les zones de confinement appropriées afin d'éviter tout déversement ou rupture du réservoir et un minimum de risques d'incendie.

Milieu humain

Pendant la phase des travaux, les bâtiments à usage d'habitations ou professionnels seront moins touchés par le projet en raison de la très faible densité de population sur l'itinéraire de l'ensemble de la zone du projet. En conséquence un faible taux de personnes seront à déplacer. En outre, les surfaces d'emprise de terrains à usage agricole seront à exproprier et auront pour effet direct de réduire la production agricole dans sa diversité.

Les agriculteurs ou planteurs dont les terrains sont concernés par les travaux auront un manque à gagner. Par ailleurs, les bruits, les vibrations et les émissions atmosphériques constitueront des impacts nuisibles qui pourraient avoir une influence sur la santé des riverains et des ouvriers. La circulation des camions et engins de chantier pourra également causer des accidents. Pendant cette phase, l'attractivité dans la région concernée par le projet augmentera pour les gens à la recherche d'emplois, ce qui pourrait perturber les structures socioculturelles existantes en particulier dans les villages et campements. Enfin, l'on pourra s'attendre à une détérioration du paysage liée à l'installation du chantier et des bases-vie.

VI.1.2.13. Impacts liés à l'expropriation de terres et bâtis et au déplacement de personnes

Pendant la phase des travaux de construction, les riverains touchés directement par l'emprise, verront leurs biens expropriés (bâtiments à usage d'habitations ou professionnels, puits, terrains, etc.). Par ailleurs, les travaux occasionneraient le déplacement d'un certain nombre de personnes. Les propriétaires fonciers, de bâtiments détruits et les riverains des chantiers 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.

VI.1.2.14. Impacts liés à la réduction de la production agricole

Les travaux liés à l'emprise et à la construction de l'autoroute occasionneront l'expropriation des surfaces d'emprise de terrains et l'occupation temporaire de terrain pour des éventuelles zones de passage. Cela entraînera une perte en superficie agricole, une réduction des terres arables ou de pacage, un bouleversement des activités agricoles, une réduction de la production agricole dans sa diversité, etc. Les agriculteurs dont les terrains sont concernés par les travaux auront donc un manque à gagner. En outre, les activités exercées dans le voisinage immédiat du projet seront arrêtées ou diminuées; ce qui constituera une perte en matière d'emplois et de revenus directs.

Les propriétaires fonciers et les riverains des chantiers en cas de constatation de dégâts divers (préjudices, suspension de jouissance, pertes de récolte, destruction des réseaux d'irrigation agricoles...) par les travaux devront être indemnisés au titre des expropriations conformément aux procédures d'acquisition dictées par la législation en vigueur.

VI.1.2.15. Impacts liés à la santé des riverains et ouvriers du chantier

Les impacts négatifs du projet sur la population en phase de travaux porteront sur les nuisances sonores (bruits, vibrations) liées à la présence d'engins de terrassements et de décapage, au trafic des camions transportant les déblais, les remblais et les matériaux, aux émissions de poussières liées aux terrassements et au trafic d'engins à proximité des zones d'habitats. Ces nuisances seront significatives pour les ouvriers et les riverains dont les habitations sont situées à proximité directe de l'emprise du tracé. L'intensité de la gêne occasionnée dépendra des conditions locales de propagation du bruit (direction du vent, température, distance, présence d'un écran végétal, etc.). Les conséquences sur la santé humaine pourraient être graves (dommages liés au système immunitaire, effets sur les appareils respiratoires, lésions auditives, etc.). Par ailleurs, l'exploitation des zones d'emprunt existantes peut augmenter l'érosion des sols. Les zones d'emprunt non réhabilitées sont susceptibles de favoriser la stagnation d'eau insalubre et la prolifération de vecteurs de maladies tels que les moustiques.

Les mesures d'atténuation qui contribueraient à réduire les effets des émissions atmosphériques et sonores durant la phase de construction, seraient notamment l'utilisation d'engins aux normes en matière de bruit; la surveillance du réglage des moteurs des engins

afin de limiter la production de fumées, de gaz ou d'odeurs désagréables etc. En outre, les actions telles que l'arrosage, l'utilisation d'inhibiteurs de poussières, l'entretien préventif du matériel, la construction d'écrans antibruit (murs) et la modulation des horaires de travail pourront être menées afin de réduire les impacts des émissions et à limiter le dérangement des riverains et des ouvriers. 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.

VI.1.2.16. Risques d'accidents

L'accroissement de la circulation du fait de l'approvisionnement des chantiers en matériaux de base peut augmenter les risques d'accident (perte humaine, blessures, dégâts matériels) pour les populations situées à proximité de l'emprise et des voies d'accès au chantier. En outre, les chantiers provoqueront des gênes à la circulation (ralentissements, coupure de routes, limitation des possibilités de liaison entre certaines localités), notamment en ce qui concerne le déplacement de la population locale, les accès aux propriétés, les déplacements des véhicules, etc. Les zones de plus fortes activités agricoles seront plus impactées par ces effets de coupures en phase de travaux.

Un plan de circulation des engins sera élaboré de manière à permettre la plus grande mobilité et l'accessibilité des riverains. Il devra être évolutif en fonction du phasage prévu pour les travaux. 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.

VI.1.2.17. 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 des chantiers et des bases vie ; ce qui constituera une gêne supplémentaire pour les populations, notamment les riverains.

Les mesures d'atténuation consisteront à faire en sorte que les nouvelles constructions s'adaptent au paysage en veillant à ce que les zones de déblais et de remblais ne déforment pas trop le paysage.

Tableau VI.1 : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'aménagement de l'autoroute

Activité/Source d'impact	Composante du milieu affecté	Nature de l'impact	Mesure d'atténuation
Travaux de terrassement et d'arasement des sols	Milieu physique	Dénudation et érosion des sols et, affaissement de la topographie.	<p>Revêtement des talus de déblais pour éviter l'érosion avec des matériaux,</p> <p>Revégétalisation des remblais, si possible avec les sols décapés de bonne qualité agronomique,</p> <p>Elaboration d'un plan d'aménagements paysagers avec des essences locales adaptées aux milieux concernés (zones en remblais et en déblais).</p>
	Milieu aquatique	Risque d'envasement des milieux aquatiques par l'érosion (augmentation de la turbidité, diminution de la transparence).	<p>Réduction de la vitesse d'écoulement de surface</p> <p>Bonne conception de toutes les sorties d'eau connectées aux conduits de manière à réduire la force d'écoulement de l'eau, à la sortie de la structure par l'installation de gabions au point de rejet.</p> <p>Stabilisation des sols à l'aide de tissu anti-érosion ou avec de l'herbe et du paillis, pour maintenir les matériaux en place.</p>
Travaux de démolition du bâti	Milieu physique	Déstabilisation suite à l'utilisation d'engins lourds et de techniques inadaptées pour la démolition du bâti.	Utilisation d'engins et de techniques adaptées afin d'éviter la déstabilisation du rivage
Travaux de nettoyage mécanique de la zone d'emprise		Destruction d'habitats naturels pour la survie des espèces biologiques aquatiques et terrestres	Tri sélectif et adéquat des déchets

Tableau VI.1 (suite) : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'aménagement de l'autoroute

Activité/Source d'impact	Composante du milieu affecté	Nature de l'impact	Mesure d'atténuation
Evacuation des eaux de ruissellement	Milieu physique	Risque d'inondation hydrique par les eaux de ruissellement suite au décapage des sols	Maîtrise et drainage des eaux de ruissellement Utilisation de barrières pour empêcher que les couloirs enfouis deviennent des canaux d'écoulement Etablissement de zones tampons vertes et déviation des eaux d'orage vers les espaces verts adjacents.
		Vulnérabilité de la nappe phréatique.	
Travaux d'extraction de sables et de graviers sur le bassin sédimentaire		Destruction des barrières de protection de la nappe phréatique liée au déficit sédimentaire	Rechargement ou réhabilitation des espaces naturelles (revégétalisation), Respect de la législation en vigueur pour l'exploitation des carrières de sables.
Prélèvement de quantités importantes d'eau phréatique dans la nappe		Vulnérabilité de la nappe à une surexploitation.	Interdiction, si possible, de tout prélèvement abusif d'eau souterraine afin de préserver l'équilibre naturel du système hydrologique.
Exploitation de matériel lourd et d'engins de terrassement, de transport de matériaux, de décapage et de bitumage	Air	Pollution de l'air due aux poussières diffuses, particules fines et gaz de combustion (CO ₂ , NO _x , SO _x et d'hydrocarbure non brûlé...).	Arrosage des pistes adjacentes aux zones habitées et humidification des dépôts provisoires de remblais ou déblais Mise en place de mesures pratiques de planification efficace du déroulement des travaux et de bon fonctionnement des engins, Surveillance du réglage des moteurs des engins afin de limiter la production de fumées, de gaz ou d'odeurs désagréables.
		Pollution acoustique ou sonore	Equipements anti bruit pour les ouvriers lorsque nécessaire ; Respect des horaires de travail, Utilisation d'engins aux normes en matière de bruit.

Tableau VI.1 (suite) : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'aménagement de l'autoroute

Activité/Source d'impact	Composante du milieu affecté	Nature de l'impact	Mesure d'atténuation
Travaux de chantier	Nappe phréatique	Risques de pollution de nature accidentelle, ou liés aux eaux usées et déchets des bases vie, ou par la mise en suspension de particules fines au niveau des puits	<p>Elaboration d'un plan de protection de l'environnement aquatique et terrestre (stockage des produits hydrocarbonés et huileux dans des réservoirs ou fûts, confinement approprié des matières dangereuses)</p> <p>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</p> <p>Suivi de la qualité des ressources en eaux superficielles et des puits situés dans la zone du projet</p>
	Eaux superficielles	Risques de pollution de nature accidentelle au moment des travaux liés aux usées et déchets de chantiers, déversement accidentel de lubrifiants et d'hydrocarbures	
	Sols	Risque de pollution des sols	
Travaux de préparation du site et travaux de construction	Paysage	Modification de l'environnement visuel par la présence des chantiers et des bases vie et l'amoncellement des déchets des travaux.	<p>Choix judicieux des sites destinés aux dépôts excédentaires afin de ne pas générer des impacts paysagers ou présenter des dangers,</p> <p>Remise en état à l'issue des travaux des zones dégradées.</p> <p>Adaptation des nouvelles constructions au paysage en veillant à ce que les zones de déblais et de remblais ne déforment pas trop le paysage.</p>
Circulation des engins et camions de chantier	Faune terrestre	Risques de collision ou d'accidents avec d'éventuelles bêtes sauvages	<p>Respect des normes en matière de bruit, bon réglage et entretien des moteurs afin de limiter la production de fumées, de gaz ou d'odeurs désagréables etc.</p> <p>Utilisation d'inhibiteurs de poussières</p>
	Biodiversité	Déplacement de populations en raison des nuisances liées au bruit, aux vibrations, à l'émission de poussières et de polluants.	

Tableau VI.1 (suite) : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'aménagement de l'autoroute

Activité/Source d'impact	Composante du milieu affecté	Nature de l'impact	Mesure d'atténuation
Travaux de chantier	Biodiversité	Destruction/perturbation des habitats des différentes espèces terrestres et aquatiques	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.
		Baisse/perte de la biodiversité floristique et faunique du milieu naturel en raison de la dégradation des habitats	Suivi régulier des paramètres relatifs à la qualité de l'eau Evitement des travaux dans les tronçons de zones humides (cours d'eau) et d'habitats sensibles connus des espèces à statut spécial Modification, au besoin, du tracé de certains tronçons
	Milieu naturel	Risque d'incendie dû à une mauvaise gestion des produits inflammables (carburant, bitume, etc.) ou des déchets générés par le chantier (souches, branchages, etc.)	Prise de mesures d'interdiction de brûlage de souches ou de tout autre déchet pouvant constituer un terreau favorable à un départ d'incendie, Stockage des produits inflammables dans les fûts placés dans des zones de confinement appropriées afin d'éviter tout déversement ou rupture du réservoir.
	Biodiversité	Destruction/dégradation d'habitats et disparition d'espèces biologiques en raison d'un incendie accidentel.	
	Milieu humain	Perturbation des réseaux de servitudes d'utilité publique (routes).	Définition avec les gestionnaires des servitudes les protections à mettre en place au cours du chantier, Mise en place de voies de déviation du trafic, Information des services compétents et du public des détails des aménagements prévus et de leurs délais de réalisation.

Tableau VI.1 (suite) : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'aménagement de l'autoroute

Activité/Source d'impact	Composante du milieu affecté	Nature de l'impact	Mesure d'atténuation
Travaux liés à l'emprise et à la construction de l'autoroute	Milieu humain	Expropriation de biens des populations riveraines de l'autoroute (bâti, terres agricoles, etc.) situés sur l'emprise du projet	Indemnisation au titre des expropriations et de constatation de dégâts conformément aux procédures d'acquisition dictées par la législation en vigueur.
		Manque à gagner des planteurs lié à la réduction des activités agricoles dans sa diversité	
		Déplacement de personnes situées sur l'emprise du projet	Indemnisation des personnes déplacées
Circulation des engins et camions de chantier, travaux de construction		Risques d'accidents de circulation (collisions, dégâts matériels, pertes humaines, etc.) pour les populations situées à proximité de l'emprise et des voies d'accès au chantier	Elaboration d'un plan de circulation des engins de manière à permettre la plus grande mobilité et l'accessibilité des riverains, Interdiction ou limitation d'accès aux sites du chantier Signalisation claire et appropriée des chantiers et pistes d'accès ainsi que des passages très sensibles (hauts risques d'accidents). Balisage des aires des travaux.
		Exploitation de matériel lourd et d'engins de chantier (décapage, bitumage, etc.), utilisation d'explosifs, transport de matériaux	Nuisances ou gênes sonores (bruits, vibrations) et respiratoires (poussières et gaz de combustion) pour les riverains et ouvriers
Exposition à la prolifération de vecteurs de maladies en raison de la stagnation d'eau insalubre.			

VI.2. IMPACTS Pendant la phase d'exploitation de l'autoroute

VI.2.1. Impacts positifs

Les impacts positifs directs de l'exploitation de l'autoroute sont essentiellement l'amélioration de la sécurité routière et des conditions de circulation dans le DAA. La mise en service de l'autoroute périphérique permettra la décongestion du trafic urbain en éliminant le flux de véhicules dans les zones urbaines et/ou en dispersant le trafic entrant dans le centre urbain surtout les véhicules poids lourds.

L'augmentation du réseau routier dans le DAA permettra une circulation de véhicules mieux structurée, plus fluide, améliorant ainsi l'état de la sécurité routière au regard de la séparation du trafic sur le réseau par rapport aux gros porteurs et aux véhicules légers. Les avantages attendus se déclinent principalement par une réduction des temps de parcours dans le DAA.

Les phases d'exploitation et ultérieure d'entretien nécessiteront une création d'emplois temporaires ou permanents pour plusieurs cadres moyens et supérieurs (ingénieurs, techniciens supérieurs) et autres agents (gardiens, manœuvres,...).

L'amélioration des réseaux de drainage des eaux pluviales contribuera à la lutte contre l'érosion des sols, à la protection des ressources en eau, à la mise hors inondations des riverains de l'autoroute, et à la pérennité de l'autoroute en soi..

VI.2.2. Impacts négatifs et mesures d'atténuation

Milieu physique

Les impacts potentiels pendant la phase d'exploitation sur le milieu physique seront essentiellement liés au décapage des sols le long de l'emprise du tracé, aux risques de pollution, au recalibrage et artificialisation des cours d'eau, à la modification des bassins versants et à l'augmentation des risques d'inondation.

VI.2.2.1. Impacts liés à la perte en déblais

Le projet de l'autoroute aura des effets permanents sur le décapage des sols par l'ouverture de l'emprise et des zones de dépendances (aires d'autoroute, échangeurs, voies latérales, etc.). L'impact le plus important concerne la perte des sols en déblais. Cet impact sera atténué par la remise en état des principales zones de dépôt (revégétalisation).

VI.2.2.2. Impacts liés à l'érosion et à l'envasement des zones humides

Pendant la phase d'exploitation de l'autoroute, il est probable qu'il y ait une dégradation de la qualité des habitats de différentes espèces, la disparition de certaines zones écologiques sensibles (zones humides) en raison du décapage des sols le long de l'emprise du tracé. La dégradation de la qualité des habitats aura une incidence sur les communautés biologiques des zones humides.

Les mesures d'atténuation de ces impacts comprendront, entre autres, la remise en état des principales zones de dépôt (revégétalisation), l'entretien régulier de l'ensemble des dispositifs de drainage et d'épuration, la mise en place d'un plan de gestion des talus intégrant les contraintes de sécurité, les objectifs paysagers et la protection et conservation de la faune et la réalisation d'un suivi régulier par des analyses physico-chimiques et diverses des ressources en eau à proximité du tracé. En outre, des mesures seront prises pour minimiser les risques d'aggravation des phénomènes d'inondations liés à l'insuffisance de dimensionnement des ouvrages hydrauliques en évitant autant que possible les remblais en zones inondables.

VI.2.2.3. Impacts liés aux risques de pollution chronique, saisonnière ou accidentelle

Durant la phase d'exploitation de l'autoroute, il est probable qu'il y ait un risque de pollution chronique relative au transport par les eaux de ruissellement pluviales des divers éléments existants sur la chaussée, notamment les résidus pneumatiques, les huiles, les produits minéraux et organiques issus de l'usure de la chaussée, les métaux lourds issus des émissions polluantes des véhicules, de l'usure ou de la corrosion d'équipements de la route ou d'organes de véhicules (plomb, zinc, cadmium, nickel, cuivre...). Les pointes de pollution apparaîtront aux premières eaux, surtout après les périodes sèches qui permettent l'accumulation des substances polluantes. En outre, on pourrait s'attendre à un risque de pollution accidentelle liée au déversement de produits chimiques divers et variés dangereux sur la chaussée dont les hydrocarbures et, à un risque de pollution saisonnière liée à l'utilisation d'herbicides pour l'entretien de l'autoroute. Ces divers polluants pourraient entraîner la dégradation de la qualité du milieu naturel, la disparition d'espèces floristiques et faunistiques de certaines zones écologiques sensibles. Cependant, l'impact serait moins important et négligeable.

Ces risques de pollutions pourraient être réduits en prenant des mesures d'étanchéification des accotements, des réseaux d'assainissement et des bassins de stockage pour éviter toute infiltration de substance polluante dans la zone non saturée en cas d'accident et d'entretien régulier de l'ensemble des dispositifs de drainage et d'épuration. Pour protéger et conserver la faune, un suivi régulier par des analyses physico-chimiques et diverses des plans d'eau à proximité du tracé devrait être réalisé. D'autres mesures telles que la limitation et le contrôle de vitesses des véhicules, notamment les poids lourds, la minimisation des risques de pollution chronique et accidentelle.

VI.2.2.4. Impacts liés au risque d'inondation

L'exploitation et les travaux d'entretien de l'autoroute pourraient entraîner une augmentation des risques d'inondation par altération du taux d'infiltration/écoulement, en raison notamment de l'imperméabilisation des surfaces suite à l'implantation de la chaussée et la réduction des champs d'expansion des crues, d'une mauvaise gestion de traitement et de collecte des eaux.

Les mesures d'atténuation des impacts liés aux risques d'inondation comprendront, entre autres, la mise en place d'un dispositif de traitement simple (fossés sub-horizontaux) pour

l'entretien régulier des eaux de la plate-forme qui seront collectés par des fossés revêtus avant leur restitution dans le milieu naturel, la minimisation des risques d'aggravation des phénomènes d'inondations liés à l'insuffisance de dimensionnement des ouvrages hydrauliques en évitant autant que possible les remblais en zones inondables et l'entretien régulier de l'ensemble des dispositifs de drainage.

Milieu biologique

Les impacts potentiels pendant la phase d'exploitation sur le milieu biologique seront essentiellement dus aux nuisances liées à la circulation des véhicules, à la dégradation de la qualité des habitats de différentes espèces, à la disparition de certaines zones écologiques sensibles (zones humides), à la diminution de la diversité écologique aux points de franchissement des cours d'eau.

VI.2.2.5. Nuisances liées à la circulation des véhicules

Pendant l'exploitation de l'autoroute, les poussières (à un faible taux par rapport à la phase de construction) et les émanations de vapeurs d'essence, d'oxyde de carbone (CO) et de dioxyde d'azote (NO₂), de particules de plomb et d'émission sonore (bruit), auront un effet négatif sur la qualité de l'air et du son et par conséquent sur les populations biologiques très sensibles au bruit et aux émissions atmosphériques (perturbation, gênes respiratoires,...). En outre, l'augmentation du volume de trafic sur l'autoroute pourrait modifier le comportement animal (attirance par les bords de routes ou fuite des milieux de fréquentation accrue par l'homme, dispersion d'espèces invasives) et, entraîner une hausse du risque d'accidents pouvant conduire à la mortalité de la biodiversité par collision ou écrasement avec véhicules. Les espèces concernées pour cet impact seront le bétail itinérant et les bêtes sauvages notamment les reptiles, les amphibiens, les oiseaux et les mammifères. Toutefois, les impacts sur le milieu biologique ne devraient pas être importants.

Les mesures d'atténuation consisteront, entre autres, à respecter les règles du code de la route, à faire en sorte que la circulation soit fluide aux heures de pointe. Pour éviter toute contamination par des particules de plomb, l'herbe aux abords de l'autoroute ne devra pas servir de pâturage au bétail. L'élaboration et la mise en œuvre d'un programme de suivi de la qualité de l'air et des niveaux de bruit sur les tronçons sensibles devront être entreprises. Pour réduire les risques d'accidents ou de collisions avec les populations biologiques, des dispositions devront être prises afin d'interdire l'accès à tout bétail itinérant ou bêtes sauvages.

VI.2.2.6. Dégradation de la qualité des habitats et diminution de la diversité écologique

Pendant la phase d'exploitation de l'autoroute, il est probable qu'il y ait une dégradation des conditions écologiques en général et du milieu biologique en particulier (absence de couverts végétaux naturels, détérioration du milieu floristique,..) et la disparition de certaines zones écologiques sensibles en raison de l'érosion, des pollutions chronique, saisonnière et accidentelle, de l'envasement des milieux aquatiques. Toutefois, les impacts sur les communautés biologiques (flore et faune) seront moins importants.

Les mesures d'atténuation des impacts liés à la dégradation de la qualité des habitats, à la disparition de zones écologiques sensibles pourraient comprendre, entre autres, la minimisation des risques de pollution chronique liée à la circulation et à l'usure des véhicules et de pollution accidentelle (déversement de produits dangereux sur la chaussée), la mise en place d'un plan de gestion des talus intégrant les contraintes de sécurité, les objectifs paysagers et la protection et conservation de la faune, l'entretien régulier de l'ensemble des dispositifs de drainage et d'épuration.

Milieu humain

Les impacts potentiels pendant la phase d'exploitation sur le milieu humain seront essentiellement dus aux nuisances pour les riverains de l'autoroute et pour les agriculteurs dont les terrains ont été morcelés ou réduits par le passage de l'autoroute. En outre, les impacts tels que le risque d'accidents et de contamination des forages, puits ou adductions d'eau potable situés à proximité de l'autoroute, l'altération de la qualité, de la cohésion sociale ainsi que le risque de développements urbains non maîtrisés et l'impact visuel seront susceptibles de se produire.

VI.2.2.7. Nuisances pour les riverains de l'autoroute (bruit, gêne respiratoire)

Les impacts négatifs du projet pendant la phase d'exploitation demeurent locaux et peu significatifs. Ils comporteront toutefois des nuisances pour les populations riveraines de l'autoroute se limitant à la pollution sonore (bruit) et atmosphérique (gêne respiratoire) générée par un trafic graduellement plus élevé. A long terme, la pollution pourrait augmenter avec l'augmentation du trafic et de l'urbanisation, notamment dans les zones urbaines desservies par l'autoroute.

L'accroissement du trafic et sa fluidité seront une source de nuisances sonores pour les populations riveraines de l'autoroute. 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 sur les tronçons sensibles.

VI.2.2.8. Risque d'accidents et de contamination des forages, puits ou d'adductions d'eau potable

Pendant la phase d'exploitation de l'autoroute, le trafic y sera en constante augmentation et générera des émissions de poussières et de polluants (vapeurs d'essence, oxyde de carbone (CO), dioxyde d'azote (NO₂), particules de plomb) et augmentera les risques d'accidents de circulation (traversée de l'autoroute par les piétons), liés à sa largeur, sa fluidité et à l'accroissement du trafic. En outre, les forages, les puits ou les adductions d'eau potable, situés à proximité de l'autoroute pourraient être contaminés par les particules de poussières, de plomb et les dépôts d'oxydes de carbone et d'azote.

Les mesures d'atténuation consisteront, entre autres, à respecter les règles du code de la route, à limiter et à contrôler les vitesses des véhicules en particulier les poids lourds pour éviter et/ou réduire les accidents, à instaurer des campagnes de sensibilisation des populations riveraines pour minimiser les risques d'accidents, à étanchéfier les accotements, les réseaux

d'assainissement et les bassins de stockage pour éviter toute infiltration de substance polluante dans la zone non saturée en cas d'accident, à réaliser un suivi régulier par des analyses physico-chimiques et diverses des ressources en eau à proximité de l'autoroute et à retenir les véhicules dans l'emprise routière par des barrières de sécurité pour éviter tout déversement en dehors de celle-ci. Les forages, les puits ou les adductions d'eau potable devront être protégés afin d'éviter toute contamination des eaux par les particules de poussières, de plomb et les dépôts d'oxydes de carbone et d'azote.

VI.2.2.9. Impact visuel

L'environnement visuel sera sensiblement modifié par la présence de l'autoroute (échangeurs, routes latérales, barrières,...); ce qui constituera une modification du paysage habituel. Les mesures d'atténuation consisteront à l'élaboration d'un plan d'entretien régulier des haies, du terre-plein central, du talus, etc.).

Tableau VI.2 : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'exploitation de l'autoroute

Activité/Source d'impact	Composante du milieu affecté	Nature de l'impact	Mesure d'atténuation
Décapage des sols par l'ouverture de l'emprise et des zones de dépendances	Milieu physique	Perte des sols en déblais	Remise en état des principales zones de dépôt (revégétalisation), des chantiers et bases vies Entretien des plantations (haies, terre plein central, talus, etc.).
Exploitation de l'autoroute	Milieu physique	Dégradation de la qualité d'habitats d'espèces et/ou disparition de zones écologiques sensibles en raison de l'érosion et de l'envasement des milieux aquatiques.	Remise en état des principales zones de dépôt (revégétalisation), des chantiers et des bases vies, Mise en place d'un plan de gestion des talus intégrant les contraintes de sécurité, les objectifs paysagers et la protection et la conservation de la faune, Suivi régulier par des analyses physico-chimiques et diverses des ressources en eau à proximité du tracé.
	Faune et flore	Dégradation du milieu biologique et disparition de zones écologiques sensibles en raison de l'érosion, des pollutions chronique, saisonnière et accidentelle, de l'envasement des milieux aquatiques	Minimisation des risques de pollution chronique et de pollution accidentelle, Mise en place d'un plan de gestion des talus intégrant les contraintes de sécurité, les objectifs paysagers et la protection et conservation de la faune, Entretien régulier de l'ensemble des dispositifs de drainage et d'épuration.
	Milieu humain	Risques accrus d'accidents (pertes humaines, blessures, dégâts matériels) liés à la largeur, la fluidité de l'autoroute et à l'accroissement du trafic.	Rétention des véhicules dans l'emprise routière par des barrières de sécurité pour éviter tout déversement en dehors de celle-ci. Respect des règles du code de la route, Instauration de campagnes de sensibilisation des riverains pour minimiser les risques d'accidents.
Déversement de produits dangereux (hydrocarbures, substances minérales ou organiques) sur la chaussée	Milieu physique	Risques de pollution chronique, saisonnière ou accidentelle du milieu naturel par ruissellement des	Etanchéification des accotements, des réseaux d'assainissement et des bassins de stockage pour éviter toute infiltration de substance polluante dans la zone non saturée en cas d'accident,

		eaux polluées par les produits hydrocarbonés, minéraux ou organiques	<p>Entretien régulier de l'ensemble des dispositifs de drainage et d'épuration.</p> <p>Suivi régulier par des analyses physico-chimiques et diverses des plans d'eau à proximité de l'autoroute</p> <p>Minimisation des risques de pollution chronique et accidentelle.</p>
Exploitation et travaux d'entretien de l'autoroute	Milieu physique	<p>Risque d'inondation par altération du taux d'infiltration/écoulement liée à la chaussée, à une mauvaise collecte des eaux et à l'insuffisance de dimensionnement des ouvrages hydrauliques</p>	<p>Mise en place d'un dispositif de traitement simple (fossés sub-horizontaux) pour l'entretien régulier des eaux de la plate-forme,</p> <p>Minimisation des risques d'aggravation des phénomènes d'inondations liés à l'insuffisance de dimensionnement des ouvrages hydrauliques</p> <p>Entretien régulier de l'ensemble des dispositifs de drainage.</p>
	Air	<p>Pollution de l'air et du son (poussières, particules de Pb, vapeurs d'essence, gaz de combustion, bruits, etc.)</p>	<p>Elaboration et mise en œuvre d'un programme de suivi de la qualité de l'air et des niveaux de bruit sur les tronçons sensibles</p>
	Faune terrestre	<p>Mortalité des populations biologiques (reptiles, amphibiens, oiseaux, etc.) par écrasement ou collisions avec les véhicules c</p> <p>Modification du comportement animal (attirance aux abords et/ou fuite des milieux de fréquentation accrue par l'homme)</p>	<p>Interdiction de l'accès à tout bétail itinérant (moutons, chèvres, bœufs,...) ou aux bêtes sauvages,</p> <p>Respect des règles du code de la route</p>

Tableau VI.2 (suite) : Synthèse des impacts potentiels et mesures d'atténuation pendant la phase d'exploitation de l'autoroute

Activité/Source d'impact	Composante du milieu affecté	Nature de l'impact	Mesure d'atténuation
Circulation des véhicules	Milieu biologique	Nuisances aux communautés biologiques liées à la pollution de l'air (poussières, gaz de combustion, bruits, etc.)	Augmentation de la fluidité de la circulation aux heures de pointe Elaboration et mise en œuvre d'un programme de suivi de la qualité de l'air et des niveaux de bruit sur les tronçons sensibles
		Contamination par les particules de plomb	Non utilisation des herbes aux abords de l'autoroute pour pâturage au bétail
Accroissement du trafic routier et de la fluidité	Milieu humain	Nuisances aux riverains de l'autoroute en raison de la pollution sonore et atmosphérique (gêne respiratoire, irritation des voies respiratoires, etc.)	Elaboration et mise en œuvre d'un programme de suivi de la qualité de l'air et des niveaux de son.

VII- SYNTHÈSE ET CONCLUSION

De l'analyse des paramètres physico chimiques des eaux et des sédiments dans la zone du projet, on peut ressortir les caractéristiques suivantes du milieu aquatique

Les eaux de surface et souterraines de la zone d'étude sont très acides et moins minéralisées. Cela est une caractéristique des eaux rencontrées dans le continental terminal dont fait partie la zone d'étude. Au niveau de la qualité chimique, elles respectent les normes OMS donc bonnes pour la consommation humaine. Néanmoins, une attention particulière doit être portée sur la microbiologie des eaux de surface et certains éléments cancérigènes des micropolluants organiques que sont les HAPs dont les teneurs sont largement supérieures aux normes admises par l'US EPA (2006a) dans les eaux de surface et souterraines.

Au niveau des impacts du projet, on note un certain nombre de retombées positives significatives qui en justifient la mise en œuvre du projet. Il s'agit des retombées socio-économiques à plusieurs niveaux en raison des dépenses directes et indirectes associées au projet pendant toutes les phases d'aménagement et d'exploitation de l'autoroute, la création d'emplois locale, la facilitation des échanges des biens et des personnes, l'amélioration de la sécurité routière et des conditions de circulation dans le DAA, l'augmentation de la consommation de plusieurs produits de base donc des revenus plus grands pour les gérants d'activités.

Il existe néanmoins des impacts négatifs, dont les plus significatifs sont, pendant toutes les phases de la réalisation du projet: les expropriations de bâtis et de terres agricoles, les risques de dégradation des habitats naturels et de pollutions dues aux déversements accidentels de produits organiques ou chimiques, aux produits utilisés sur le chantier et aux eaux usées, affectant ainsi les ressources en eaux superficielles (cours d'eau: rivières), les ressources en eaux souterraines et la biodiversité terrestre et aquatique. En outre, le milieu humain (ouvriers, riverains, les usagers, etc.) pourrait être exposé à des nuisances et gênes résultant des émissions atmosphériques (poussières, gaz de combustion, nuisances acoustiques, etc.).

Les impacts négatifs potentiels majeurs durant l'exploitation de l'autoroute sont les risques de pollutions, de nuisances liées à la circulation des véhicules, à la dégradation de la qualité des habitats de différentes espèces, à la disparition de certaines zones écologiques sensibles (zones humides), des personnes dont les terrains / biens ont été morcelés ou réduits par le passage de l'autoroute.

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. Cette mise en œuvre est conditionnée par des engagements en matière environnementale par les entreprises qui seront adjudicataires des travaux, mais également par une bonne coordination entre le maître d'œuvre et l'ensemble des Ministères techniques, Directions ou Services concernés.

VIII- 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.

VIII.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 EIES et les clauses d'autorisation obtenue du Ministère 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.

VIII.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 en charge 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 inclus 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 pendant les phases d'aménagement et d'exploitation de l'autoroute pourraient porter sur les actions suivantes :

la santé et la sécurité du travail, la qualité de l'air et la gestion des déchets, les ressources naturelles, la perte de terres et de bâtis, etc.

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.).

Le coût de ces études ci-dessus durant les phases d'aménagement et d'exploitation est de **28 000 000 millions de francs CFA** (vingt huit millions de francs), soit **19 000 000 F** (dix neuf millions de francs) pour la phase d'aménagement de l'autoroute et **9 000 000 F** (neuf millions de francs) pour la phase d'exploitation.

IX- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABOUCAMI W., BOHER M., MICHARD A. and ALBAREDE F. (1990). A major 2.1 Ga event of mafic magmatism in west africa: a early stage of crustal accretion. *J. Géophys. Res.*, 95 (11) pp.17605-17629.

AHOUSI K. E. (2003). Distribution des composés minéraux : Nitrates, Sulfates, Ammonium et Aluminium dans les eaux de la nappe d'Abidjan. Étendue de la contamination des eaux souterraines. Mémoire du Diplôme d'Étude Approfondies (DEA) des Sciences de la Terre option Hydrogéologie, Université de Cocody, 69 p.

AHOUSI K. E., SORO N., SORO G., KOUADIO F. J.-L. SORO T. D. et BIÉMI J.

(2007). Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de la nappe d'altérite captée par les puits servant à l'approvisionnement en eau des populations de la ville d'Agboville (Côte d'Ivoire). *Journal Africain de Communication Scientifiques et Technologique*, n° 2, pp. 109-121

AHOUSI Kouassi Ernest (2008). Evaluation quantitative et qualitative des ressources en eau dans le sud de la côte d'ivoire. Application de l'hydrochimie et des isotopes de l'environnement à l'étude des aquifères continus et discontinus de la région d'Abidjan-Agboville. THÈSE de l'université de Cocody Spécialité : Hydrogéologie, Hydrochimie et Isotopie

AHOUSI KE, Soro N, Kouassi AM, Soro G, Koffi YB, Zadé GPS (2010). Application des méthodes d'analyses statistiques multivariées à l'étude de l'origine des métaux lourds (Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+}) dans les eaux des nappes phréatiques de la ville d'Abidjan. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(5): 1753-1765.

AKA N. (2014) : impact des activités anthropiques sur les ressources en eau du département d'Abengourou (est de la Côte d'Ivoire) ; Apport de l'hydroclimatologie, de la télédétection et de l'hydrochimie. Thèse Unique de l'Univ. FHB de Cocody, Côte d'Ivoire, 246 p.

ARNOULD M. (1961). Etude géologique des migmatites et des granites précambriens du Nord-Est de la Côte d'Ivoire et de la Haute Volta méridionale. *Bull. Dir. Géol. Prosp. Min.*, Abidjan, n° 1, 175 p. et mém. B.R.G.M., Paris, n°3 175p.

BESSELES B. (1977). Géologie de l'Afrique, le craton ouest africain. *Mém. B.R.G.M.* n°88, 402 p.

BIEMI J. (1992). Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et par télédétection des bassins versants sub-sahéliens du socle précambrien d'Afrique de l'Ouest : Hydrostructurale hydrodynamique, hydrochimique et isotopie des aquifères discontinus de sillons et aire granitique de la Haute Marahoué (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat ès Sc. Nat., Université de Cocody, Côte d'Ivoire 479 p.

BIÉMI 2012. Evaluation de la vulnérabilité spécifique aux nitrates (NO₃) des eaux souterraines du District d'Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire). Int. J. Biol. Chem. Sci. 6(3):PP 1390-1408

BOHER M. (1991). Croissance crustale en Afrique de l'Ouest à 2.1 Ga. Apport de la géochimie isotopique. Thèse de Doctorat Univ. Nancy I, 180 p.

BOHER M., ABOUCHAMI W., MICHARD A., ALBARÈDE F. and ARNDT N. T.(1992): Crustal growth in West Africa at 2,1 Ga. J. Geophys. Res., 97 (B1): 345-369.

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

DEH Serge Kouakou , Kan Jean KOUAME , Mahaman Bachir SALEY , Koua JJ TANOH , Epse Kouakou Abenan ANANI , Kouassi Hubert SIGNO1, Jean Patrice JOURDA et Jean BIEMI (2012): Evaluation de la vulnérabilité spécifique aux nitrates (NO₃) des eaux souterraines du District d'Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire) Int. J. Biol. Chem. Sci. 6(3): PP 1390-1408

DOUMBIA S., POUCKET A., KOUAMELAN A. N., PEUCAT J. J., VIDAL M. and DELOR C., (1998): Petrogenesis of juvenile-type Birimian (Paeoproterozoic) granitoids in Central Côte d'Ivoire, West Africa: geochemistry and geochronology. Precambrian Res., 87: 33-63.

HIRDES W., DAVIS D.W., LÜDTKE G. and KONAN G., (1996): Two generations of Birimian (Paleoproterozoic) volcanic belts in northeastern Côte d'Ivoire (West Africa): consequences for the 'Birimiancontroversy'. PrecambrianRes., 80: 173-191.

JOURDA J. P. (1987). Contribution à l'étude Géologique et Hydrogéologique du Grand Abidjan (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, 3ème cycle, Université Scientifique, Technique et médicale de Grenoble, 319 p.

Jourda J. R. P, K. J. Kouamé, M. B. Saley, B. H. Kouadio, Y. S. Oga, 2006. Contamination of the Abidjan aquifer by sewage: An assessment of extent and strategies for protection", In: Yongxin X, Brent U, eds. *Groundwater pollution in Africa*, Balkema (Grande Bretagne), Taylor & Francis, pp. 291-300,.

KOUAMÉ K. J. (2007). Contribution à la Gestion intégrée des Ressources en Eaux (GIRE) du District d'Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire) : Outils d'aide à la décision pour la prévention et la protection des eaux souterraines contre la pollution. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody, 227p.

KOUAMELAN A. N. (1996).Géochronologie et géochimie des formations archéennes et protérozoïques de la région de Man en Côte d'Ivoire. Implication pour la transition archéen-protérozoïque. Thèse de Doctorat Univ. Rennes, n° 73 , 289p.

KOUAMELAN A. N., DELOR C. and PEUCAT, J. J., (1997): Geochronological evidence for reworking of archean terrains during the early proterozoic (2.1 Ga) in the western Côte d'Ivoire (Man rise-West African Craton). *Precambrian Res.*, 86, 177-199.

LEMOINE S. (1988). Evolution géologique de la région de Dabakala (NE de la Côte d'Ivoire) au protérozoïque inférieur (possibilité d'extension au reste de la Côte d'Ivoire et au Burkina Faso : similitudes et différences ; les linéaments Greenville-Ferkéssédougou et Grand Cess-Niakaramadougou). Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. de Clermont-Ferrand, 334p

MCLAU/JICA, 2015: Projet de développement du Schéma Directeur d'Urbanisme du Grand Abidjan (SDUGA), Rapport final, volume 1_Introduction et résumé, 172 P

OGA M. S. (1998). Ressources en eaux souterraines dans la région du Grand Abidjan (Côte d'Ivoire) : Approche Hydrochimique et Isotopique. Thèse de Doctorat de l'Université de Paris Orsay, 240 p.

OMS (2004). Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 1-recommandations. Organisation mondiale de la Santé, 3^e édition, 110 p.

POTHIN K. B. K., GIOAN P. et GRONAYES C. C. (2000). Bilan géochronologique du socle précambrien de Côte d'Ivoire. *Bioterre, Rev. InternSci. de la Vie et de la Terre*, Vol. 1, n°1, pp. 36-47.

RODIER J. (1996) L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 8^{ème} édition. Dunod, Paris, 1384 p.

SOGREAH (1972). Étude de la gestion et de la protection de la nappe assurant l'alimentation en eau potable d'Abidjan. Étude sur modèle mathématique. Proposition d'étude, 51p.

SOGREAH (1996). Etude de la gestion et de la protection de la nappe assurant l'alimentation d'eau potable d'Abidjan. Etude sur modèle mathématique. Rapport de la phase 1 et 2, République de Côte d'Ivoire, Ministère des Infrastructures Economiques, Direction et Contrôles des Grands Travaux (DCGHTX).

SOMBO B. C. (2002). Etude de l'évolution structurale et sismo-stratigraphique du bassin sédimentaire off-shore de Côte d'Ivoire, marge passive entaillée d'un canyon. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, n° 355, 304p

Soro N, Ouattara L, Dongo K, Kouadio KE, Ahoussi KE, Soro G, Oga MS, Savané I, Biémi J. (2010). Déchets municipaux dans le District d'Abidjan en Côte d'Ivoire: sources potentielles de pollution des eaux souterraines. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(2): 364-384.

TAGINI B., (1971). Esquisse structurale de la Côte d'Ivoire. Essai de géotechnique régionale. Thèse de Doctorat Univ. Lausanne, 302 p.

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

USGS (2007). Données topographiques.
<http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/gtopo30.html>

YACE I. (1976). Le volcanisme éburnéen dans les parties centrales et méridionales de la chaîne précambrienne de Fettekro en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat Sc. Nat. Univ. Abidjan, 373 p.

YAO Affoué Berthe, KOUAME Kouassi Innocent, KOUASSI Kouamé Auguste, KOFFI Kouadio, GOULA Bi Tié Albert, and SAVANE Issiaka (2015) Estimation de la recharge d'une nappe côtière en zone tropicale humide: Cas de la nappe du Continental Terminal d'Abidjan (Côte d'Ivoire) International Journal of Innovation and Applied Studies (IJIAS) Vol. 12 N° 4, pp. 888-898; <http://www.ijias.issr-journals.org/>

X- ANNEXE: MESURE DE PARAMETRES PHYSIQUES D'EAUX DE FORAGE ET DE RIVIERE



Prélèvement d'eau de forage à la station d'Adonkoi pour une mesure de paramètres physiques



Mesure de paramètres physiques sur une rivière à l'Ouest de la rivière Gbangbo