



Institut Internationale d'Ingénierie d'Eau
et Environnement



Société de Distribution d'Eau de Cote
d'Ivoire

MASTER SPECIALISE GENIE SANITAIRE ET ENVIRONNEMENT

Année académique : 2009 – 2010

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

Pour l'obtention du diplôme de Master spécialisé génie sanitaire et
environnement

Option Eau et Assainissement

ETUDE DE FAISABILITE DE L'UTILISATION DE LA LAGUNE AGHIEN POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DU DISTRICT D'ABIDJAN

Présenté par

ETTIEN BONI FRANCK-ERIC

Jury :

Konaté Yacouba

Sossou Seysan

Ouedraogo Moussa

Encadreur SODECI :

Dr AKA AKPA

Directeur Etudes, Travaux et
Maintenance

Remerciement

A Dieu Tout-Puissant, Maître suprême de toute existence sur terre qui a permis que je fasse cette formation et aussi ce travail ;

Aux autorités de l'Union économique et monétaire de l'Afrique de l'Ouest (UEMOA) qui ont financé toute ma formation à travers leur programme de soutien de l'UEMOA;

Aux autorités de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 2IE pour leur organisation

A tous les enseignants du 2iE pour leurs enseignements et leur encadrement pédagogique de qualité reçue tout au long de la formation ;

Aux responsables de la Société de Distribution d'Eau de Cote d'Ivoire (SODECI), en particulier à Monsieur le Directeur des études techniques, et maintenances, Dr Aka Apka et son équipe qui ont assuré mon encadrement tout au long de mon stage ;

Au Dr N'guessan Yao Alexis, Maitre Assistant à l'université de Cocody-Abidjan, qui m'a beaucoup soutenu dans ce travail ;

Aux amis, collègues de promotion du Génie Sanitaire et Environnement et de l'Association Ivoirienne des Elèves et Stagiaires Ingénieurs de 2IE avec qui j'ai eu de très bons rapports fraternelle ;

A ceux qui ont de prêt ou de loin contribué à ma formation ;

Du plus profond de mon cœur, je vous adresse mes sincères remerciements.

Dédicace

A Dieu Tout-Puissant, créateur du ciel et de la terre qui vient au secours des faibles et des orphelins ;

A ma très chère mère, N'ZEBO Yah Christine épouse Kouamé, pour toutes les souffrances et les sacrifices qu'elle a enduré pour mon éducation ;

A mon oncle N'ZEBO Epokou Jean et son épouse pour leur soutien ;

Je vous dédie ce mémoire.

Franck-Eric ETTIEN

Table des matières

Remerciement	ii
Table des matières	iv
Liste des tableaux	vi
Liste des figures	vii
Liste des abréviations.....	ix
Résumé	x
CONTEXE GENERAL	1
INTRODUCTION.....	2
PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE.....	3
PARTIE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET METHODOLOGIE	
D'ETUDE.....	5
CHAPITRE I :PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	6
I.1- Milieu physique de la zone d'étude.....	6
I.1.1- Situation géographique de la zone d'étude.....	6
I.1.2- Relief.....	7
I.1.3- Végétation.....	7
I.1.4- Géologie et Hydrogéologie	8
I.1.5- Climat	9
I.1.6- Température	10
I.1.7- Insolation.....	10
I.1.8- Humidité relative	11
I.1.9- Hydrologie (voir figure 1)	11
I.2- Milieu humain.....	12
I.2.1- Population	12
I.2.2- Activité économique	13
CHAPITRE II : METHODOLOGIE D'ETUDE.....	14
II.1- Matériels	14
II.2- Méthode de travail	14
II.2.1- Recherche bibliographique	14

II.2.2- Entretien, Visites et travaux de terrain	15
PARTIE II : EVALUATION DES BESOINS EN EAU ET DES POTENTIALITES DE LA LAGUNE AGHIEN POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE DU DISTRICT D'ABIDJAN.....	21
CHAPITRE I : DIAGNOSTIQUE DES SYSTEMES D'EXPLOITATION EXISTANTE ET ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DU DISTRICT D'ABIDJAN	22
I.1- Description des ouvrages existants.....	22
I.2- Alimentation en eau du district d'Abidjan.....	23
I.3- Estimation des besoins en eaux	24
I.3.1- Définition de quelques termes	17
I.3.2- Besoin en eau du district d'Abidjan.....	24
I.3.3- Estimation des besoins en eau à long terme (d'ici 2030)	25
I.4- Bilan besoins estimés par rapport à la ressource en eau actuellement exploitée	26
CHAPITRE II : EVALUATION DES POTENTIALITES DE LA LAGUNE AGHIEN POUR L'AEP DU DISTRICT D'ABIDJAN	28
II.1- Cadre hydroclimatique.....	28
II.1.1- Les saisons lagunaires.....	29
II.1.2- Evaporation	29
II.1.3- Hydrologique de la lagune Aghien	29
II.2- Bathymétrie de la lagune Aghien.....	30
II.3- Faciès superficiel de la lagune.....	32
II.4- Evaluation de la recharge en eau douce de la lagune Aghien	33
II.5. Paramètre physico chimique de la lagune Aghien.....	34
II.5.1- Température des eaux superficielles de la lagunes Aghien	34
II.5.2- Salinité des eaux superficielles de la lagune Aghien	34
II.5.3- pH des eaux superficielles de la lagune Aghien.....	35
II.5.4- La turbidité des eaux superficielles de la lagune Aghien.....	36
II.6- Choix du site de prise d'eau	38
PARTIE III : DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES ET ESTIMATION DES COUTS	39
CHAPITRE I : DESCRIPTION DES OUVRAGES.....	40

I.1- Station de traitement	40
I.2- Conduit de refoulement	42
I.3- Diamètre des conduites de refoulement	43
CHAPITRE II : DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES ET COUT ESTIMATIF DES TRAVAUX	44
II.1- Description des travaux	44
II.2- Dimensionnement des ouvrages et équipements	44
II.2.1- Station d'exhaure	44
II.2.2- Unité de traitement	45
II.2.3- Conduite de refoulement vers Riviera et Abobo-Anonkoua	48
II.2.4- Alimentation électrique de la station de traitement	51
III.3- Coût estimatif des travaux	51
Conclusion et recommandation	52
BIBLIOGRAPHIE	53
Annexe	54

Liste des tableaux

Tableau I: Paramètres hydrodynamiques du bassin sédimentaire de la Cote d'Ivoire (Jourda,1987 ; SOGREAH, 1996a ; Soro, 2003).....	8
Tableau II: Evolution de la population du district d'Abidjan de 1920 à 2006	12
Tableau III: Hypothèses d'évaluation des besoins en eau du district d'Abidjan.....	18
Tableau IV: Caractéristiques des installations de production d'Abidjan.....	22
Tableau V: Evolution de la production d'eau de 1994 à 2007	24
Tableau VI : Estimation de la production en eau du district d'Abidjan.....	24
Tableau VII : Découpage d'Abidjan en unité géographique.....	25
Tableau VIII : Répartition des nouveaux quartiers par communes.....	25
Tableau IX: Estimation des besoins en eau potable du district d'ici 2030	26
Tableau X: Bilan des besoins en eau à long terme	27
Tableau XI: Apport moyen d'eau douce transitant par la lagune Aghien	34

Tableau XII : Résultat de l'analyse chimique de la lagune Aghien (Guiral et Ferhi, 1989)	37
Tableau XIII: Choix du diamètre de la conduite d'eau brute.....	45
Tableau XIV° : des surfaces unitaires des filtres de sables.....	46
Tableau XV: Capacité de la bêche d'eau claire.....	47
Tableau XVI: Besoin en eau des communes du district d'Abidjan à l'échéance de la planification (2030)	48
Tableau XVII: Choix des conduites de refoulement de la Riviéra.....	49
Tableau XVIII: Choix de la conduite de refoulement vers Abobo	50
Tableau XIX: devis estimatif des travaux de la station de traitement.....	51

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du district d'Abidjan (Kouamé, 2006).....	7
Figure 2: Evolution de la pluviométrie moyenne mensuelle du district d'Abidjan de 1960 à 2002	9
Figure 3: Evolution de la pluviométrie moyenne annuelle du district d'Abidjan de 1960 à 2002.....	9
Figure 4: Evolution de la température moyenne mensuelle du district d'Abidjan de 1963 à 2000	10
Figure 5: Evolution de l'insolation moyenne mensuelle du district d'Abidjan de 1978 à 2000.....	11
Figure 6: Evolution de l'humidité relative moyenne du district d'Abidjan de	11
Figure 7: Carte de densité de population du district d'Abidjan (Kouamé, 2006).....	12
Figure 8: Localisation des forages d'exploitation du district d'Abidjan (Bayala, 2010)	23
Figure 9: Carte bathymétrique de la lagune Aghien (N'guessan, 2009)	31
Figure 10: Modèle numérique d'élévation du fond de la lagune Aghien (N'guessan, 2009).....	31
Figure 11: Répartition du faciès superficiel de la lagune Aghien (N'guessan, 2009)	32
Figure 12: Bilan hydrique pour les entrées-sorties de la lagune Ebrié (Varlet, 1978)	33
Figure 13: Carte de répartition de la salinité superficielle de la lagune Aghien (N'guessan, 2009)	35
Figure 14: Carte de répartition superficielle du pH de la lagune Aghien (N'guessan, 2009)	36
Figure 15: Turbidité moyenne des eaux de surface en mg/l de janvier 1973 à novembre 1974 (Tastet, 1979).....	37
Figure 16: zone d'installation d'une prise d'eau HYDROMOBIL.....	41

Figure 17: Prise d'eau HYDROMOBIL de type Mat de transfert oscillant 42

Liste des abréviations

AEP : Alimentation en Eau Potable

BF : Borne Fontaine

BNETD : Bureau national d'étude technique et de développement

BP : Branchement Particulier

CURAT : Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection

DETM : Direction des Etudes Techniques et Maintenance

DHH : Direction d'Hydraulique Humaine

GPS : Global Positionment System

h : heure

hab : habitant

HGT : Hauteur Géométrique Total

HMT : Hauteur Manométrique

INS : Institut National de Statistique

km : kilomètre

km² : kilomètre carré

kW : kilowatt

l : litre

LSTEE : Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et Environnement

NPSH : charge nette absolue à l'aspiration (Net Positive Suction Head)

m : mètre

m³ : mètre cube

MEE : Ministère de l'Eau et Environnement

PDC : Perte de Charge

pH : potentiel Hydrogène

s : seconde

SODECI : Société de Distribution d'Eau de Cote d'Ivoire

SOGREAH : Société Grenobloise d'Etude et d'Aménagements Hydraulique

UFR-STRM : Unité de Formation de Recherche Sciences de la Terre des Ressources Minières

Résumé

Situé au sud de la Côte d'Ivoire, dans la partie sédimentaire, le district d'Abidjan est une zone qui a connu ces dernières années une urbanisation rapide. L'une des principales conséquences de cette expansion est le problème lié à l'alimentation en eau potable de ce district qui se manifeste par des baisses de pression, des pénuries d'eau et la surexploitation de la nappe.

La SODECI leader de la distribution d'eau à Abidjan a longtemps privilégié les eaux souterraines pour sa production d'eau. Mais aujourd'hui cette ressource dans notre zone est entrain d'atteindre ces limites. Cette situation amène à mobiliser d'autres ressources en eau importantes telles que les eaux surfaces en particulier celle de la lagune Aghien. D'où le projet intitulé « **Etude de faisabilité de l'utilisation de la lagune Aghien pour l'alimentation en eau potable du district d'Abidjan** ».

L'objectif de cette étude est d'analyser les capacités de cette retenue d'eau de surface à assurer la desserte de la zone d'étude et cela dans un contexte de gestion intégrée des ressources en eau, d'estimer le coût des travaux, et de proposer des actions de protection et de pérennisation pour assurer de façon continue les besoins en eau de la zone d'étude.

Après avoir estimé les besoins en eau dans la zone d'étude, à l'échéance de notre planification fixée à 2030 qui est d'environ 1 145 000 m³, nous avons analysé la capacité de la retenue d'eau de surface à faire face à ces besoins.

A l'issue de ces travaux, nous retenons que la lagune d'Aghien présente un potentiel favorable pour l'alimentation de la zone d'étude. Elle a un volume de 71 millions m³ et reçoit l'eau venant de la Mé et des rivières Djibi et Bété. L'apport net de ses cours d'eau continentaux qui y transitent, est estimé à 1,8 milliard m³/an. Elle présente aussi des paramètres physico chimiques favorables à savoir des valeurs de salinité faibles comprises entre 0 et 4‰ et de pH moyen comprises entre 8 et 6. La turbidité de cette retenue est fonction des saisons. Elle est élevée en période de précipitation.

Pour le traitement de cette eau, la construction d'une station de traitement d'environ 58 000 m³/h est préconisée. Cela permettra de satisfaire les besoins en eau de la zone d'étude. Le coût de ces travaux est estimé à **68 413 549 080 F.CFA**.

CONTEXTE GENERAL

INTRODUCTION

L'amélioration de l'approvisionnement en eau potable est un important problème prioritaire rencontré dans les pays en voie de développement, en particulier dans les grandes villes urbanisées des pays subsahariennes. Depuis de nombreuses années, malgré les technologies qui ont été développées pour améliorer l'accès à l'eau, aussi bien en quantité et en qualité, force est de constater que plus d'un milliard de personnes dans le monde, vivent dans des zones de pénurie d'eau économique, où le capital humain, institutionnel et financier limite l'accès à l'eau, bien que l'eau soit disponible dans la nature pour satisfaire la demande des populations. Ceci permet de constater que la technologie ne répond qu'à une partie du problème car tous ces ouvrages ne servent à rien sans une ressource en eau adéquate.

La Côte d'Ivoire, pays en voie de développement n'est pas en marge de ces difficultés rencontrées principalement dans ces grandes villes, en particulier celle d'Abidjan que nous étudions.

La société de distribution d'eau de Côte d'Ivoire (SODECI), leader de l'alimentation en eau potable des villes du pays depuis 1959, a beaucoup privilégié les eaux souterraines à travers les puits et les forages. Compte tenu de l'urbanisation rapide, la croissance de la population et la forte demande en eau dans certaines villes, qui ont entraîné un amenuisement des capacités de la nappe souterraine, la SODECI a orienté sa politique d'exploitation en utilisant les eaux de surface.

La ville d'Abidjan, qui a connu un fort peuplement suite au conflit armé, d'où une forte urbanisation et une demande d'eau accrue, rencontre à ce jour des difficultés de pénurie d'eau, soit 1,68 millions d'habitants par jour n'ont pas accès à l'eau potable (source SODECI, Direction des ressources en eau du M.E.E). Ceci représente un déficit journalier de 168 000 m³ pour une capacité de pompage de la nappe d'eau de 380 000 m³. Face à cette situation, la SODECI envisage l'utilisation de l'eau de la lagune Aghien pour l'alimentation en eau potable en vue de satisfaire la forte demande de la population à long terme.

Nous avons essayé donc, dans ce mémoire, d'étudier les principales questions qu'il faut se poser afin que le projet d'alimentation en eau potable de la ville d'Abidjan à partir de la lagune Aghien, réponde au mieux aux attentes des objectifs réalisés et durables.

Ce mémoire sera présenté comme suite :

Partie I : Présentation de la zone d'étude et méthodologie d'étude ;

Partie II : Evaluation des besoins en eau et des potentialités de la lagune Aghien pour l'AEP du district d'Abidjan ;

Partie III : Dimensionnement des ouvrages et estimation des coûts des travaux.

PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE

La ville d'Abidjan est la capitale économique de la Côte d'Ivoire. Elle connaît cependant une forte urbanisation liée à l'abondance des secteurs d'activités qui s'y sont installés et à l'affluence humaine. Cette ville est située sur le bassin sédimentaire qui a une nature géologique très riche en eau souterraine. Elle est donc dans une zone très favorable pour l'exploitation des nappes par la SODECI qui est la structure chargée de la mobilisation, du traitement et de la distribution d'eau potable dans les villes. Mais cet avantage ne peut être exploité totalement car l'extension rapide des habitats et des sociétés industrielles, ainsi que la croissance démographique de la ville ont des conséquences très désastreuses sur la ressource. Les difficultés découlant de cette situation sont :

- La pollution de la nappe provenant des activités humaines et industrielles ;
- L'éloignement des points de captage dû au manque d'espace et au risque de pollution ;
- La surexploitation des nappes existantes ;
- La forte demande en eau des populations ;
- Une baisse de la pression aux heures de pointe
- La pénurie d'eau dans certain secteur de la ville ;

Selon le MEE, la production journalière d'eau est de 311 000 m³ contre une demande journalière de 461 000 m³, soit un déficit de 150 000 m³ qui représente une population de 1,5 million d'habitants qui n'ont pas accès à l'eau potable dans le district d'Abidjan, si l'on prend un ratio de 100 litres par jour et par habitant.

Dans le cadre de la réduction de ce déficit plusieurs solutions ont été recherchées parmi lesquelles figurent :

- Les recherches approfondies à travers des études hydrogéologiques d'eau souterraine dans l'ensemble du district ;
- Le renforcement de l'alimentation en eau potable du district à travers des projets d'extension du réseau ;
- L'alimentation en eau potable de la zone d'étude à partir d'eau de surface d'où la proposition de la lagune d'Aghien.

Le travail dans le cadre de cette étude consistera à montrer à la SODECI que cette source d'eau de surface est sécurisée et pérenne, c'est-à-dire qu'elle pourra être utilisable et aussi servir à moyen et à long terme à l'alimentation en eau potable l'ensemble de la zone du district d'Abidjan. Pour ce faire l'étude vise spécifiquement à :

- évaluer la capacité de recharge de la ressource en eau de surface déjà mobilisée,
- comparer cette capacité de recharge au besoin en eau de la ville à long terme.
- faire des propositions techniques d'AEP à partir du site retenu. Ces propositions seront axées sur l'adduction et le traitement,
- évaluer le coût prévisionnel des travaux,

**PARTIE I : PRESENTATION DE LA ZONE
D'ETUDE ET METHODOLOGIE D'ETUDE**

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.1- Milieu physique de la zone d'étude

I.1.1- Situation géographique de la zone d'étude

La ville d'Abidjan, devenue District d'Abidjan depuis le Conseil des Ministres du 9 mai 2001, de la seconde république, est située au Sud de la Côte d'Ivoire. Elle est localisée entre les latitudes 5°10 et 5°38 Nord et les longitudes 3°45 et 4°21 Ouest. Dès lors, elle regroupe trois Sous-préfectures (Bingerville, Songon et Anyama) en plus des dix communes de la ville d'Abidjan (Figure 1). Sa superficie est de 2 119 km² soit 0,6% du territoire national. Il est limité :

- au Sud, par l'Océan Atlantique ;
- au Sud-ouest, par Jacqueville ;
- au Sud-est par Grand-Bassam
- au Nord, par Agboville ;
- à l'Ouest, par Grand-Lahou ;
- à l'Est, par Alépé.

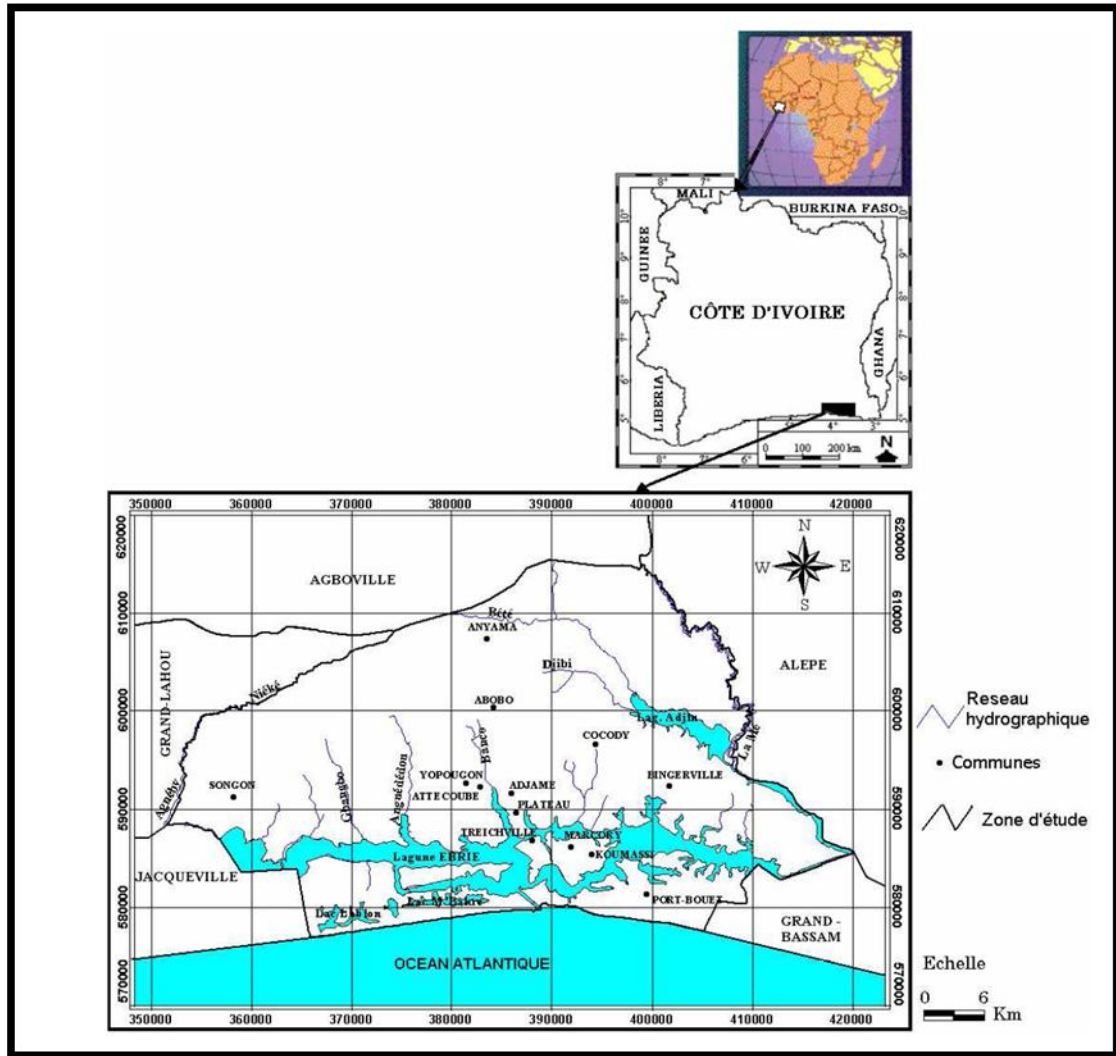


Figure 1 : Localisation du district d'Abidjan (Kouamé, 2006)

I.1.2- Relief

Dans cette zone, on distingue trois ensembles géomorphologiques individualisés (Tastet, 1979 ; Angui et al, 1984) :

- les hauts plateaux en deux niveaux, de 40 à 50 m et 100 à 120 m, représentés par les buttes du Continental Terminal au Nord de la lagune Ebrié ;
- les bas plateaux d'altitude allant de 8 à 12 m, constituent les affleurements du cordon littoral quaternaire ;
- les plaines et les lagunes qui constituent l'ensemble le plus affaissé.

I.1.3- Végétation

Trois grands types de paysage végétal se partagent la région étudiée : la forêt, la savane et les formations hydrophiles des zones marécageuses en bordure des lagunes d'eau saumâtre.

L'ensemble est abondamment transformé par les cultures industrielles (palmiers et hévéas en savane, palmiers, caféiers, cacaoyers et ananas en forêt, bananeraies dans les bas-fonds tourbeux) et par les cultures vivrières itinérantes. A l'approche de la partie nord du district d'Abidjan, la forêt est beaucoup plus haute, plus dense et moins dégradée ; ceci est en liaison avec une baisse notable de la densité d'habitation.

I.1.4- Géologie et Hydrogéologie

La Côte d'Ivoire est occupée dans sa partie sud par le bassin sédimentaire d'âge Crétacée - Quaternaire qui s'étend de Fresco à la frontière sud du pays. Il s'étend sur environ 40 km. Le district d'Abidjan appartient à ce bassin sédimentaire qui présente une géologie simple : sables et vases quaternaires, des sables argileux avec quelques niveaux d'argiles bariolées du Continental Terminal et des calcaires gréseux du crétacée (Tastet, 1979). La nature géologique de la région d'Abidjan recèle donc des nappes importantes qui dépendent de la nature des sédiments. Ces nappes présentent des caractéristiques hydrauliques intéressantes avec une perméabilité très élevée comprise entre 10^{-6} à 10^{-3} m/s, de même qu'une transmissivité élevée comprise entre 0,14 et $0,2 \cdot 10^{-2}$ m²/s. les débits sont de l'ordre de 2 à 200 m³/h et les profondeurs varient de 50 à 200 m (Angui et al, 1984). Ces nappes sont les principales sources d'alimentation en eau potable du district d'Abidjan (voir tableau I)

Tableau I: Paramètres hydrodynamiques du bassin sédimentaire de la Cote d'Ivoire
(Jourda, 1987 ; SOGREAH, 1996a ; Soro, 2003)

Aquifère	Epaisseur (mètre)	Transmissivité (m ² /s)	Perméabilité (m/s)	Niveau Statique (mètre)	Emmagasinement (%)	Direction d'écoulement	Débit d'exploitation (m ³ /h)	Alimentation
Aquifère du Quaternaire	80	$1,4 \cdot 10^{-1}$ à $2 \cdot 10^{-1}$	10^{-3} à $4 \cdot 10^{-5}$	0,5 à 1		Nord-Sud	2 à 22	Recharge par infiltration directe des eaux de pluies et des eaux superficielles
Aquifère du Mi-Pliocène (Continental Terminal)	160	0,14 à 20	10^{-5} à 10^{-6}	5 à 80	0,05 à 0,2	Nord-Sud	7,2 à 338	Recharge par infiltration directe des eaux de pluies et des eaux superficielles
Aquifère du Crétacé Supérieur ou Maestrichtien	50	inconnue	inconnue	2	inconnu	Nord-Sud	inconnu	semi captive avec une alimentation indirecte

I.1.5- Climat

Le climat est de type équatorial de transition ou Attiéen qui se divise en quatre saisons (figure 2) :

- la grande saison des pluies (mai - juillet) ;
- la petite saison sèche (août - septembre) ;
- la petite saison des pluies (octobre - novembre) ;
- la grande saison sèche (décembre - avril).

La répartition de la pluviométrie mensuelle dans la figure 2 montre qu'il y a généralement une forte précipitation dans le mois de juin (367 mm). Quant à la pluviométrie moyenne annuelle du district d'Abidjan, elle est comprise entre 1 200 – 2400 mm (figure 3).

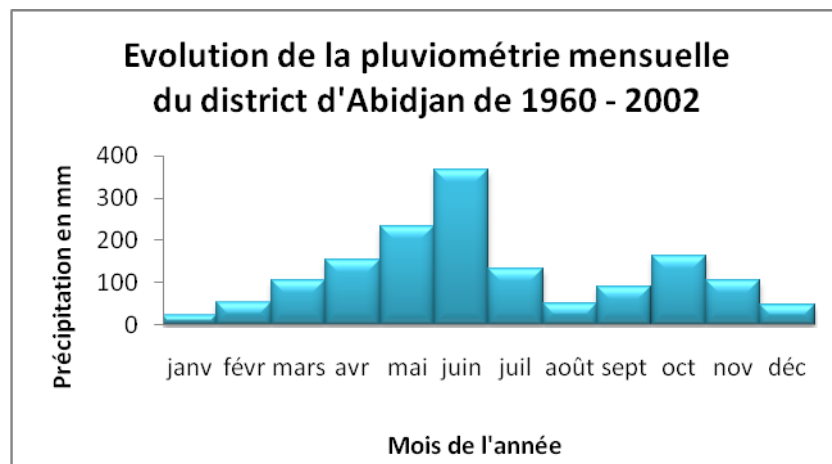


Figure 2: Evolution de la pluviométrie moyenne mensuelle du district d'Abidjan de 1960 à 2002

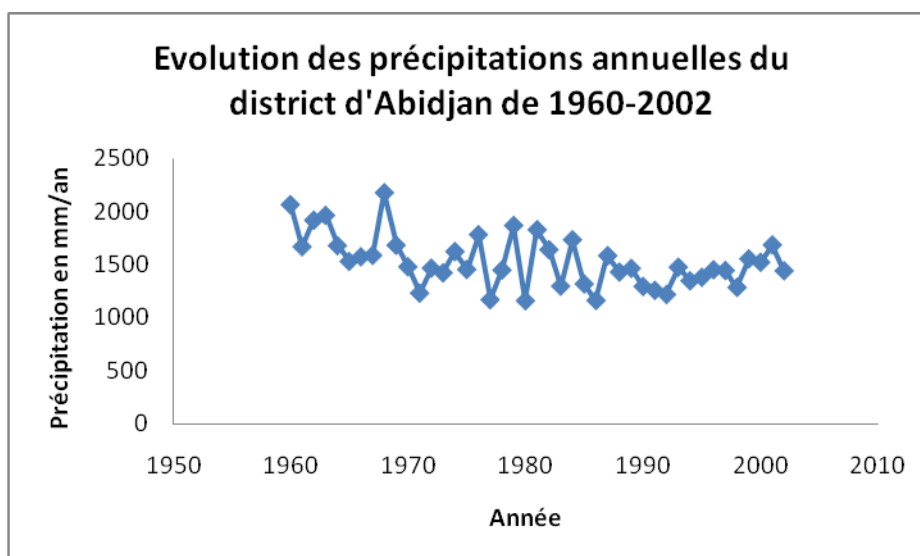


Figure 3: Evolution de la pluviométrie moyenne annuelle du district d'Abidjan de 1960 à 2002

I.1.6- Température

La température moyenne mensuelle de la période de 1960 à 2002 dans la zone du district d'Abidjan est comprise entre 21 et 29°C. La répartition des températures dans la figure 4 ci-dessous montre qu'en général, le mois d'Avril est le plus chaud avec 29,42°C. Par contre le mois de décembre est en général le plus froid avec 21,4°C. C'est le mois où l'harmattan se fait ressentir.

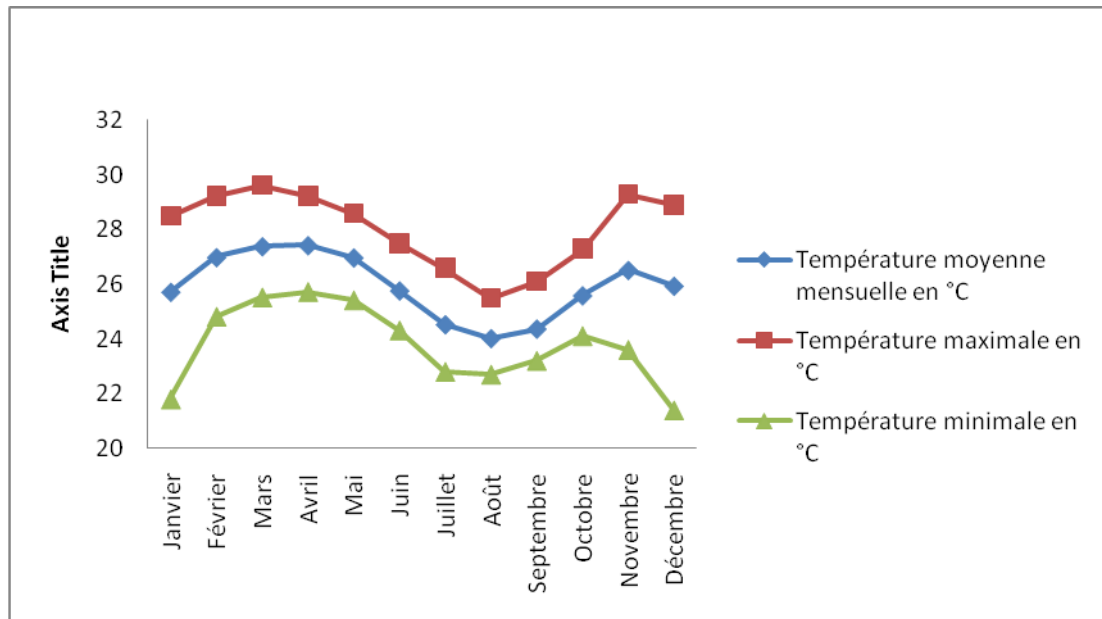


Figure 4: Evolution de la température moyenne mensuelle du district d'Abidjan de 1963 à 2000

I.1.7- Insolation

Les données d'insolation de la période 1984 à 2000 dans le district d'Abidjan varient de 110 h/j à 220 h/j. La figure 5 fait remarquer que durant toute l'année, l'insolation est supérieure à 100 h/j. elle est faible dans le mois d'août (110,35 h/j) et plus élevée dans les mois d'avril et novembre (216,78 et 219,18 h/j).

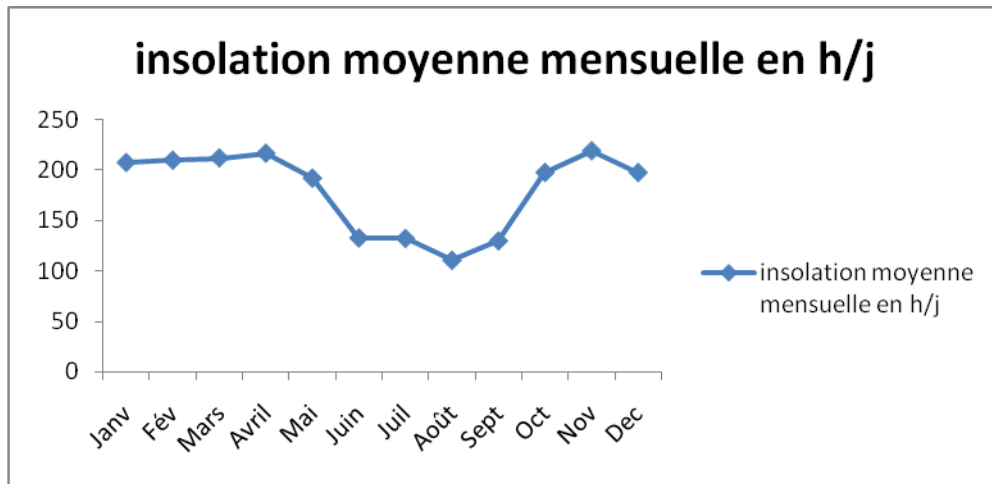


Figure 5: Evolution de l'insolation moyenne mensuelle du district d'Abidjan de 1978 à 2000

I.1.8- Humidité relative

L'humidité relative moyenne mensuelle de la période 1984-2000 (annexe 3) relevée à la station d'Abidjan-Aéroport varie dans l'ensemble entre 78 et 88%. On constate sur la figure 6 que les mois allant de février à novembre sont les plus humides avec un pic dans le mois d'août (87,41%). Par contre ceux allant de décembre à janvier (inférieure à 80 %) sont relativement les moins humides.

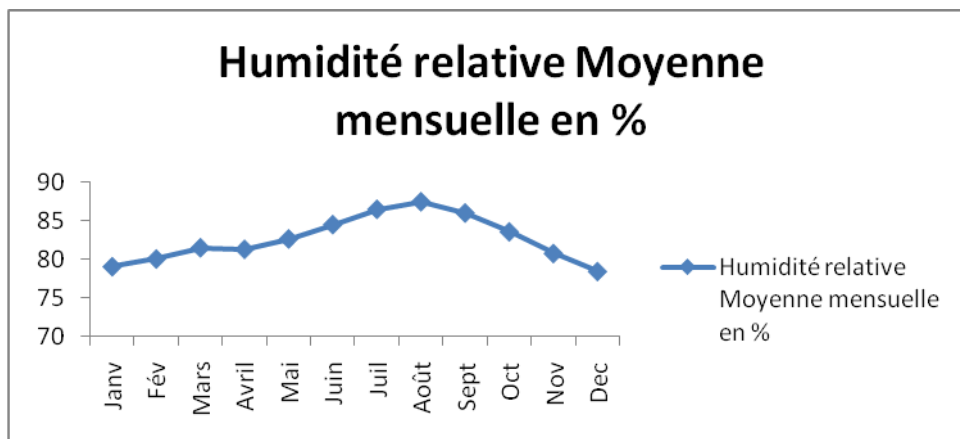


Figure 6: Evolution de l'humidité relative moyenne du district d'Abidjan de

I.1.9- Hydrologie (figure 1)

Le district d'Abidjan est une zone où il y a eu d'intenses phénomènes tectoniques dont la plus importante est la faille des lagunes de direction Ouest – Est et qui a entraîné le développement

d'un important système lagunaire. Ces lagunes constituent une importante réserve en eau de surface. Ce sont : les lagunes Aghien, Aby, Ebrié, Potou et Tadio.

La lagune d'Aghien qui fait l'objet de l'étude actuelle, est située dans la partie nord-est du district. Elle est à l'exutoire du bassin versant de la Mé et deux petites rivières que sont la Djibi et la Bété.

I.2- Milieu humain

I.2.1- Population

Le district d'Abidjan est la capitale économique de la Côte d'Ivoire. Il est la localité la plus peuplée du pays. Sa population était estimée en 1998 à environ 3 125 890 habitants avec un taux de croissance de 3,8 % par an (INS, 2001). En 2006, du fait du conflit armé qui a entraîné le déplacement de nombreuses personnes sur Abidjan, cette population est passée à 5 189 431 d'habitants, soit un taux de croissance brusque de 6,1% (voir tableau II). La figure 7, montre la répartition de la densité de population dans le district d'Abidjan. On constate que les zones où une forte concentration de personnes est observée, sont : Adjamé (20 350 habitants / km²) et Koumassi (15 918 habitants / km²).

Tableau II: Evolution de la population du district d'Abidjan de 1920 à 2006

Année	1920	1950	1970	1990	1998	2006
Population	1000	50 000	500 000	2 132 200	3 125 890	5 189 431

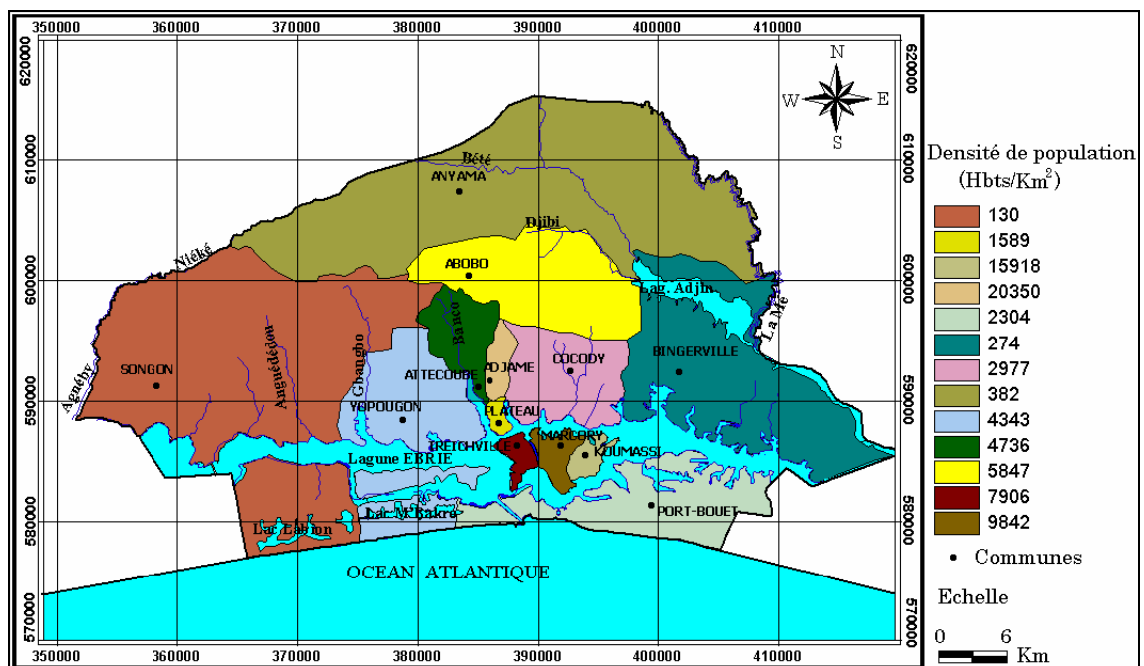


Figure 7: Carte de densité de population du district d'Abidjan (Kouamé, 2006)

I.2.2- Activité économique

Les principales activités économiques exercées dans le district d'Abidjan sont : le commerce, l'industrie (Bâtiment et travaux publics, chimique, textile, ...), la pêche (traditionnelle et moderne), l'agriculture (le palmier à huile, l'hévéa, les produits vivriers et maraîchers), le tourisme et l'artisanat. Il abrite le siège de toutes les institutions nationales et internationales présentes en Côte d'Ivoire.

En 1988, Abidjan générait 90% de la valeur ajoutée du commerce du pays, sans compter le secteur informel, et assurait 80% de la production industrielle, avec 70% des unités et 60% des emplois de ce secteur. Aujourd'hui pour désengorger le district d'Abidjan, les gouvernants ont mis en place une politique de décentralisation avec les moyens et l'ouverture d'un second port autonome à San Pedro, en vue d'encourager les investisseurs à aller vers l'intérieur du pays pour être plus proche de leur matière première, afin de les transformer sur place et dans le même sens, créer de l'emploi.

CHAPITRE II : METHODOLOGIE D'ETUDE

La présente étude a pour objectif d'étudier la possibilité d'alimenter en eau potable le district d'Abidjan à moyen et long terme à partir d'une eau de surface, plus précisément la lagune Aghien.

Pour atteindre ces objectifs, la méthodologie adoptée combine la recherche documentaire et leur traitement, les entretiens avec les différentes structures et responsables impliqués dans la gestion de l'eau et enfin les observations de terrain.

Ainsi, l'étude a été réalisée en adoptant les trois étapes suivantes :

- la phase de recherche documentaire,
- les entretiens, visites et travaux de terrain,
- le traitement des données.

II.1- Matériels

Pour mettre en application ces étapes citées ci-dessus, un certain nombre de matériels a été nécessaire. Ce sont précisément les éléments suivants : véhicule, GPS, carte topographique, ordinateur, appareil photo numérique.

II.2- Méthode de travail

II.2.1- Recherche bibliographique

Elle a constitué la première prise de contact avec le sujet de mémoire et le contexte dans lequel il s'inscrit. Cela a permis de faire la collecte des informations indispensables à la conduite de l'étude. Au cours de cette phase, la recherche a été axée sur deux types de documentation à savoir :

- les documents existant sur le pays et la zone d'étude en matière de gestion des ressources en eau (eau souterraine comme eau de surface),
- les documents abordant des thèmes similaires ou ayant certains points communs avec notre sujet de mémoire.

L'ensemble de ces documents et informations a été obtenu auprès :

- des structures opérationnelles que sont la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire (SODECI) ;

- des structures étatiques telles que la Direction des Ressources en Eau, la Direction de l'Hydraulique Humaine (DHH) ;
- des structures de recherches telles que le Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT) et le Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et Environnement (LSTEE) de l'université de Cocody – Abidjan.
- des sites internet via le moteur de recherche GOOGLE (www.google.fr)

II.2.2- Entretien, Visites et travaux de terrain

II.2.2.1- Entretien

Ces entretiens ont concerné les responsables et structures suivantes :

Les autorités du village Aghien : l'entretien a été axé sur l'utilisation actuelle et les activités menées autour du cours d'eau, sur leur contribution à la gestion de l'eau de la lagune Aghien.

Le responsable de la DTEM de la SODECI. Cet entretien a porté sur le projet d'alimentation en eau potable à partir de la lagune Aghien. Cela a permis d'avoir des renseignements sur les difficultés actuelles d'alimentation en eau potable, les modes de gestion actuelle des centres, les données sur la demande en eau et leur évolution pour les années avenir.

La Direction des Ressource en Eau : l'entretien a porté sur les études déjà effectuées sur cette lagune (capacité de recharge, quantification et qualité), leur utilisation actuelle et sur l'existence ou non d'un système de gestion intégrée des ressources en eau pour ce cours d'eau.

La Direction du CURAT et le Doyen de l'UFR STRM : l'entretien a porté sur les études déjà menées sur la lagune Aghien en vu de son utilisation.

II.2.2.2- Visite et travaux de terrain

Au cours du séjour dans la zone d'études, le 05/10/2010 et 08/10/2010, une visite s'est faite au niveau des systèmes d'adduction d'eau potable gérés par la SODECI et la retenue d'eau de surface située à environ 25 km de la ville d'Abidjan du côté d'Akandjé. L'équipe a également visité les débouchés des rivières Djibi et Bété du côté Nord ouest de la lagune Aghien, précisément à Anyama Débarcadère. Au cours de la visite de ces sites, elle a essayé de détecter des sites potentiels pour la réalisation d'une station de traitement à proximité de la lagune et aussi y proposer une délimitation de zone de protection. Il a été constaté que la lagune Aghien se trouvait dans une zone de forte dépression (dans une cuvette). Les villages en bordure y pratiquent la pêche et aussi utilisent l'eau douce de la lagune pour leurs corvées.

Certaines de leurs pratiques sont nuisibles à ce cours d'eau. Il s'agit du dépôt d'ordures, de la défécation et de la réalisation des corvées directement dans l'eau. Aucune action n'est menée par la communauté villageoise dans le sens de la protection de la lagune. On note aussi l'arrivée des eaux usées de la partie Nord de la commune d'Abobo à travers la rivière Djibi.

II.2.2.3- Traitement des données

Cette phase a consisté à l'exploitation de l'ensemble de la documentation obtenue au cours de la recherche documentaire, des entretiens et observations de terrain. Ce travail a permis de dégager des tendances et des informations utiles à l'élaboration du présent mémoire de fin d'étude. L'exploitation des données a donc permis :

- le diagnostic des ressources exploitables : celui-ci s'est fait toujours à partir des rapports techniques d'exploitation antérieurs de la SODECI.
- l'estimation des populations : un recoupement entre les données du recensement général de la population de 1998 par l'institut national de statistique (INS) a permis de connaître le taux d'accroissement, puis de calculer la population actuelle et faire une estimation de ce dernier jusqu'à 2030 ;
- L'évaluation de la consommation en eau : l'analyse statistique menée sur les rapports techniques d'exploitation de la SODECI et les résultats des enquêtes des bureaux d'études ont permis d'estimer les consommations spécifiques d'eau, le besoin en eau et la production à long terme ;
- Le dimensionnement des ouvrages qui seront préconisés pour l'alimentation en eau potable du district d'Abidjan.

Dans le cadre de cette étude, il a été adopté la démarche préconisée par le projet GIRE qui à la différence de la gestion sectorielle, prend en considération tous les facteurs pertinents et associe tous les acteurs concernés en vue d'un partage équitable et d'une utilisation équilibrée, écologiquement rationnelle et durable des ressources en eau. Cette démarche nous s'impose donc à prendre en considération les points suivants :

- la demande en eau pour l'agriculture ;
- l'évaporation ;
- l'infiltration ;
- l'ensablement.

II.2.2.3.1- Estimation de la population

Elle est donnée par l'expression suivante

$$P_n = P_0 * (1 + \tau)^{(n - n_0)}$$

P_n : Population estimée

P₀ : Population de 1998 (3 125 890 habitants)

τ : Taux de croissance de la population (4%)

n : L'année de l'estimation

n₀ : L'année 1998

II.2.2.3.2- Evaluation des besoins en eau potable du district

II.2.2.3.2.1- Définition de quelques termes

- Taux de desserte : c'est le pourcentage de la population de l'agglomération urbaine desservie par le réseau SODECI. Cette desserte est soit assurée par les branchements particuliers soit par les bornes fontaines installées dans des quartiers précaires.
- Consommation spécifique au B.P. (raccordé) : elle représente la consommation moyenne d'eau par jour et par habitant au branchement particulier.
- Consommation spécifique à la B.F. (non raccordé) : elle représente la consommation moyenne d'eau par jour et par habitant au niveau d'une borne fontaine.
- Le facteur saisonnier : il a été considéré comme étant le produit du facteur de pointe journalière et du coefficient de pointe mensuelle.
- Les pertes d'eau : elles se composent des pertes techniques (pertes durant le traitement et sur le réseau de distribution) et des pertes commerciales dues au dysfonctionnement des compteurs d'eau, des fraudes.

II.2.2.3.2.2- Paramètres d'évaluation des besoins en eau utilisés

La détermination de l'estimation de la demande en eau potable à différents horizons de temps a été faite par rapport à l'évolution de la population projetée et en s'appuyant sur les hypothèses retenues par la SODECI lors de l'alimentation des quartiers Nord-Est d'Abidjan. Le taux de couverture de la population est estimé à plus de 95% (source document de stratégie

pour la réduction de la pauvreté élaboré par le ministère du développement et de la planification en 2002). Le rendement du réseau est pris égal à 85%. La part de la consommation industrielle et administrative se situe autour de 15%. La consommation spécifique pour les populations raccordées a été revue légèrement à la hausse, 80 litres par jour et par habitant, pour prendre en compte l'amélioration du niveau de vie. La consommation spécifique pour les populations non raccordées est estimée à 15 litres par jour et par habitant (Tableau III).

Tableau III: Hypothèses d'évaluation des besoins en eau du district d'Abidjan

Paramètres	Valeurs retenues
Taux de croissance de la population (habitants) en %	4
Consommation spécifique d'eau des abonnés (l/hab/j)	80
Consommation spécifique d'eau des non abonnés (l/hab/j)	15
Taux de consommation des équipements collectifs (%)	15
Nombre de personnes par ménage	10
Nombre d'habitant par abonnement potentiel (hab/abonné)	20
Coefficient journalier de pointe horaire	1,5
Facteur saisonnier	1,3
Taux de rendement du réseau (%)	85
Taux de perte d'eau de la station (%)	10
Temps de fonctionnement de la station (h)	20

II.2.2.3.3- Dimensionnement des ouvrages proposés

✓ Détermination du débit de pompage

Le débit horaire d'eau potable est donné par :

$$Q_{p1} = \frac{B_{max}}{T_p}$$

Dans cette formule :

-Bmax = besoins journaliers à l'échéance de la planification (m³/j),

-Tp = temps de pompage (h)

En admettant une perte d'eau de 10% entre la bache d'eau claire et l'exhaure, le débit horaire d'eau brute à fournir à la station de traitement sera :

$$Q_{p2} = \frac{Q_{p1}}{(-0.1)}$$

✓ **Conduite d'eau brute (de la prise au prétraitement)**

Cette conduite refoulera l'eau brute de la lagune Aghien à la station de traitement. Pour la détermination de son diamètre, nous avons utilisé la formule qui est donnée par :

$$D = \sqrt{\left(\frac{4 \times Q}{V \times \Pi}\right)}$$

avec :

V : vitesse d'écoulement dans la conduite diamètre

Q : débit pompé (m³/h)

✓ **Hauteur manométrique des pompes (HMT)**

Elle est donnée par l'expression suivante :

$$HMT = HGT + PDC$$

avec :

HGT = Hauteur Géométrique Totale (m),

PDC = Pertes de charge (m). Les PDC ont été calculées à l'aide de la formule Manning Strickler.

$$HMT = \frac{10.29 \times Q^2 \times L \times 1.1}{K^2 \times D^{6/3}} + HGT.$$

Dans cette formule :

Q = débit transitant dans la conduite (m³/s),

L = longueur de la conduite (m),

K = coefficient de Manning utilisé K = 80, correspond à une conduite en fonte acier non revêtu

D = diamètre de la conduite (m).

✓ **Pression nominale des conduites**

Elle est donnée par la formule suivante :

$$P = \text{HMT} / 10,2$$

✓ **Puissance des pompes (P)**

$$P = \frac{\mu \times g \times \text{HMT} \times Q}{\eta}$$

μ = masse volumique (1000 kg/m³)

g = pesanteur (10 m/s²)

η = rendement du groupe moteur pompe : nous l'avons supposé égal à 85%.

✓ **Filtration sur sable ouvert**

Leur structure est en général en béton, et le plus souvent les eaux qu'ils reçoivent ont été préalablement flocculées et décantées. Ces filtres fonctionnent à des vitesses comprises entre 4 et 20 m/h, à l'exception toutefois des filtres lents. Ils sont classés comme des filtres rapides classiques lorsqu'ils travaillent dans la gamme 5 à 15 m/h.

La détermination de la surface (S) occupée par les filtres est fonction du débit horaire d'eau potable (Q_{p1}) et de la vitesse de filtration (V).

$$S = \frac{Q_{p1}}{V}$$

**PARTIE II : EVALUATION DES BESOINS EN
EAU ET DES POTENTIALITES DE LA LAGUNE
AGHIEN POUR L'APPROVISIONNEMENT EN
EAU POTABLE DU DISTRICT D'ABIDJAN**

CHAPITRE I : DIAGNOSTIC DES SYSTEMES D'EXPLOITATION EXISTANTS ET ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DU DISTRICT D'ABIDJAN

I.1- Description des ouvrages existants

Le district d'Abidjan demeure le plus gros producteur, mais également le plus gros consommateur d'eau potable en Côte d'Ivoire. Il représente environ 70% de la consommation du pays. L'alimentation en eau d'Abidjan, se fait exclusivement à partir des forages captant la nappe d'eau du continental terminal. Les forages fonctionnels qui alimentent les communes du district, sont estimés à plus de soixante seize (76). Le tableau IV présenté ci-dessous montre la répartition des forages dans les neuf zones de champs captants. L'ensemble de ces ouvrages permet d'avoir une production d'eau de plus 120 000 000 m³ par an. L'exploitation de la nappe d'Abidjan, du fait de la qualité de son eau qui nécessite un traitement simple et relativement faible. Ces eaux captées doivent être neutralisées par adjonction de chaux et stérilisées avant la distribution dans le réseau. Il existe donc neuf (9) stations de traitement dans la zone étudiée, dont huit (8) sont fonctionnelles. Ces stations sont généralement à proximité des champs captants. Elles ont une capacité qui diffère selon la densité de la population et la demande en eau des usagers qu'elles doivent satisfaire.

Tableau IV: Caractéristiques des installations de production d'Abidjan

Station	Type de saturateur	Nombre de saturateur	Nombre de forages associés	Année de mise en service
Niangon Nord	Dissolveur	2	11	1981
Anonkoua Kouté	Dissolveur	2	12	1984
Zone Nord	Discontinu	2	9	1967 et 1984
Adjamé Nord	Dissolveur	1	6	1965
Zone Ouest	Dissolveur	2	11	1969 et 1974
Plateau	Discontinu	1	1	1965
Zone Est	Dissolveur	2	9	1972 et 1979
Riviera Centre	Dissolveur	1	7	1986
Nord Riviera	Dissolveur	2	10	1979
Total Abidjan		15	76	

A ces forages, peuvent être ajoutés les quatre nouveaux qui ont été réalisés pour alimenter la station de la Djibi avec un château de 5000 m³ (du côté de Cocody-Angré) qui est en finition.

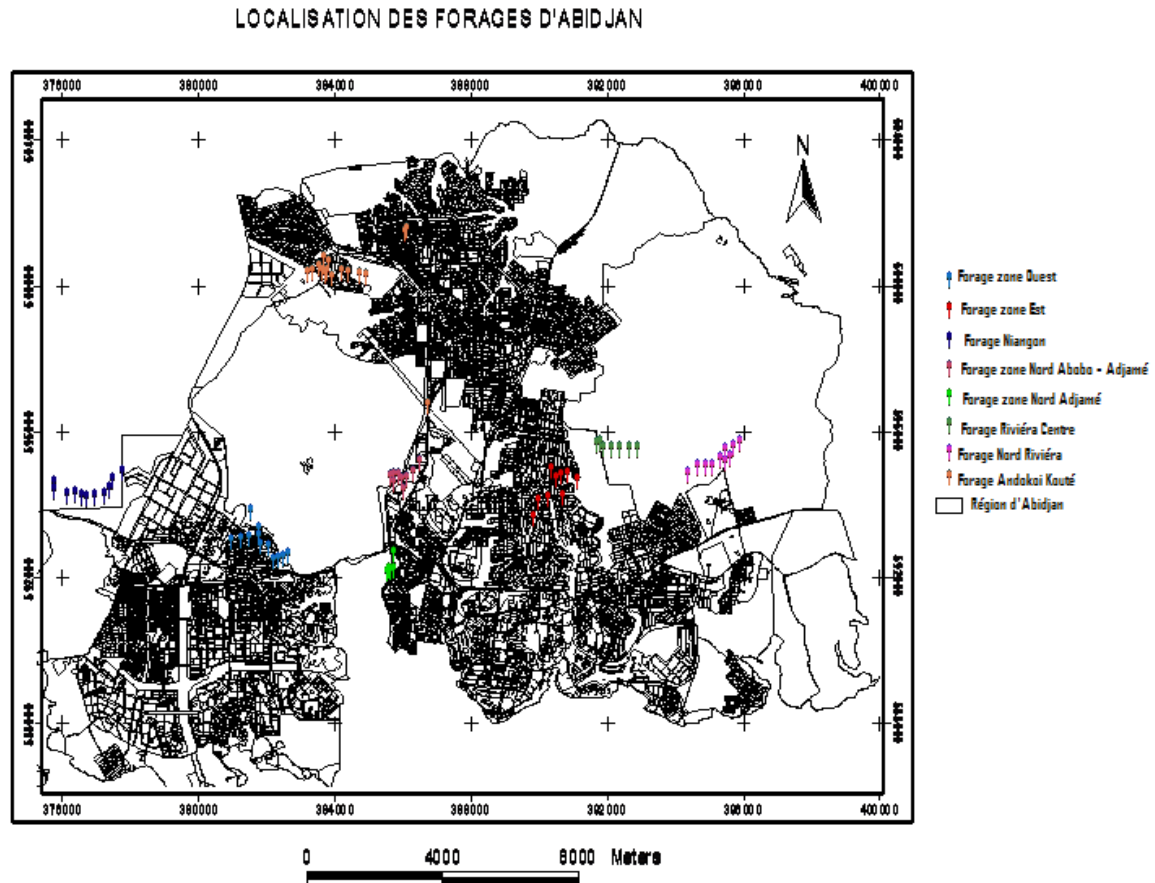


Figure 8: Localisation des forages d'exploitation du district d'Abidjan (Bayala, 2010)

I.2- Alimentation en eau du district d'Abidjan

Comme dans les autres grandes villes, l'alimentation en eau potable dans le district d'Abidjan est assurée exclusivement par la Société de Distribution d'Eau de Cote d'Ivoire (SODECI). Le tableau V ci-dessous, présente la production de la société depuis les années 1994 à 2007. Nous constatons une croissance de la production au fil des années. Il est évident que cette croissance est liée à l'urbanisation, l'augmentation de la population, et des industries dans la zone d'étude. Cette production augmente en moyenne de plus de 3 566 239 m³ chaque année.

Par ailleurs, une étude menée en 1997 par la SOGREAH, portant sur la gestion et la protection de la nappe d'Abidjan a défini son débit maximal exploitable et compatible avec un niveau suffisant pour éviter toute intrusion du biseau salé en bordure de lagune. Il a été estimé à 4,5 m³/s, soit environ 142 millions de m³ par an. Aussi, la capacité maximale exploitable dans la nappe d'Abidjan s'élève-t-elle à 380 000 m³/j. Le tableau VI ci-dessous qui montre une évolution de cette production en tenant compte de la croissance moyenne de production,

permet d'estimer une surexploitation de la nappe d'Abidjan en 2014. Il convient donc de mobiliser d'autres ressources, d'où l'intérêt pour la lagune Aghien qui semble être favorable.

Tableau V: Evolution de la production d'eau de 1994 à 2007

Année de production Abidjan	Total production (m³/an)	Débit fictif continu (m³/s)	Proportion par rapport à la capacité de la nappe
1994	73243253	2,32	52%
1995	75670378	2,39	53%
1996	82583562	2,61	58%
1997	85473759	2,71	60%
1998	93177916	2,95	66%
1999	94721948	3	67%
2000	94390728	2,99	66%
2001	99387682	3,15	70%
2002	103016322	3,26	73%
2003	107334882	3,4	76%
2004	105853580	3,35	75%
2005	113208973	3,58	80%
2006	115685141	3,66	81%
2007	119604357	3,8	84%

Tableau VI : Estimation de la production en eau du district d'Abidjan

Années	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Production estimée m³/an	119 604 357	123 170 596	126 736 835	130 303 073	133 869 312	137 435 551	141 001 790	144 568 028

I.3- Estimation des besoins en eaux

I.3.1- Besoin en eau du district d'Abidjan

Dans les années antérieures, L'agglomération d'Abidjan a fait l'objet de plusieurs études (Plan Badani en 1954, plan directeur d'urbanisme de l'AURA en 1974, etc.) qui ont orienté son développement. Des études portant sur l'actualisation du schéma d'urbanisme directeur du Grand Abidjan (ville d'Abidjan et quatre communes périphériques) initiée par le Ministère de la Construction et de l'Urbanisme et menée par le Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement (BNETD) en 1998 ont permis de prévoir l'extension des zones urbanisées qui se traduira automatiquement par une augmentation des besoins en eau potable.

Cette synthèse de ses travaux a abouti à un découpage du district d'Abidjan en cinq (5) unités géographiques définies dans le tableau VII suivant.

Tableau VII : Découpage d'Abidjan en unités géographiques

Unités Géographiques	Communes couvertes	Observations
Unité 1: le Centre	Adjamé, Plateau, Treichville, Marcory et Koumassi	Capacités d'extension inexistante
Unité 2: le Sud	Port Bouët	Réserves pour l'extension importante
Unité 3: le Nord	Abobo et Anyama	Réserves d'extension importante
Unité 4: l'Est	Cocody et Bingerville	Réserves d'extension importante
Unité 5: l'Ouest	Yopougon et Songon	Réserves d'extension importante

On constate sur ce tableau qu'à l'exception de l'unité 1, les capacités d'extension des autres unités sont réelles. Elles seront donc des zones potentielles d'importante demande d'eau potable dans les années futures. Les prévisions faites par les études antérieures, sont une réalité aujourd'hui avec l'extension des communes limitrophes de la ville d'Abidjan (Yopougon, Cocody, Abobo, Port Bouët) vers les communes périphériques (Anyama, Bingerville, Songon et Grand-Bassam) (Tableau VIII).

Tableau VIII : Répartition des nouveaux quartiers par commune

Communes	Quartiers
Cocody -Bingerville	Riviera I, II, III et IV; Abata; Faillat
Abobo - Anyama	Djibi, Djibi extension
Yopougon	N'dotré, Ananeraie, Maroc
Port-Bouët - Grand-Bassam	Les rosiers

I.3.2- Estimation des besoins en eau à long terme (d'ici 2030)

En tenant compte des différents paramètres ci-dessus énumérés les besoins en eau du district d'Abidjan se présentent dans le tableau IX suivant:

Tableau IX: Estimation des besoins en eau potable du district d'ici 2030

BESOIN EN EAU					
Horizon	2010	2015	2020	2025	2030
Population	5 004 651	6 088 923	7 408 105	9 013 093	10 965 806
Abonnés potentiels	250 233	304 446	370 405	450 655	548 290
Populations raccordées	2 502 325	3 044 461	3 704 053	4 506 546	5 482 903
Populations non raccordées	2 502 325	3 044 461	3 704 053	4 506 546	5 482 903
consommation journalier des populations raccordées (m ³ /j)	200 186	243 557	296 324	360 524	438 632
consommation journalier des populations non raccordées (m ³ /j)	37 535	45 667	55 561	67 598	82 244
consommation journalière des équipements collectifs (m ³ /j)	35 658	43 384	52 783	64 218	78 131
Total besoins (m³/j)	273 379	332 607	404 668	492 340	599 007
Production de pointe saisonnière (m ³ /j)	355 393	432 390	526 068	640 042	778 709
Production équivalente (m ³ /j)	418 109	508 694	618 904	752 991	916 129
Production horaire (m ³ /h)	20 905	25 435	30 945	37 650	45 806
Production de pointe horaire (m ³ /h)	26 132	31 793	38 681	47 062	57 258
Production de pointe journalière (m³/j)	522 636	635 867	773 630	941 239	1 145 161
Consommation journalier en eau brute (m ³ /j)	580 707	706 519	859 588	1 045 821	1 272 401
Consommation horaire en eau brute (m ³ /h)	29 035	35 326	42 979	52 291	63 620

Le besoin journalier maximum en eau du district d'Abidjan est estimé à **1 145 161 m³/j** à l'échéance de la planification.

I.4- Bilan des besoins estimés par rapport à la ressource en eau actuellement exploitée

Ce bilan a simplement consisté à faire une comparaison entre les capacités de production actuelle des centres de production et les besoins en eau de la population urbaine estimés à long terme et cela en supposant que les capacités actuelles ne subiront aucun changement. Ce bilan se présente comme suit (tableau X) :

Tableau X: Bilan des besoins en eau à long terme

Années	Besoin journalier max. (m ³ /j)	capacité de pompage max. (m ³ /j)	bilan	
			m ³	%
2010	522 636	380 000	-142 636	-27
2015	635 867	380 000	-255 867	-40
2020	773 630	380 000	-393 630	-51
2025	941 239	380 000	-561 239	-60
2030	1 145 161	380 000	-765 161	-67

Cette comparaison indique qu'il existe dès à présent des difficultés d'alimentation du district. Si aucune disposition n'est prise pour améliorer la situation, ce déficit va croître pour atteindre 67% en 2030. Il est donc nécessaire de rechercher une nouvelle ressource en eau. Pour combler ce déficit et assurer de façon durable l'alimentation en eau potable de la zone d'étude, les deux alternatives suivantes s'offrent à la SODECI. Ce sont :

- Le renforcement de l'alimentation à partir d'eau souterraine (forages ou puits),
- Alimentation à partir d'eau de surface.

Pour son plan directeur d'alimentation en eau potable du district, la SODECI a identifié des sites favorables aux forages dans un rayon de 50 km de la ville, particulièrement dans les régions de Bonoua et Dabou pour renforcer la nappe exploitée actuellement. Mais compte tenu de la précarité des ressources en eaux souterraines, elle souhaiterait donc axer ses recherches sur les retenues à eau de surface pour l'alimentation en eau de la zone d'étude, d'où l'intérêt pour la lagune Aghien.

CHAPITRE II : EVALUATION DES POTENTIALITES DE LA LAGUNE AGHIEN POUR L'AEP DU DISTRICT D'ABIDJAN

II.1- Cadre hydroclimatique

D'une superficie de 1200 km², le milieu lagunaire de la Côte d'Ivoire est le plus grand système lagunaire du littoral d'Afrique de l'Ouest. Il est constitué de trois lagunes principales qui sont d'ouest à l'est : la lagune de Grand-lahou, la lagune Ebrié et la lagune Aby. La lagune Aghien, objet de notre étude fait partie du système lagunaire Ebrié. Elle est reliée à la lagune de Potou par un canal naturel d'une largeur de 300 m environ sur la rive nord de la lagune Ebrié, en faisant une inclinaison d'un angle d'environ 30° par rapport au littoral. Elle est une retenue de 19 km² et d'environ 71 millions de m³ (source SODECI).

Etant dans la même région que le district d'Abidjan, la lagune Aghien est aussi dans un climat équatorial de transition caractérisé par quatre saisons. La hauteur de précipitation moyenne annuelle dans cette région des lagunes est proche de 1500 mm à Abidjan (Tableau XI). A la surface du plan d'eau de la lagune Aghien, les vents sont de direction Sud Ouest avec une vitesse moyenne de 1,38 m/s. L'ensoleillement est assez fort toute l'année (> 100 h/j). La quantité d'énergie reçue en moyenne est de l'ordre de 1150 j.cm⁻².l⁻¹ (Budyko, 1958 ; *in* N'guessan, 2009). La température atmosphérique est de 24°C en moyenne avec une amplitude annuelle faible de 3,3°C (Durand & Guiral, 1994).

Le climat a une influence sur la nature et le devenir des lagunes. Le facteur saisonnier, par le phénomène de précipitation, agit sur la salinité et le flux d'apport du milieu.

Tableau XI : Caractéristique climatique de la zone d'étude (CEDA, 1997, *in* N'guessan, 2009)

	Moyenne annuelle	Maximum annuel
Température (°C)	24	33
Humidité (%)	50	80
Précipitation (mm.m²)	1500	2300
Insolation (h.j⁻¹)	100	230
Vitesse des vents (km.h⁻¹)	1,38	33

II.1.1- Saisons lagunaires

L'interaction entre l'hydroclimat continental et l'hydroclimat marin génère trois saisons lagunaires (Durand & Guiral, 1994 ; *in* N'guessan, 2009) :

- la saison sèche de janvier à avril, où l'influence marine et l'évaporation sont maximales. La température et la salinité atteignent leur niveau les plus élevées ;
- de mai à août les fortes précipitations et les crues des rivières font baisser la température de la lagune : c'est la saison des pluies ;
- la saison des crues (septembre à décembre) prend le relais avec l'arrivée des eaux des fleuves (Comoé, Agnéby et la Mé) en lagune. Des valeurs de salinité avoisinant zéro peuvent s'observer dans les zones éloignées du canal de Vridi.

II.1.2- Evaporation

L'évaporation à la surface du plan d'eau dépend de l'énergie solaire incidente, du degré hygrométrique et de la température de l'air) de la vitesse du vent, de l'agitation du plan d'eau et de sa température. Son évolution saisonnière mesurée à l'évaporimètre de Piche, à 2 m du sol, sous abri est voisine de celles du premier et du dernier de ces paramètres: maximale en mars avec 68 mm /mois et minimale en juin avec 35 mm /mois (Gosse & Eldin 1974, *in* Dufour, 1981). L'évaporation moyenne annuelle atteint 600 mm d'après ces auteurs et selon cette technique. Elle est de 1250 mm d'après Varlet (1978) qui l'évalue de façon imprécise certes, mais plus réaliste par le biais d'un bilan thermique. Nous adopterons par la suite les évaluations de cet auteur, proches de celles qu'il cite pour d'autres milieux: 1310 mm pour l'océan mondial entre 0 et 10°N (Budyko, 1956), 1 572 mm à Accra et 1 349 mm à Kumassi au Ghana (Walker, 1956). L'évaporation ainsi estimée, représente 60% des précipitations directes sur le plan d'eau (Dufour, 1981).

II.1.3- Hydrologie de la lagune Aghien

La lagune Aghien que nous étudions est un milieu d'eau douce soumis à deux types d'apports. Nous avons :

- les apports continentaux qui sont modestes. Ils sont assurés par de petites rivières que sont : Bété et Djibi. Ces deux rivières se jettent dans la lagune dans sa partie Nord Ouest du côté d'Anyama Débarcadère. Les informations sur les débits actuels de ces cours d'eau n'ont pu être connues car selon la direction de l'hydraulique humaine un Terme de Référence vient d'être élaborer pour une étude minutieuse sur la lagune Aghien et ces rivières. Mais selon les études de Varlet, 1978, les apports locaux des petits bassins versant sont estimés en moyenne à $0,35.10^9 \text{ m}^3$ par an.
- les apports fluviaux sont assurés par la Mé, qui est le plus important fleuve du bassin versant. Elle se jette dans la lagune à travers le canal naturel qui la relie à la lagune Potou. Elle a une longueur de 140 km et le bassin versant qui l'abrite est d'une superficie de 43 000 km². Le volume total d'écoulement en une année moyenne est estimé à $1,1.10^9 \text{ m}^3$. En période de crue les débits sont de l'ordre de $50 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ tandis qu'en période d'étiage, les mesures sont de l'ordre de $12,5 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (Mondé, 2004)

A ceux-ci, l'on peut ajouter l'apport des précipitations directement sur le plan d'eau qui est de 1500 mm en moyenne par an.

II.2- Bathymétrie de la lagune Aghien

Selon les travaux de N'guessan en 2009, la carte bathymétrique obtenue (figure 9), montre que les profondeurs mesurées sont inférieures à 13 m sur 19 km² de la lagune et peuvent atteindre 20 m à l'exutoire du fleuve Mé. Le modèle numérique d'élévation du fond de la lagune Aghien fait apparaître de nombreuses variations morphologiques. On distingue des chenaux et des hauts fonds (figure 10).

- Les hauts fonds se localisent au Nord Est à proximité de d'Anyama et au débouché des petites rivières Djibi et Bété ; au sud non loin du village Aghien et au Sud Est à proximité de l'exutoire du fleuve Mé. Ils correspondent aux alluvions des cours d'eau qui se jettent dans la lagune.
- Les chenaux partent d'Anyama à l'Ouest vers le Sud Est de la lagune. Ce sont des zones de fortes dépressions. Il est profond de 14 m dans sa partie centrale.

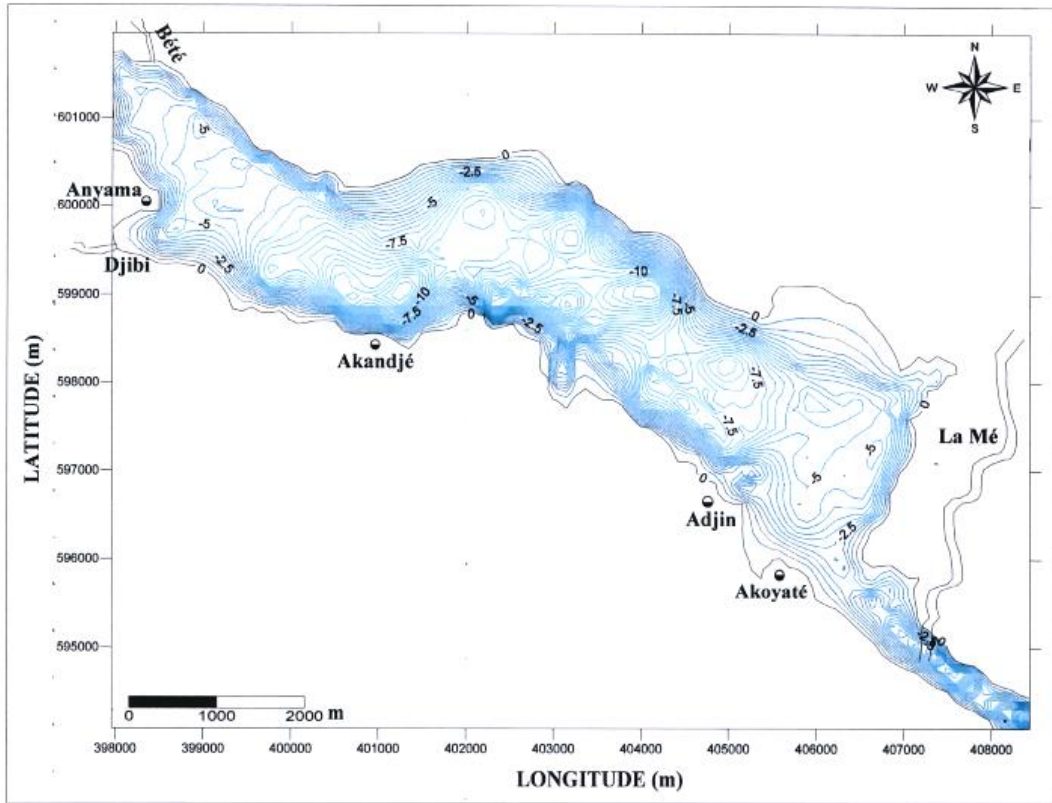


Figure 9: Carte bathymétrique de la lagune Aghien (N'guessan, 2009)

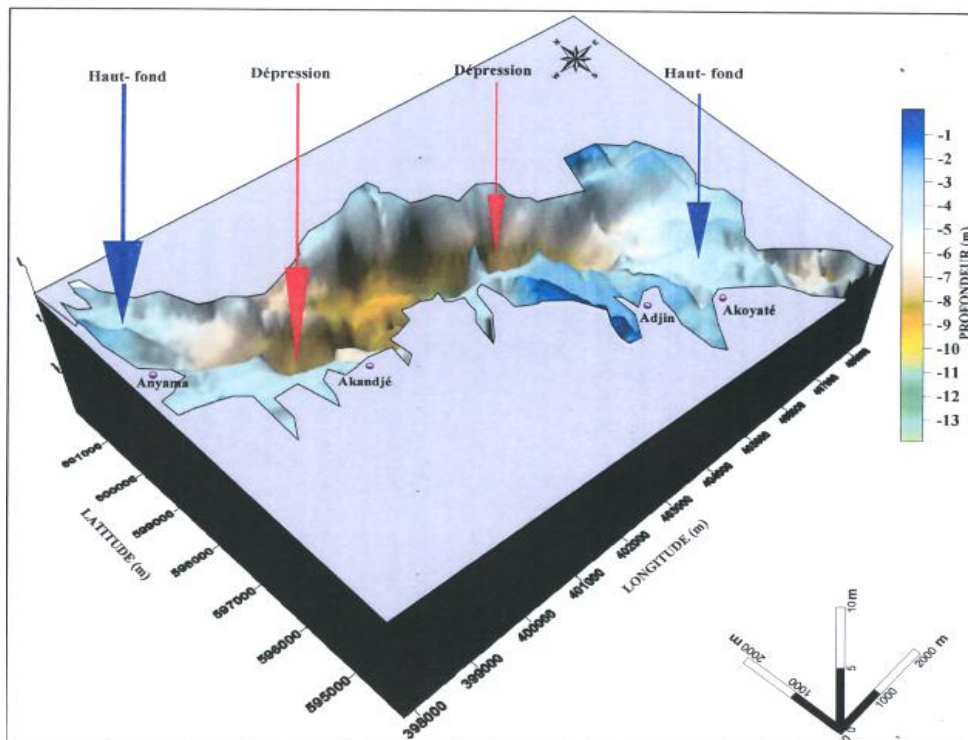
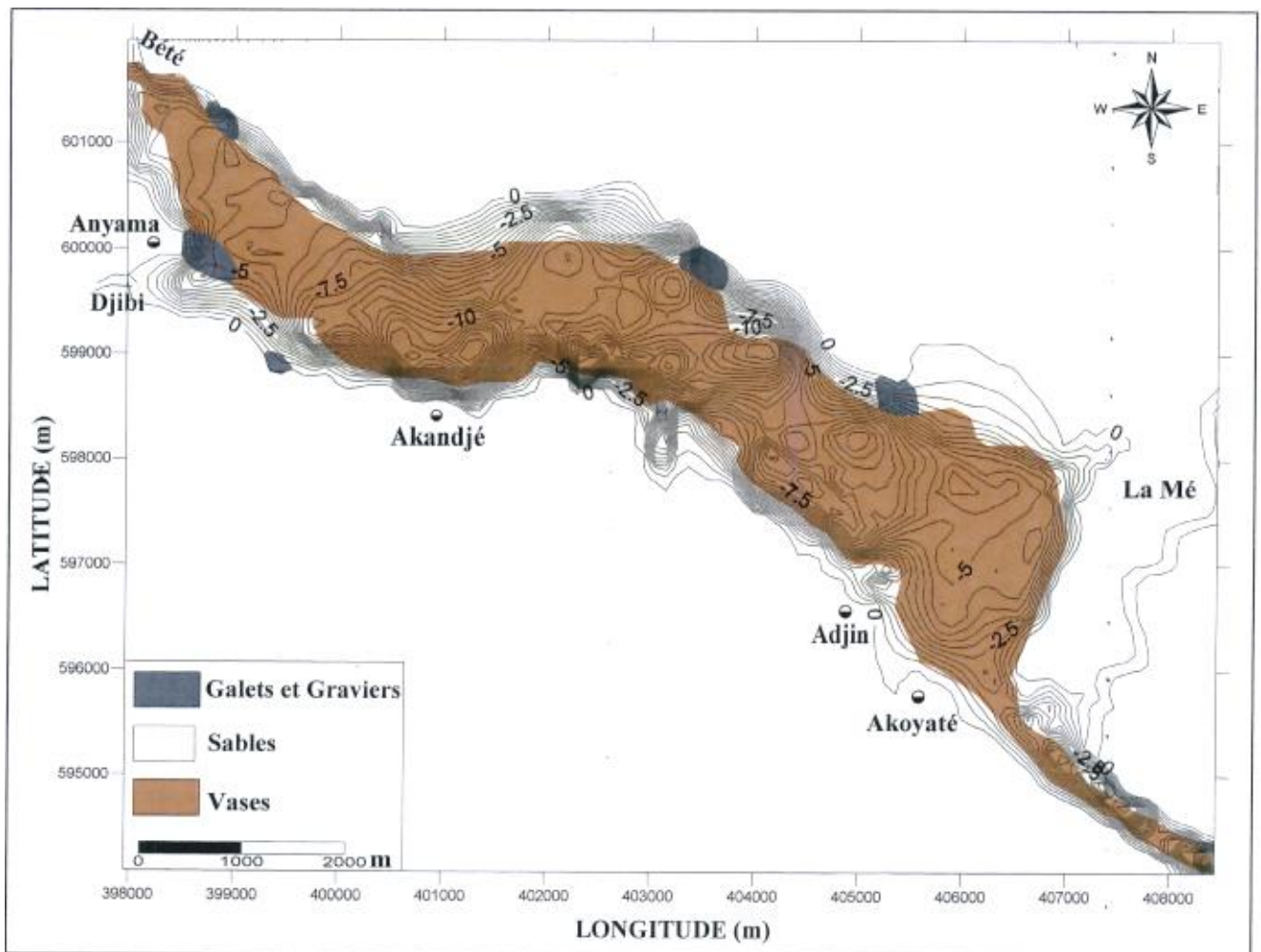


Figure 10: Modèle numérique d'élévation du fond de la lagune Aghien (N'guessan, 2009)

II.3- Faciès superficiel de la lagune

Une cartographie du faciès sédimentaire de la lagune Aghien a été réalisée dans les travaux de N'guessan (2009). On y distingue des galets, des graviers, du sable et de la vase (figure 11).

- Les galets et les graviers ($M > 500 \mu\text{m}$) se localisent, au Nord et au Nord Ouest de la lagune Aghien. Ces zones correspondent aux débouchés des petites rivières (Djibi et Bété) et à proximité de l'exutoire de la Mé. Ces sédiments se rencontrent aux faibles profondeurs de l'ordre du mètre.
- Les sables ($500 \mu\text{m} \geq M \geq 63 \mu\text{m}$) occupent les berges de la lagune Aghien. Il se concentre essentiellement à des profondeurs inférieures à 5 m.
- Les vases ($M < 63 \mu\text{m}$) se rencontrent aux profondeurs supérieures à 5 m dans les chenaux lagunaires.



II.4- Evaluation de la recharge en eau douce de la lagune Aghien

Cette évaluation a pour objectif de connaître les capacités de la lagune Aghien à fournir le volume nécessaire pour satisfaire le besoin en eau potable du district d'Abidjan. Cette utilisation de l'eau douce à des fins d'approvisionnement en eau devra se faire dans le sens du développement durable, c'est-à-dire sans que celle-ci n'ait de conséquence sur l'environnement lagunaire.

Pour avoir une estimation du volume d'eau qui s'écoule dans l'étendue d'eau étudiée, nous nous sommes appuyés sur les travaux de Varlet (1978) et Dufour (1981) qui ont essayé de faire le bilan hydrique de la lagune Ebrié. Ces travaux mettent en exergue les apports des eaux douces continentales, des précipitations et de l'influence de l'évaporation. Nous rappelons que la lagune Aghien est une annexe de la lagune Ebrié dans laquelle vient se jeter le fleuve la Mé et les rivières Djibi et Bété.

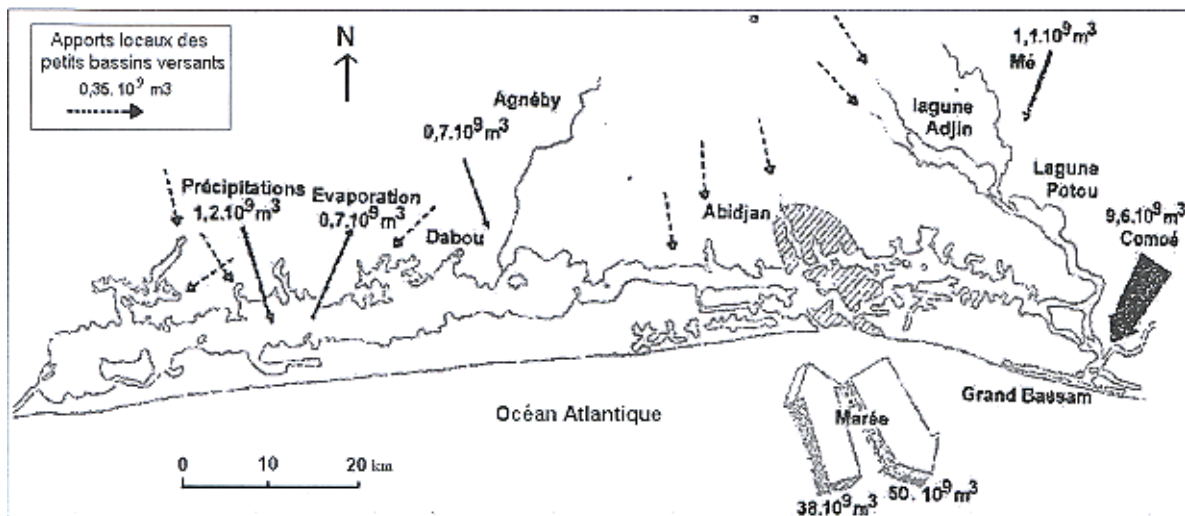


Figure 12: Bilan hydrique pour les entrées-sorties de la lagune Ebrié (Varlet, 1978)

Le volume moyen d'eau douce qui transite par la lagune Aghien au cours de l'année est estimé à $1,805 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{an}$ (Tableau XI). Par contre le besoin maximal en eau brute pour l'alimentation en eau d'Abidjan est de $1\,272\,401 \text{ m}^3/\text{j}$, soit un besoin de $464\,426\,365 \text{ m}^3/\text{an}$. Ce volume représente 26% de l'apport des cours d'eau qui débouchent dans la lagune Aghien.

Tableau XI: Apport moyen d'eau douce transitant par la lagune Aghien

Les Apports	volume annuel moyen (10⁹ m³/an)
Mé	1,1
Bété	0,35
Djibi	0,35
Précipitation sur plan d'eau	0,0285
évaporation	0,0237
Apport moyen d'eau douce	1,8047

Pour la mobilisation de cette ressource en eau douce de façon continue et efficace, il serait très intéressant de construire un barrage dont sa capacité sera fonction de l'emplacement de cet ouvrage par rapport à la Mé. Ce barrage pourra être construit à proximité de la Mé, mais du côté du canal naturel reliant la lagune Aghien à la lagune Potou.

II.5. Paramètres physico chimiques de la lagune Aghien

II.5.1- Température des eaux superficielles de la lagunes Aghien

Les températures mesurées « in situ » dans les travaux de N'guessan, varient de 25,9 à 28,1°C. Ces températures peuvent atteindre 32°C en étiage, avec une moyenne de 28°C. La variation spatiale des températures de surface est faible et de l'ordre de 2°C d'une extrémité à l'autre de la lagune.

II.5.2- Salinité des eaux superficielles de la lagune Aghien

Selon les travaux de N'guessan (2009), nous avons des salinités variables (0 à 4‰) sur l'ensemble de la superficie de la lagune. La carte de répartition de la salinité qui a été réalisée montre que (figure 13) :

- les valeurs les plus élevées (4‰) dans la lagune Aghien se localisent entre Anyama et Akandjé ;
- les valeurs de salinité les plus faibles (1 à 2‰) se localisent à proximité de l'exutoire du fleuve de la Mé. Elles sont nulles à l'exutoire même de la Mé ;
- les valeurs de salinité moyennes (3‰) sont rencontrées entre Akandjé et Aghien, ainsi qu'à l'exutoire des rivières Djibi et Bété. Ces rivières de débits faibles contribuent à la dilution des eaux salées de par leur apport en eau douce ;

- les valeurs de la salinité sont nulles (0‰) à l'exutoire de la Mé et dans le canal naturel reliant la lagune Aghien à la lagune Potou.

La salinité des lagunes s'explique par la remontée d'un débit très faible d'eau de mer particulièrement en période d'étiage. En période de fermeture de l'embouchure de la Comoé, la salinité de la surface est toujours inférieure à 0,5 g/l. Elle peut atteindre 1 g/l dans le canal naturel reliant les lagunes Aghien et Potou. Les mesures faites au moment où la passe de Grand Bassam était ouverte ont montré que la salinité pouvait atteindre 2 g/l en étiage (Mars, 1972, *in* N'guessan, 2009).

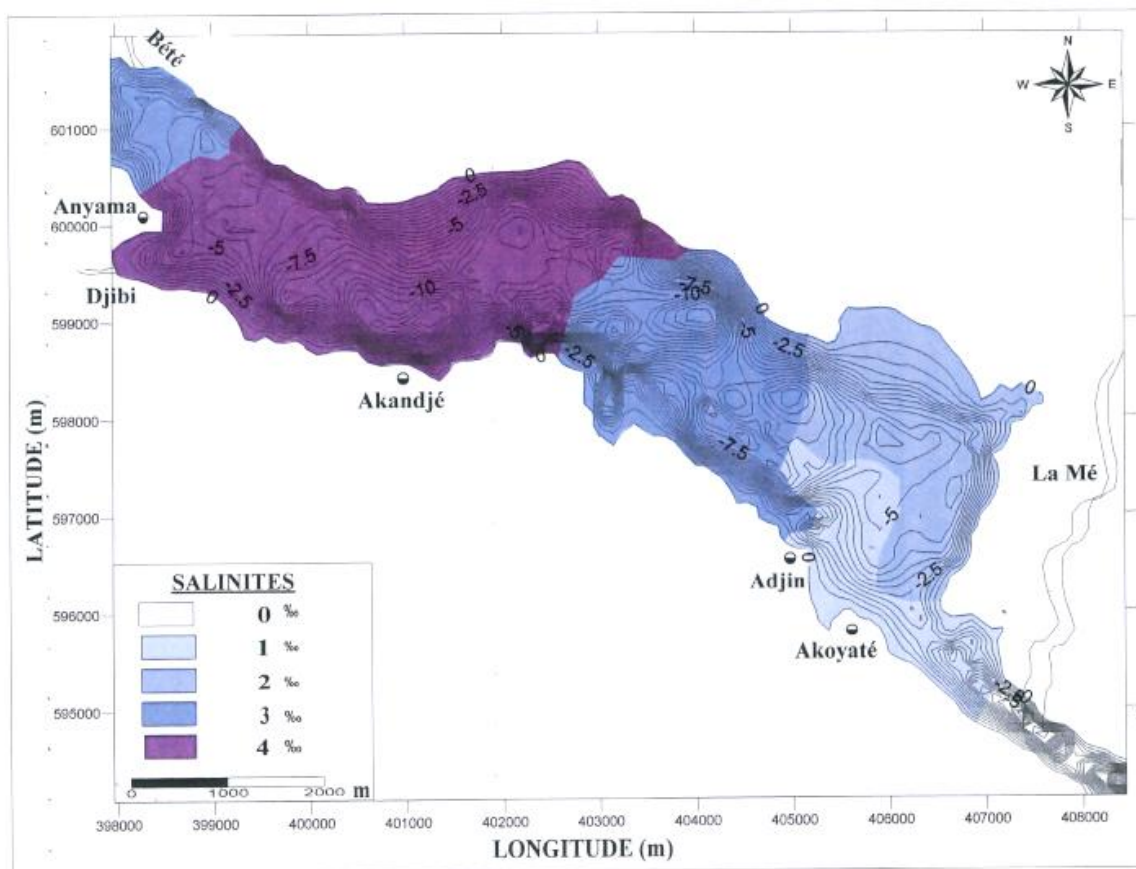


Figure 13: Carte de répartition de la salinité superficielle de la lagune Aghien (N'guessan, 2009)

II.5.3- pH des eaux superficielles de la lagune Aghien.

Les pH mesurés dans la lagune Aghien varient entre 6,68 et 8,49. Ils sont fonction de plusieurs paramètres donc la salinité. Une carte de répartition du pH réalisée lors des travaux de N'guessan (2009) montre que (figure 14) :

- les pH les plus faibles (entre 6 et 7) se localisent à proximité et au débouché de l'exutoire du fleuve Mé, et dans le canal naturel reliant à la lagune Potou.
- les valeurs de pH moyennes (entre 7 et 8) sont localisées entre Anyama (à proximité des exutoires de la Djibi et de la Bété) et Akandjé. Elles se rencontrent aussi entre Aghien et sa rive opposée en formant une zone de transition entre la zone à pH plus faible et celle à pH plus élevé
- les valeurs de pH les plus élevées (> 8) sont mesurées à mi parcours entre Akandjé et Adjin. Cela peut être dû à l'évaporation des eaux de surface et à la non alimentation en eau douce de cette zone.

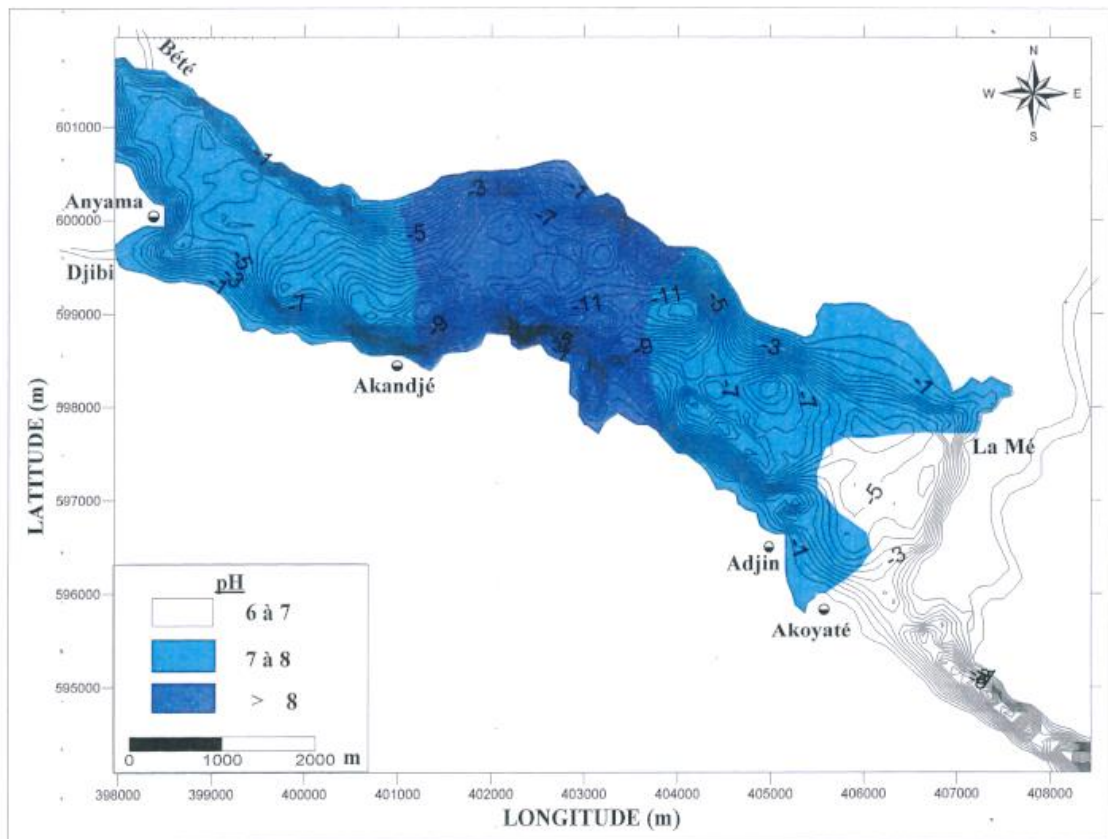


Figure 14: Carte de répartition superficielle du pH de la lagune Aghien (N'guessan, 2009)

II.5.4- Turbidité des eaux superficielles de la lagune Aghien

La turbidité de la lagune est due aux sédiments en suspension (fraction organique et fraction minérale) qui s'y jettent en provenance des rivières et des eaux de ruissellement. Cette

turbidité n'est pas négligeable à cause de l'avancée du déboisement. La charge solide varie de 10 à 400 mg/l selon les travaux de Dufour (1984), repris par Tastet & Guiral (1994). Selon ces derniers, la turbidité peut évoluer très rapidement en quelques heures à la suite d'une pluie. La turbidité moyenne des eaux en lagune « ouvert » est d'environ 90 mg/l. Dans la lagune Aghien, la valeur moyenne mesurée est de 96 mg/l (figure 15). Signalons que les valeurs de turbidité maximale (nettement supérieure à 100 mg/l) sont observées dans les régions les plus polluées.

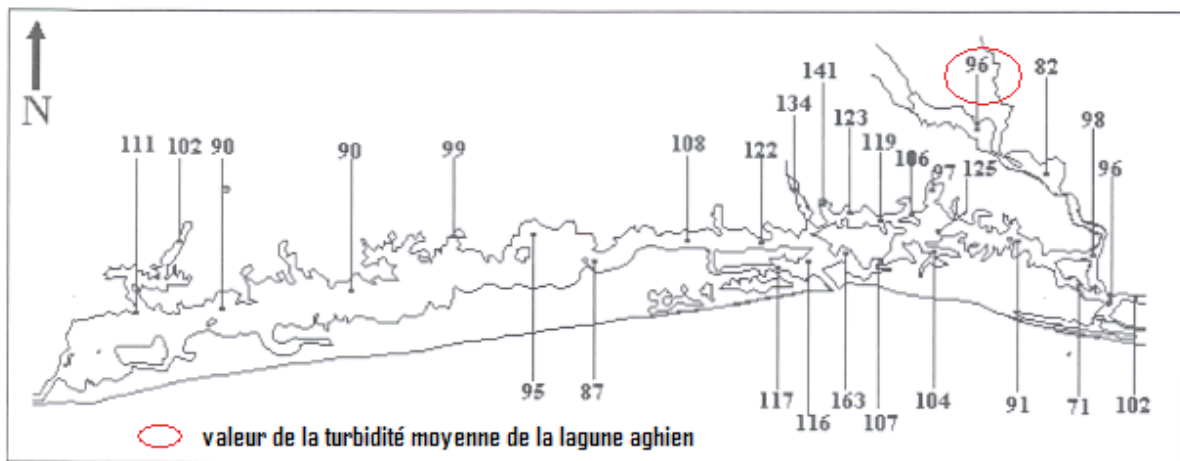


Figure 15: Turbidité moyenne des eaux de surface en mg/l de janvier 1973 à novembre 1974 (Tastet, 1979)

II.5.5- Caractéristiques chimiques de la lagune Aghien

Les travaux sur la caractérisation ionique et isotopique de la lagune Ebrié en Côte d'Ivoire effectués par Guiral et Ferhi en 1984, ont permis de faire trois échantillonnages sur différentes zones de la lagune Aghien. Ces échantillonnages ont été faits en fin de période d'étiage de la lagune. Les dosages ont porté essentiellement sur les éléments chimique majeurs (Cl^- , Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+}). Les résultats de ces analyses sont consignés dans le tableau XII suivant :

Tableau XII : Résultat de l'analyse chimique de la lagune Aghien (Guiral et Ferhi, 1989)

Zones	Profondeur (m)	Conductivité (μS)	pH	Cl^- (meq/l)	Ca^{++} (meq/l)	Mg^{++} (meq/l)	K^+ (meq/l)	Na^+ (meq/l)
Est (Aghien)	3,5	1100	7,3	6,44	0,34	0,81	0,25	8,86
Ouest (Akandjé)	10	980	8,35	5,88	0,5	1,08	0,23	8,37
Exutoire de la Mé	6	800	6,55	4,76	0,34	0,54	0,22	7,4

La forte présence de Cl⁻ et Na⁺ justifie la salinité de la lagune Aghien.

II.6- Choix du site de prise d'eau

Le site pour la prise d'eau qui devra alimenter la station de traitement a été déterminé en tenant compte des paramètres physico chimiques étudiés précédemment. L'idéal aurait été d'installer notre station d'exhaure à proximité de la Mé, précisément à l'entrée du canal reliant à la lagune Potou. Cette zone présente un pH et une salinité faible. Mais le risque dans cette zone est la présence d'activités humaines dans les villages d'Aghien et Akoyaté en amont, qui peuvent polluer l'eau, et aussi la remontée de la salinité en période d'étiage due à l'eau de mer. Pour cela, nous préconisons une installation de la station d'exhaure à l'Ouest du village d'Aghien dans la limite de la zone à pH moyenne et à salinité moyenne.

**PARTIE III : DIMENSIONNEMENT DES
OUVRAGES ET ESTIMATION DES COUTS**

CHAPITRE I : DESCRIPTION DES OUVRAGES

I.1- Station de traitement

En se référant au besoin en eau maximal estimé à partir **1 145 161** m³/j à l'échéance de la planification et en considérant un temps de fonctionnement maximal de 20 heures, la station de traitement aura la capacité correspondant à environ 60 000 m³/h.

La qualité de l'eau brute et le débit horaire de pointe ont conduit à la conception d'une station de traitement composée :

- d'un système d'exhaure de type HYDROMOBIL qui est élaboré et conçu pour le captage des eaux de surface, ainsi que pour le suivi des plans d'eau à niveau variable, naturels ou artificiels. Il est très différent de celui des prises d'eau traditionnelles. Le procédé HYDROMOBIL introduit la notion de mobilité mais aussi de mouvement car l'aspiration n'est pas fixe ; elle peut être effectuée dans une zone choisie. Il permet de capter l'eau dans la totalité du plan d'eau et pas seulement près de la berge (figure 16). Les avantages de la prise d'eau HYDROMOBIL sont :
 - réduction des coûts de génie civil : les opérations de battage de pieux, de battage de palplanche ; de descente de puits et de rabattement de nappe ne sont plus nécessaires ;
 - pas de modification de la berge ;
 - excellente adaptation aux variations du niveau d'eau ;
 - captage de la prise d'eau en suivant les mouvements du lit du cours d'eau ;
 - possibilité de capter des grandes quantités dans de faible profondeur ;
 - éliminer les risques d'ensablement ou de colmatage ;
 - assurer un pré filtration jusqu'à une maille de 0,5 mm ;
 - réduction du temps et des coûts d'installation grâce à la préfabrication en usine ;
 - maintenance de l'installation depuis la berge.

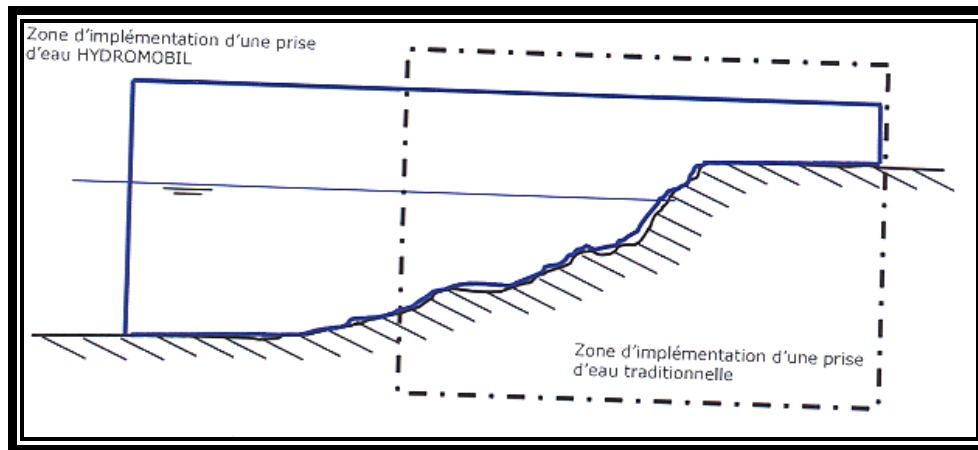


Figure 16: zone d'installation d'une prise d'eau HYDROMOBIL

- d'un décanteur de type PULSATOR qui permettra la coagulation-floculation et la séparation de l'eau. Ce type de décanteur est à lit de boues simples et offre les avantages suivants :
 - grande fiabilité,
 - souplesse d'emploi (variation de la qualité de l'eau acceptée),
 - maintenance facile,
 - ne nécessite pas l'emploi d'un personnel hautement qualifié.
- des filtres ouverts lavables à l'air et à l'eau. Ces filtres ont l'avantage d'avoir une maintenance et une manipulation faciles.

Outre les différents ouvrages ci-dessus cités, la station de traitement comprendra :

- Une station d'exhaure qui permettra d'acheminer l'eau brute au décanteur :

La technique du Mat de transfert oscillant permet le captage de surface depuis la berge en s'affranchissant des problèmes dus au pouvoir d'aspiration (NPSH) des groupes électropompes. C'est une unité de pompage à poste fixe de très forte capacité, pouvant aller jusqu'à 22 000 m³/h par Mât. Dans ce cas, les groupes immergés sont équipés d'un Hydrochar leur permettant une mise en place et un retrait sans difficulté. Ce type de captage offre la garantie de capter une eau de surface, de qualité optimale à une immersion constante malgré les variations du plan d'eau. Les aménagements sur berge sont réduits à un petit ouvrage génie civil venant supporter notre kit de berge. Le retrait des pompes se fait directement de la berge.

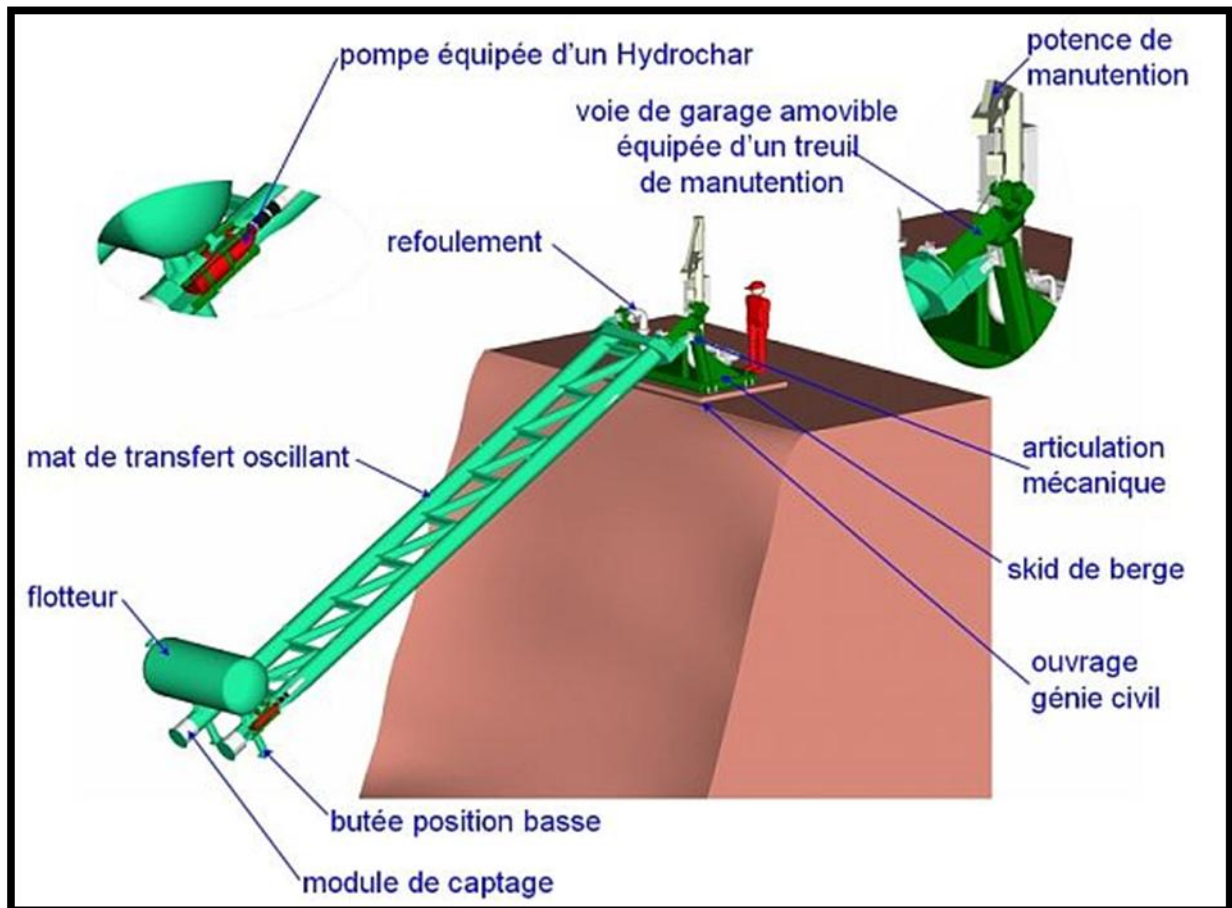


Figure 17: Prise d'eau HYDROMOBIL de type Mat de transfert oscillant

- une bâche de stockage d'eau potable,
- un poste de préparation et de dosage des différents produits de traitement (Hypochlorite de calcium ou de sodium, Chaux, Sulfate d'alumine),
- une station de pompage d'eau potable qui refoulera dans les stations intermédiaires et châteaux d'eau existants.

I.2- Conduite de refoulement

Cette conduite refoulera l'eau du site de la lagune Aghien jusqu' à la station de traitement de la Riviera Abata située à 7500 mètres (distance à vol d'oiseau).

Dans un souci d'éviter la création d'une piste d'accès et de maintenance qui est coûteuse en investissement comme en entretien, nous allons dans la mesure du possible positionner la conduite à proximité des pistes et sentiers existants. Cette contrainte a engendré une légère augmentation de la longueur de la conduite.

I.3- Diamètre des conduites de refoulement

Les diamètres optimaux des conduites de refoulement devront être choisis en tenant compte des paramètres économiques d'une part et d'autre part des conditions d'exploitation (coût de l'énergie de pompage).

Les paramètres économiques sont :

- ❖ Le coût d'acquisition de la conduite qui comprend la fourniture de la matière, le coût des fouilles et le coût de la pose,
- ❖ Le coût d'entretien de la conduite qui varie de 0,2 à 1% du coût de sa réalisation (nous avons utilisé un taux de 0.2% dans nos calculs),
- ❖ Le coût de l'énergie de pompage qui reste très élevé dans la plupart des pays sub sahéliens.

Ces différents coûts ont donc permis de choisir les diamètres optimaux des conduites qui sont ceux qui minimisent les coûts d'exploitation du couple pompe-conduite (annexe : résultats de choix économiques des conduites de refoulement).

CHAPITRE II : DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES ET COUT ESTIMATIF DES TRAVAUX

II.1- Description des travaux

Les travaux à réaliser dans le cadre de l'alimentation en eau potable à partir de la lagune Aghien seront composés comme suit :

- une prise d'eau permettant de refouler l'eau brute au niveau de l'unité de traitement.
- une conduite d'amenée d'eau brute au niveau de l'unité de traitement ;
- des décanteurs de type PULSATOR d'une capacité adéquate ;
- un poste de traitement ;
- un système de filtration ouvert sur sable ;
- une bache d'eau traitée en béton armé ;
- une station de pompage d'eau traitée ;
- des conduites de refoulement ;
- une alimentation électrique ;
- un groupe électrogène de secours pour sécuriser l'alimentation électrique des installations.

II.2- Dimensionnement des ouvrages et équipements

II.2.1- Station d'exhaure

✓ Détermination du débit de pompage

Les besoins journaliers en eau potable de la zone d'étude sont estimés à **1 145 161 m³/j** en 2030 pour un temps de pompage journalier de 20 heures.

Le débit horaire d'eau potable calculé est de $Q_{p1} = 57\,258 \text{ m}^3/\text{h}$. Ceci a donc permis d'estimer la demande horaire en eau brute à $Q_{p2} = 63\,620 \text{ m}^3/\text{h}$.

Pour fournir ce débit Q_{p2} nous préconisons l'installation d'un procédé HYDROMOBIL équipé des pompes d'un débit de $8\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ chacune . Neuf (9) pompes sont à prévoir jusqu'à l'échéance du projet. Mais cinq pompes pourront être installées pour le moment, afin de satisfaire à la demande en eau jusqu'en 2015. Nous pourrons faire fonctionner quatre pompes ensemble et la cinquième servira de réserve. Par la suite l'on pourra installer une nouvelle tous les 5 ans jusqu'à la limite en 2030.

✓ **Conduite d'eau brute (de la prise au prétraitement)**

La longueur est estimée à 9000 m. Le diamètre calculé permet de choisir un diamètre nominal de 1800 mm ; en admettant une vitesse de 0,9 à 1 m/s dans la conduite (Tableau XIII°)

Tableau XIII: Choix du diamètre de la conduite d'eau brute

Vitesse V (m/s)	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
Diamètre calculé D (m)	2,3794	2,1721	2,0110	1,8811	1,7735	1,6825	1,6042	1,5359
Calcul de perte de charge	0,9770	1,2553	1,8935	2,7034	3,7009	4,9015	6,3199	7,9704

✓ **Hauteur manométrique des pompes (HMT)**

Pour tenir compte des pertes de charges singulières nous avons majoré les pertes de charges linéaires de 10%.

La HMT calculée est de 95 m pour une HGT de 92 m.

✓ **Pression nominale de conduite**

La conduite en fonte acier non revêtu de diamètre 1800 mm aura une pression nominale de 10 m.

✓ **Puissance des pompes (P)**

En admettant un rendement du groupe moteur pompe (η) égal à 85%, la puissance de chaque pompe est de 2 495 kw arrondie à 2 500 kw.

II.2.2- Unité de traitement

✓ **Décanteur de type PULSATOR**

Pour un meilleur fonctionnement du système de traitement nous préconisons la construction de quatre (4) décanteurs d'une capacité de 16 000 m³/h chacun d'ici l'échéance de la planification. Avant l'échéance du projet, en période de faible demande en eau par rapport à l'estimation faite, on pourra faire fonctionner deux (2) décanteurs. Les autres décanteurs devront être mis en fonction pour une période de 5 ans limitée à l'échéance du projet.

✓ **Filtration sur sable**

Le débit étant connu, la surface totale de filtration sera ici fonction de la vitesse de filtration (V).

Tableau XIV° : Surfaces unitaires des filtres de sables

Vitesse d'infiltration (m/h)		5	7	10	12	15
Surface totale d'infiltration (m ²)		12724	9089	6362	5302	4241
Nombre de filtres de sable souhaité	2	6362	4544	3181	2651	2121
	3	4241	3030	2121	1767	1414
	4	3181	2272	1591	1325	1060
	5	2545	1818	1272	1060	848
	6	2121	1515	1060	884	707
	7	1818	1298	909	757	606
	8	1591	1136	795	663	530
	9	1414	1010	707	589	471
	10	1272	909	636	530	424
	11	1157	826	578	482	386
	12	1060	757	530	442	353
	13	979	699	489	408	326
	14	909	649	454	379	303
	15	848	606	424	353	283
	16	795	568	398	331	265
	17	748	535	374	312	249
	18	707	505	353	295	236
	19	670	478	335	279	223
	20	636	454	318	265	212

Un choix du nombre de filtre de sable pourra se faire en fonction de l'espace disponible lors de l'exécution des travaux.

✓ **Capacité de la bache d'eau traitée**

Pour l'estimation de la capacité de la bache, la démarche suivante a été adoptée :

-débit de pompage = $\frac{BJP}{T_p}$. Dans cette formule :

BJP = besoin de pointe journalier à l'échéance de la planification (**1 145 161** m³/j),

T_p = temps de pompage journalier maximum à la fin de la planification (20 heures)

- le débit d'alimentation du décanteur en eau brute = 63 620 m³/h.

En admettant une perte de 10 % dans le traitement, on aura un débit entrant dans la bache de $63620 \times \left(1 - \left(\frac{10}{100}\right)\right) = 57\,258 \text{ m}^3/\text{h}$, arrondi à $57\,300 \text{ m}^3/\text{h}$. ce débit correspond au débit de pointe horaire journalière dont on a besoin pour satisfaire les usagers du district d'Abidjan à l'échéance de la planification. Puis une simulation de fonctionnement a été présentée dans le tableau XV suivant.

Tableau XV: Capacité de la bache d'eau claire

Apport d'eau dans la bache		Pompage	Stockage		
Heure		Arrivée	(m ³ /h)		
début	Fin	m ³ /h		Horaire (m ³ /h)	Cumulé (m ³)
0	1	57300	57295	5	5
1	2	0	57295	-57295	-57290
2	3	0	57295	-57295	-114585
3	4	57300	57295	5	-114580
4	5	57300	57295	5	-114575
5	6	57300	57295	5	-114570
6	7	57300	57295	5	-114565
7	8	57300	57295	5	-114560
8	9	57300	57295	5	-114555
9	10	57300	57295	5	-114550
10	11	57300	0	57300	-57250
11	12	57300	0	57300	50
12	13	0	0	0	50
13	14	0	0	0	50
14	15	57300	57295	5	55
15	16	57300	57295	5	60
16	17	57300	57295	5	65
17	18	57300	57295	5	70
18	19	57300	57295	5	75
19	20	57300	57295	5	80
20	21	57300	57295	5	85
21	22	57300	57295	5	90
22	23	57300	57295	5	95
23	24	57300	57295	5	100
Total		1146000	1145900		

La capacité utile de la bache d'eau à l'échéance de la planification est $114\,685 \text{ m}^3$ ($V = 114\,585 + 100$). En tenant compte d'une zone de dépôt (inutilisable) que nous estimons à 15 m^3 , la totalité de la capacité de la bache sera de $114\,700 \text{ m}^3$ arrondie à $115\,000 \text{ m}^3$. Ceci pourrait correspondre à une bache de hauteur 10 m et de rayon intérieur de 43 m.

II.2.3- Conduite de refoulement vers Riviera et Abobo-Anonkoua

L'eau claire traitée sera refoulée vers des baches à capacité adéquate, qui devront être construites dans les quartiers de Riviera et Anonkoua. Celle de Riviera permettra d'alimenter les unités géographiques 1, 2 et 4 (communes de Bingerville, Adjamé, Plateau Cocody, Port Bouët, Koumassi, Marcory et Treichville), tandis que les unités 3 et 5 (les communes d'Anyama, Abobo, Yopougon et Songon). par celle d'Abobo Anonkoua.

L'estimation de la capacité de ces deux baches à l'échéance de la planification sera fonction des besoins en eau de chaque unité. Le tableau XVI, montre les besoins en eau de chaque commune et unité géographique. A partir de ces derniers, on en déduit qu'il faudra du côté de la Riviera une bache qui permette de satisfaire un besoin de 512 975 m³/j (322564 + 77540 + 112871). Du côté d'Abobo, la bache devrait pouvoir permettre de satisfaire un besoin de 632 183 m³/j (284480 + 347703).

Tableau XVI: Besoin en eau des communes du district d'Abidjan à l'échéance de la planification (2030)

Unités géographiques	Communes	Besoin max (m ³ /j)	Total besoin par unité (m ³ /j)
Unité 1 : le centre	Adjamé	93158	322564
	Plateau	3797	
	Treichville	44154	
	Marcory	65117	
	Koumassi	116338	
Unité 2 : le sud	Port Bouët	77540	77540
Unité 3 : le nord	Abobo	233816	284480
	Anyama	50664	
Unité 4 : l'est	Cocody	92225	112871
	Bingerville	20646	
Unité 5 : l'ouest	Yopougon	328181	347703
	Songon	19522	

Le calcul des paramètres de chaque site a permis d'avoir les résultats suivants :

➤ **Refoulement vers le quartier Riviera**

Q_p = 25 700 m³/h, pour le pompage de ce débit, il faudra l'installation de quatre pompes d'un débit horaire de **6 500 m³/h** chacune. Une cinquième pompe servira de secours.

HMT = **36 m** pour une longueur de conduite en fonte d'acier d'environ 4 000 m, de diamètre de 1600 mm et de PN 6.

Puissance de chaque pompe est $P = 762$ kw arrondie à **770 kw**, pour un rendement du groupe moteur pompe de 85%.

Comme indiqué précédemment, le choix des conduites économiques de refoulement devra se faire en tenant compte des coûts d'énergie de pompage, du coût d'acquisition et du coût d'entretien. Au vu de la figure 18, le diamètre optimal est 1000 mm. Mais la vitesse d'écoulement dans cette conduite est élevée (2,30 m/s) par rapport à la norme qui voudrait qu'elle soit entre 0,5 et 1,5 m/s. En s'appuyant sur cette norme, la conduite économique qui a été choisie, est de diamètre 1600 mm. Elle donne une vitesse d'écoulement de 0,9 m/s (Tableau XVII).

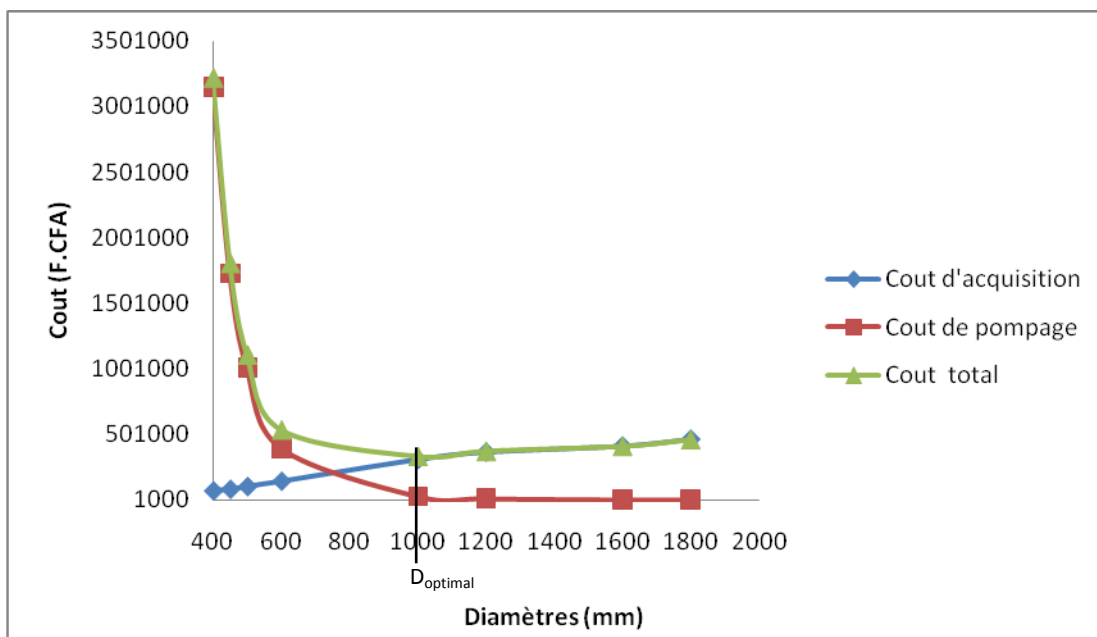


Figure 18 : Optimisation économique du diamètre de conduite de refoulement vers la Riviera

Tableau XVII: Choix des conduites de refoulement de la Riviera

DN	Coût d'acquisition	Entretien (F.CFA/ml)	Coût de pompage	Coût total (F.CFA/ml)	Vitesse (m/s)
200	30366,90	60,73	176797451,23	176827878,87	57,50
250	34610,40	69,22	34786638,82	34821318,44	36,80
300	41855,40	83,71	13702389,25	13744328,37	25,56
350	51750,00	103,50	6233015,48	6284868,98	18,78
400	67634,15	135,27	3150353,99	3218123,41	14,38
450	80258,04	160,52	1725718,55	1806137,10	11,36
500	100498,50	201,00	1007277,63	1107977,13	9,20
600	140760,00	281,52	396764,70	537806,22	6,39
1000	306200,61	612,40	29166,61	335979,62	2,30
1200	362767,50	725,54	11488,67	374981,70	1,60
1600	409549,50	819,10	2641,39	413009,99	0,90
1800	461092,50	922,19	1446,92	463461,60	0,71

NB : Les coûts ci-dessus sont des coûts au mètre linéaire.

Le refoulement se fera dans une bache de capacité 51 500 m³ (bache cylindrique de 10 m de hauteur et de rayon intérieur d'environ 29 m) qui permettra de satisfaire aux besoins en eau des communes appartenant aux unités de 1, 2 et 4.

➤ **Refoulement vers Abobo**

Q_p = 31 650 m³/h ⇒ l'installation de 5 pompes de **8 000 m³/h** chacune et dont une pompe sera utilisée comme réserve.

HMT = 49 m pour une longueur de conduite en fonte d'acier de 12 000 m, de diamètre 1600 mm (tableau XVIII) et de PN 6,

Puissance de chaque pompe est P = 1426 arrondie à 1430 KW

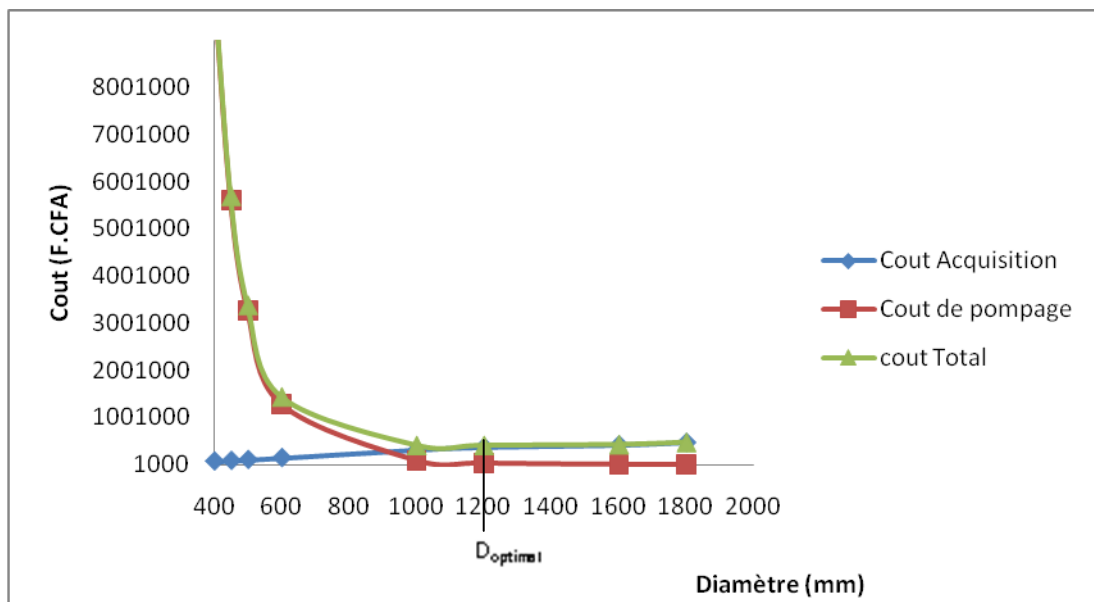


Figure 19 : Optimisation économique du diamètre de conduite de refoulement vers Abobo

Tableau XVIII: Choix de la conduite de refoulement vers Abobo

DN	Coût Acquisition	Entretien (F.CFA/ml)	Coût de pompage	Coût Total (F.CFA/ml)	Vitesse (m/s)
200	30366,9	60,7	353283042,9	353313470,5	70,8
250	34610,4	69,2	112956863,8	112991543,4	45,3
300	41855,4	83,7	44493488,6	44535427,7	31,5
350	51750	103,5	20239434,0	20291287,5	23,1
400	67634,145	135,3	10229620,3	10297389,7	17,7
450	80258,04	160,5	5603638,7	5684057,2	14,0
500	100498,5	201,0	3270765,0	3371464,5	11,3
600	140760	281,5	1288348,0	1429389,5	7,9
1000	306200,61	612,4	94707,9	401520,9	2,8
1200	362767,5	725,5	37305,2	400798,3	2,0
1600	409549,5	819,1	8577,0	418945,6	1,1
1800	461092,5	922,2	4698,3	466713,0	0,9

Le refoulement se fera dans une bache de capacité 63 500 m³ (bache cylindrique de hauteur 10 m et de rayon intérieur d'environ 32 m) pour satisfaire les besoins en eau des communes des unités 3 et 5.

II.2.4- Alimentation électrique de la station de traitement

La station de traitement sera alimentée facilement en courant électrique. Elle se trouve à proximité des quartiers déjà électrifiés de la riviéra. Par contre il faudra mettre en place une ligne électrique de moyenne tension (MT) d'une longueur d'environ 1,5 km à partir du village Aghien pour la station d'exhaure.

Pour parer à toute éventualité de coupure de courant, un bilan de puissance de la station devra être fait en vue de l'installation d'un groupe électrogène.

III.3- Coût estimatif des travaux

Le coût estimatif des travaux de la station de traitement d'eau dimensionnée plus haut pour la satisfaction des besoins en eau du district jusqu'en 2030 est présenté dans le tableau XIX suivant :

Tableau XIX: Devis estimatif des travaux de la station de traitement

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL (F CFCA)
1	Prise d'eau sur eau saumatre	U	1	585 000 000	585 000 000
2	Unité et bâtiment de traitement	U	1	885 000 000	885 000 000
3	Pompage d'eau claire	U	1	220 000 000	220 000 000
4	Ligne électrique	Km	1,5	25 000 000	37 500 000
5	Groupe électrogène	U			
6	Conduite de refoulement DN 1600	ML	64 000	409 549,50	26 211 168 000
7	Conduite d'exhaure DN1800	ML	72 000	461 092,50	33 198 660 000
8	Bâtiment d'exploitation	U	1	126 500 000	126 500 000
9	Bache tampon de capacité 52 000 m ³	U	1	150 000 000	150 000 000
10	Bache tampon de capacité 64 000 m ³	U	1	220 000 000	220 000 000
11	SOUS TOTAL I				61 633 828 000
12	Etudes d'exécution des travaux (4%)	U	1		2 465 353 120
13	Contrôle des travaux (7%)	U	1		4 314 367 960
	TOTAL GENERAL				68 413 549 080

Conclusion et recommandation

L'urbanisation rapide liée à la croissance démographique constitue le principal facteur de la forte demande en eau. L'alimentation en eau du district d'Abidjan assurée par la seule ressource en eau souterraine, connaît aussi des limites qui sont actuellement dépassées. Ce qui a pour conséquence les nombreuses baisses de pressions et les pénuries d'eau dans certains secteurs déjà raccordés.

Au terme de notre étude, nous retenons que la nécessité de mobiliser d'autres ressources que la nappe d'Abidjan, est irrévocable. L'idée de l'utilisation des eaux de surface, en particulier celle de la lagune Aghien, est une solution très intéressante. Car cette étendue d'eau présente des paramètres favorables qui facilitent le potabilisation. Aussi, le volume annuel moyen d'eau douce qui transite par cette lagune est très grand.

Pour l'alimentation en eau potable du district à partir de la lagune Aghien jusqu'en 2030, nous avons préconisé la construction d'une station de traitement qui permettra de satisfaire un besoin en eau d'une capacité de 1 145 160 m³ à l'échéance de notre planification. Un coût des travaux pour la réalisation de cette station a été estimé.

Pour sauvegarder la qualité de la lagune et aussi assurer son utilisation de façon pérenne, nous proposons les actions suivantes :

- la délimitation d'une zone de protection de la lagune ;
- l'étude d'actualisation sur les volumes moyens annuels qui transitent par cette lagune.
- l'actualisation des analyses physico chimiques et microbiologiques
- la construction d'un barrage à proximité de la Mé du côté du canal reliant à la lagune Potou.
- la sensibilisation des populations lagunaires sur les pratiques et comportements qui peuvent éviter la pollution de la lagune.

Toutes ces actions feront de cette ressource d'eau de surface, une source d'alimentation d'eau potable sûre pour le district d'Abidjan.

BIBLIOGRAPHIE

ANGHUI N. ; BIEMI.J., 1984. Géologie et hydrogéologie des nappes de la région d'Abidjan. Risques de contamination. *Ann. Un. Nat. De Cote d'Ivoire, Série C (Sciences), tome 20, pp313-347.*

A. BEDJAOU, Pr. B. ACHOUR, M.T. BOUZIANE, 2005 : nouvelle approche pour le calcul du diamètre économique dans les conduites de refoulement. *Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface (LARHYSS) Département d'Hydraulique, Université Med Khider-Biskra, Algérie ; Courrier du Savoir – N°06, Juin 2005, pp.141-145.*

Bayala R., 2010 : Définition d'un plan de protection et de gestion de la nappe d'Abidjan dans la perspective d'un développement durable. *Mémoire de DESS, institut de formation à la haute expertise et de recherche, 112p..*

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

Varlet F., 1978. : Le régime de la lagune Ebrié, Côte d'Ivoire. Traits physiques essentiels. *Trav. Doc. O.R.S.T.O.M. 83: 162 pp.*

Hydromobil S.A.S, 2010 : Procédé hydromobil : spécialiste du pompage à ciel ouvert. 65p.

Kouamé K., 2006 : 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 unique, Université de Cocody, 232p.*

Monde S., 2004 : Étude et modélisation hydrodynamique de la circulation des masses d'eau dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Thèse Doctorat d'Etat, Université de Cocody, N°256, 324p.*

N'guessan A., 2009 : Analyse morphologique, sédimentologique et paléoenvironnementale des sédiments superficiels des lagunes Adjin et Potou (zone littoral de la Cote d'Ivoire). *Thèse unique, Université Cocody,*

Regnault, 1999 : Alimentation en eau potable d'Abidjan à partir de la lagune Aghien. *SODECI, direction technique, sous direction des études.*

Regnault, Aka : Renforcement des installation en eau potable d'Abidjan : travaux d'urgence des quartiers Nord et Sud-est. *SODECI, direction technique, sous direction des études ; 22p.*

SOGREAH, 1996 : Etude de la gestion et de la protection de la nappe assurant l'alimentation en eau potable d'Abidjan. étude sur modèle mathématique. *Rapport d'étude de phase 1, 2, 3, et 4. BNETD décembre 1996.*

Zougrana D. 2007 : cours de pompe et station de pompage

Zougrana D. 2008 : cours d'approvisionnement en eau potable

Webliographie

<http://www.google.CI>

www.hydromobil.com

<http://itouchmap.com/?c=iv&UF=-2115574&UN=9183777&DG=LGN>

http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries/cote_divoire/indexfra.stm

http://www.iea.ma/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=17&Itemid=64

<http://www.lenntech.com/>

Annexe

Annexe 1 : Températures moyennes mensuelles de 1963 à 2000 de la station d'Abidjan-Aéroport

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Température moyenne mensuelle en °C	25,71	26,98	27,38	27,42	26,97	25,76	24,52	24,01	24,36	25,58	26,51	25,93
Température maximale en °C	28,5	29,24	29,62	29,23	28,6	27,5	26,6	25,5	26,1	27,3	29,3	28,9
Température minimale en °C	21,8	24,8	25,5	25,7	25,4	24,3	22,8	22,7	23,2	24,1	23,6	21,4

Annexe 2 : Insolation moyenne mensuelle de 1978 à 2000 de la station Abidjan-Aéroport

Mois	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
insolation moyenne mensuelle en h/j	207,51	209,79	212,13	216,78	191,97	132,52	132,04	110,35	129,58	197,64	219,18	197,53

Annexe 3 : Humidité relative moyenne mensuelle de 1984 à 2000 à la station d'Abidjan-Aéroport

Mois	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Humidité relative Moyenne mensuelle en %	79,06	80,06	81,5	81,29	82,64	84,47	86,44	87,41	85,96	83,54	80,76	78,44

Annexe 4 : Estimation des populations à l'horizon 2030 des communes du district d'Abidjan

Communes	1998	2010	2015	2020	2025	2030
ABOBO	638 237	1021838	1243222	1512570	1840273	2238973
ADJAME	254 290	407126	495332	602647	733212	892064
ATTECOUBE	207 586	332352	404357	491962	598547	728224
COCODY	251 741	403045	490366	596606	725862	883122
KOUMASSI	317 562	508427	618579	752596	915648	1114026
MARCORY	177 748	284580	346235	421248	512513	623550
PLATEAU	10 365	16595	20190	24564	29886	36361
PORT-BOUET	211 658	338871	412289	501612	610288	742509
TREICHVILLE	120 526	192966	234773	285637	347521	422812
YOPOUGON	688 235	1101886	1340613	1631061	1984435	2414369
ANYAMA	138 296	221416	269387	327750	398758	485150
BINGERVILLE	56357	90229	109778	133562	162498	197704
SONGON	53289	85317	103802	126291	153652	186941
TOTAL	3 125 890	5 004 651	6 088 923	7 408 105	9 013 093	10 965 806

Annexe 5 : Estimation du besoin en eau des communes du district d'Abidjan

Communes	Population 2030	Abonné potentiel	Population raccordée	Population non raccordée	Conso. des raccordés	Conso. non raccordés	Conso. équipement collectif	Besoin moyen	Besoin saison	Prod. Moy.	prod. Horaire	Prod. Horaire de pointe	Prod. journalière max.
ABOBO	2238973	111949	1119486	1119486	89559	16792	15953	122304	158995	187053	9353	11691	233816
ADJAME	892064	44603	446032	446032	35683	6690	6356	48729	63348	74527	3726	4658	93158
ATTECOUBE	728224	36411	364112	364112	29129	5462	5189	39779	51713	60839	3042	3802	76049
COCODY	883122	44156	441561	441561	35325	6623	6292	48241	62713	73780	3689	4611	92225
KOUMASSI	1114026	55701	557013	557013	44561	8355	7937	60854	79110	93070	4654	5817	116338
MARCORY	623550	31178	311775	311775	24942	4677	4443	34061	44280	52094	2605	3256	65117
PLATEAU	36361	1818	18181	18181	1454	273	259	1986	2582	3038	152	190	3797
PORT-BOUET	742509	37125	371254	371254	29700	5569	5290	40560	52727	62032	3102	3877	77540
TREICHVILLE	422812	21141	211406	211406	16912	3171	3013	23096	30025	35323	1766	2208	44154
YOPOUGON	2414369	120718	1207184	1207184	96575	18108	17202	131885	171450	201706	10085	12607	252133
ANYAMA	485150	24258	242575	242575	19406	3639	3457	26501	34452	40531	2027	2533	50664
BINGERVILLE	197704	9885	98852	98852	7908	1483	1409	10800	14039	16517	826	1032	20646
SONGON	186941	9347	93470	93470	7478	1402	1332	10212	13275	15618	781	976	19522

Annexe 6 : Etendue de la lagune Aghien vue du coté d'Anyama débarcadère



Annexe 7 : Latrine en bordure de la lagune Aghien à Anyama débarcadère



Annexe 8 : Choix de la bache d'eau claire du coté de la Riviera

Apport d'eau dans la bache			Pompage (m ³ /h)	Stockage	
Heure début	Fin	Arrivée m ³ /h		Horaire(m ³ /h)	Cumulé(m ³)
0	1	25700	25695	5	5
1	2	0	25695	-25695	-25690
2	3	0	25695	-25695	-51385
3	4	25700	25695	5	-51380
4	5	25700	25695	5	-51375
5	6	25700	25695	5	-51370
6	7	25700	25695	5	-51365
7	8	25700	25695	5	-51360
8	9	25700	25695	5	-51355
9	10	25700	25695	5	-51350
10	11	25700	0	25700	-25650
11	12	25700	0	25700	50
12	13	0	0	0	50
13	14	0	0	0	50
14	15	25700	25695	5	55
15	16	25700	25695	5	60
16	17	25700	25695	5	65
17	18	25700	25695	5	70
18	19	25700	25695	5	75
19	20	25700	25695	5	80
20	21	25700	25695	5	85
21	22	25700	25695	5	90
22	23	25700	25695	5	95
23	24	25700	25695	5	100
Total		514000	513900		

La capacité utile de la bache sera de **51 500 m³**

Annexe 9 : Choix de la bache d'eau claire du coté de la Riviera

Apport d'eau dans la bache			Pompage (m ³ /h)	Stockage	
Heure début	Fin	Arrivée m ³ /h		Horaire (m ³ /h)	Cumulé(m ³)
0	1	31650	31645	5	5
1	2	0	31645	-31645	-31640
2	3	0	31645	-31645	-63285
3	4	31650	31645	5	-63280
4	5	31650	31645	5	-63275
5	6	31650	31645	5	-63270
6	7	31650	31645	5	-63265
7	8	31650	31645	5	-63260
8	9	31650	31645	5	-63255
9	10	31650	31645	5	-63250
10	11	31650	0	31650	-31600
11	12	31650	0	31650	50
12	13	0	0	0	50
13	14	0	0	0	50
14	15	31650	31645	5	55
15	16	31650	31645	5	60
16	17	31650	31645	5	65
17	18	31650	31645	5	70
18	19	31650	31645	5	75
19	20	31650	31645	5	80
20	21	31650	31645	5	85
21	22	31650	31645	5	90
22	23	31650	31645	5	95
23	24	31650	31645	5	100
Total		633000	632900		

La capacité utile de la bache sera de **63 500 m³**

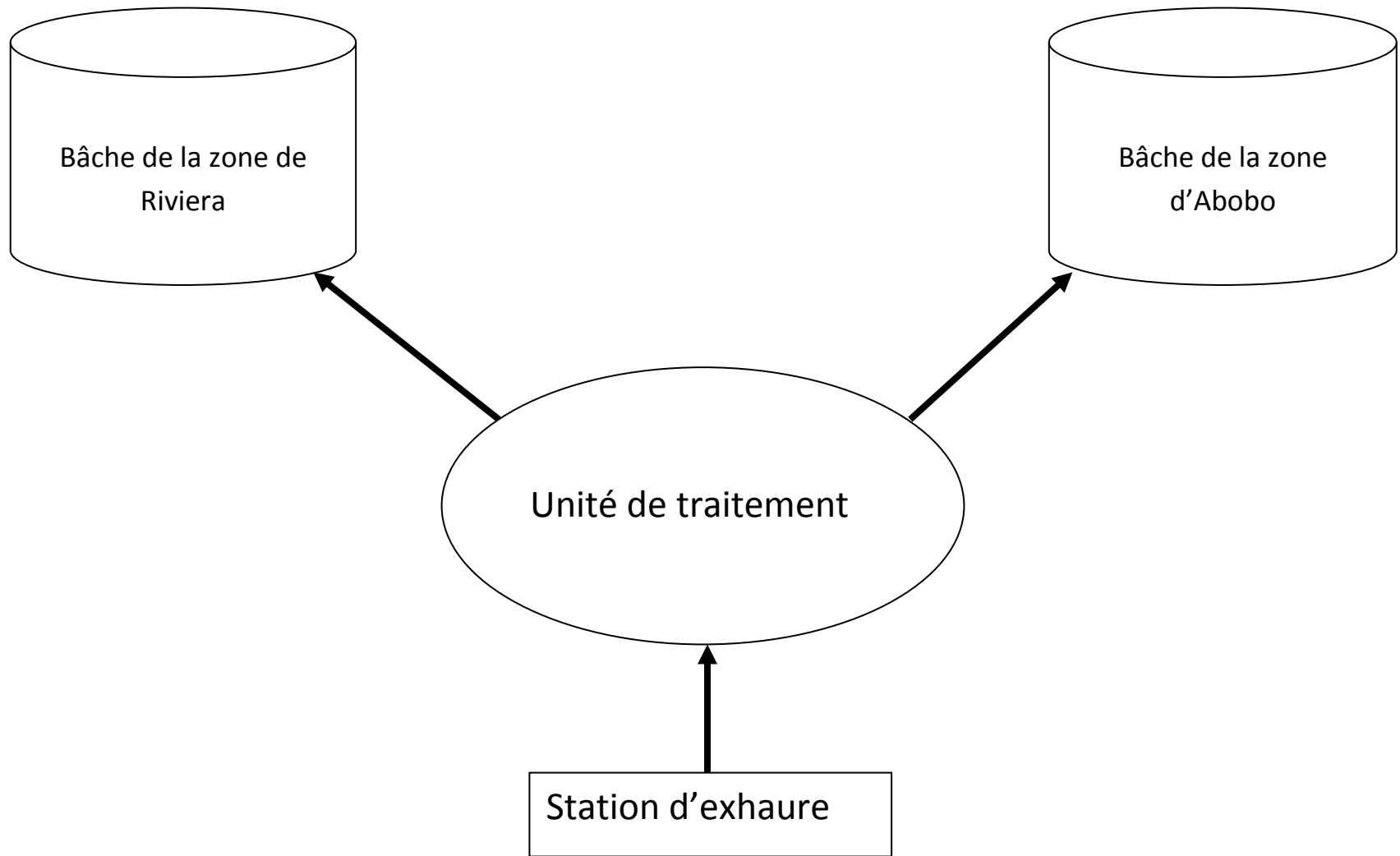


schéma général du projet d'approvisionnement en eau potable du district d'Abidjan