



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2018-2019

N° D'ORDRE : 0200/2019

N° CARTE D'ETUDIANT :
CI0413001984

MASTER

Génie de l'Eau et de l'Environnement

THEME :

**Optimisation du système de potabilisation
de l'eau de la rivière Mé
(Sud de la Côte d'Ivoire)**

LABORATOIRE :
SCIENCES ET
TECHNOLOGIES DE
L'ENVIRONNEMENT

Présenté par :

TANOH Koko Naomie Bédja

JURY

Président : M. KOUASSI Kouakou Lazare, Maître de Conférences
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Directeur : M. KONAN Kouakou Séraphin, Maître de Conférences
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Encadreur : M. MANGOUA Oi Mangoua Jules, Maître-Assistant
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Examineur : M. EBLIN Sampah Georges, Maître-Assistant
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Soutenu publiquement
le : 25/11/2019

Table des matières

	Pages
DEDICACE.....	iii
REMERCIEMENTS	iv
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATION.....	vi
LISTES DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES ANNEXES.....	ix
INTRODUCTION.....	1
PARTIE 1 : GENERALITES.....	4
1.1. Présentation de la zone d'étude.....	5
1.1.1. Situation géographique.....	5
1.1.2. Réseau hydrographique.....	6
1.1.3. Géologie et hydrogéologie.....	7
1.1.4. Climat.....	8
1.1.5. Géomorphologie et pédologie.....	9
1.1.6. Végétation et activités socio-économiques.....	9
1.2. Notion de traitement de l'eau.....	9
1.2.1. Types d'eaux à traiter.....	9
1.2.2. Traitement de l'eau.....	11
1.2.2.1. Etapes du traitement classique des eaux de surface.....	12
1.2.2.2. Jar-test : but et principe.....	13
1.2.3. Optimisation du traitement de l'eau.....	14
1.3. Quelques notions sur des paramètres physico-chimiques de l'eau.....	14
1.4. Directives de l'OMS sur l'eau potable.....	16
1.5. Notions sur le système d'évaluation de la qualité de l'eau (SEQ-Eau).....	17
PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES.....	18
2.1. Matériel.....	19
2.1.1. Données.....	19
2.1.2. Réactifs.....	20
2.1.3. Matériel de laboratoire.....	20
2.1.4. Matériel informatique.....	21
2.2. Méthodes.....	22
2.2.1. Analyse descriptive simple.....	22
2.2.2. Analyse en composantes principales (ACP).....	22
2.2.3. Détermination de la qualité de l'eau de la rivière Mé (suivant les valeurs seuils du SEQ-Eau).....	23
2.2.4. Tests de laboratoire (Jar-test).....	24
2.2.4.1. Réalisation des essais de coagulation-floculation au laboratoire.....	24
2.2.4.2. Détermination du pH optimum de coagulation-floculation.....	25
2.2.4.3. Evaluation de l'efficacité de la coagulation-floculation.....	25
2.2.4.4. Mesure de l'absorbance à 254 nm par spectrophotométrie UV-Vis.....	26
2.2.4.5. Mesure de l'aluminium résiduel dissous.....	26
2.2.4.6. Détermination du pH.....	27

2.2.4.7.	Identification des algues	27
Partie 3 : RESULTATS ET DISCUSSION		28
3.1.	Résultats	29
3.1.1.	Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la rivière Mé	29
3.1.1.1.	Température.....	29
3.1.1.2.	pH	30
3.1.1.3.	Matières en suspension (MES).....	30
3.1.1.4.	Turbidité	30
3.1.1.5.	Couleur	30
3.1.1.6.	Oxydabilité au permanganate de potassium	30
3.1.1.7.	Fer total é.....	31
3.1.1.8.	Manganèse	31
3.1.1.9.	Nitrate et ammonium	31
3.1.1.10.	Conductivité électrique.....	31
3.1.1.11.	Titre alcalimétrique complet (TAC).....	32
3.1.1.12.	Calcium.....	32
3.1.1.13.	Magnésium	32
3.1.2.	Caractéristiques hydrobiologiques des eaux de la rivière Mé.....	32
3.1.2.1.	Analyse qualitative du phytoplancton	32
3.1.2.2.	Analyse quantitative du phytoplancton	33
3.1.3.	Corrélations entre les paramètres	34
3.1.4.	Qualité de l'eau de la rivière Mé à partir du SEQ-Eau	36
3.1.5.	Résultats des essais de coagulation/floculation de l'eau de la rivière Mé.....	38
3.1.5.1.	Dose optimale du coagulant (sulfate d'alumine : $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)	38
3.1.5.2.	pH optimal	40
3.1.5.3.	Aluminium résiduel soluble	41
3.2.	Discussion	43
3.1.1.	Caractéristiques physico-chimiques et hydrobiologiques des eaux de la rivière Mé et qualité de cette eau	43
3.1.2.	Test du système de traitement de l'eau de la rivière Mé.....	45
CONCLUSION		47
REFERENCES		50
ANNEXES		56
RESUME.....		63
ABSTRACT		63

DEDICACE

Les mots aussi expressifs soient-ils, restent faibles pour témoigner ma profonde gratitude à ma mère KOUASSI Djè Madeleine qui a toujours cru en moi, pour son soutien aussi bien moral, matériel que financier. Jamais je ne saurais estimer les sacrifices et le dévouement que tu as consacrés à mon éducation et à mes études. Merci maman pour tout.

REMERCIEMENTS

Il m'est agréable, au moment de présenter ce travail, d'exprimer ma reconnaissance aux nombreuses personnes qui ont, à divers titres, contribué à sa réalisation par leurs participations et leurs soutiens.

Je remercie la Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLOG), Professeur TIDOU Abiba Sanogo épouse Koné, pour son soutien accordé à l'UFR Environnement ainsi qu'à tous les parcours de cette UFR, en particulier au parcours Génie de l'Eau et de l'Environnement (GEE).

J'exprime ma profonde gratitude à l'entreprise PFO AFRICA, avec à sa tête M. Clyde FAKHOURY, qui m'a reçue comme stagiaire dans son personnel et qui m'a permis de découvrir le milieu professionnel, la vie active et d'en prendre part.

Je voudrais remercier M. KONAN Koffi Harmand, responsable Hydraulique et Assainissement de PFO AFRICA, sans qui mon stage dans cette structure n'aurait pas eu lieu et aussi pour son soutien moral et matériel dont j'ai bénéficié durant tout mon stage.

Je tiens à remercier le Directeur de l'UFR Environnement, Docteur KOUASSI Kouakou Lazare, Maître de Conférences, pour son dévouement vis-à-vis de la filière Génie de l'Eau et de l'Environnement (GEE).

Je remercie également Docteur DIBI Brou, Maître de Conférences et Directeur du laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement (LSTE) pour m'avoir donné l'opportunité d'être comptée au nombre de ses étudiants et de bénéficier des privilèges qui en découlent.

Je remercie Docteur KONAN Kouakou Séraphin, Maître de Conférences, pour avoir accepté d'être le Directeur Scientifique de ce mémoire.

Je suis très reconnaissante envers Docteur MANGOUA Oi Mangoua Jules, Maître-Assistant et responsable du parcours Master GEE, qui a accepté de m'encadrer, pour sa disponibilité, pour ses conseils et ses critiques qui ont amélioré ce mémoire de fin de cycle. Merci infiniment à vous Docteur.

Je remercie également Docteur KOUADIO Zilé Alex, Maître de Conférences, responsable de la filière GEE pour tout ce qu'il fait pour l'évolution de cette filière et pour l'insertion professionnelle des étudiants qui y passent.

J'exprime ma reconnaissance au Docteur EBLIN Sampah Georges, Maître-Assistant, pour avoir accepté d'être l'examineur de ce mémoire et pour toutes ses remarques qui ont permis d'améliorer ce document.

Je remercie mon père TANOH Koko pour tout son soutien dont j'ai bénéficié depuis ma naissance jusqu'au jour d'aujourd'hui.

Je dis infiniment merci à mes frères KOKO Oi Tanoh Antoine et TANOH Koko Kouassi Alphonse et à mes sœurs N'DA Tothaud Annick, KOUASSI Amenan Marie Claude, TANOH Koko Djè Carelle et TANOH Koko Amenan Gaelle épouse DIAMALA, pour les nombreuses manifestations de soutiens moral, matériel et financier. Ils ont été pour moi une grande source d'inspiration et de ressourcement.

A mon ami KODJALE N'Dah Martin qui a été d'une véritable aide pour moi à travers tout son soutien ; reçois tous mes remerciements.

Je remercie également mes colocataires AMON Diahou Judith et KOUAKOU Milaizou Vanessa Elisabeth qui, grâce à leurs soutiens, m'ont permis d'avoir une autre famille étant loin des miens.

Mes remerciements vont également à l'endroit de tout le personnel de PFO AFRICA avec qui j'ai eu à collaborer, ceux du chantier comme ceux du bureau. Je leur dis merci de m'avoir adoptée et d'avoir permis que mon stage se déroule dans la bonne humeur et la joie, et aussi pour la formation que j'ai acquise auprès d'eux.

Je remercie, de tout cœur, M. KOFFI Thierry, Doctorant à l'Université Nangui Abrogoua, dont la disponibilité a été utile pour mes essais de laboratoire. Sa participation à mes travaux, son accueil chaleureux, sa collaboration et son ouverture m'ont permis de réaliser les tests dans la sérénité.

Je remercie également le Pasteur DIANGO Arsène de l'église MIREBE et le prophète ADJEI Enock pour leur soutien spirituel dont j'ai bénéficié.

Je dis infiniment merci à mes amis et condisciples de la filière GEE qui de loin ou de près ont contribué à l'élaboration par leur collaboration, leur solidarité et leur soutien moral dans la réalisation de cette étude.

Mes marques de remerciements vont enfin à l'endroit de tous ceux qui ont contribué d'une façon quelconque à la réalisation de ce mémoire que je n'ai pas pu citer, merci à vous.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATION

ACP : Analyse en Composantes Principales

AEP : Alimentation en Eau Potable

CNRA : Centre National de Recherche Agronomique

MES : Matières En Suspension

mgCoPt/L : Milligramme de cobalt platine par litre

MIE : Ministère des Infrastructures Economiques

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PFO Africa : Pierre et Fakhoury Operator Africa

SEQ-Eau : Système d'évaluation de la qualité de l'eau

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

UV₂₅₄ : Absorbance dans l'ultra-violet à 254 nm

LISTES DES TABLEAUX

	Pages
Tableau I : Caractéristiques comparées des eaux de surface et eaux souterraines	11
Tableau II : Valeurs recommandées par l’OMS de certains paramètres physico-chimiques de l’eau	17
Tableau III : Classes et indices de qualité de l’eau pour la production de l’eau potable	24
Tableau IV : Caractéristiques des paramètres physico-chimiques de la rivière Mé	29
Tableau V : Différents embranchements et taxons de la flore algale identifiés par saison.....	33
Tableau VI : Matrice de corrélation entre les paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques	35
Tableau VII : Qualité de l’eau en fonction des seuils et classes de qualités pour les différents paramètres	37
Tableau VIII : Caractéristiques de l’eau brute soumise aux essais de coagulation-floculation (juillet 2019).....	38
Tableau IX : Résultat optimisation de la dose du coagulant.....	39
Tableau X : Résultat de l’optimisation du pH et de l’aluminium résiduel.....	41

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1 : Localisation du bassin versant de la Mé	5
Figure 2 : Vue satellitaire de l'usine de traitement de l'eau de la rivière Mé	6
Figure 3 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Mé.....	7
Figure 4 : Carte géologique du bassin versant de la Mé	8
Figure 5 : Appareil de Jar-test	14
Figure 6 : Localisation des points d'échantillonnages sur la rivière Mé	19
Figure 7 : Appareillage de laboratoire.....	21
Figure 8 : Echantillon de mesure de l'aluminium résiduel.....	26
Figure 9 : Densité du peuplement algal de la rivière Mé pendant la période d'étude.....	34
Figure 10 : Cercle de communauté des plans factoriels F1-F2	36
Figure 11 : Taux de rabattement de la turbidité et de l'absorbance UV254 en fonction du sulfate d'alumine ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$).....	40
Figure 12 : Variation du pH en fonction de la dose de sulfate d'alumine.....	40
Figure 13 : Taux de rabattement de la turbidité et de l'absorbance UV254 en fonction du pH.....	41
Figure 14 : Variation de l'aluminium résiduel soluble en fonction du pH.....	42

LISTE DES ANNEXES

	Pages
Annexe 1 : Données physico-chimiques et hydrobiologiques	57
Annexe 2 : Espèces d'algues identifiées en fonction des périodes de l'année	59
Annexe 3 : Essais Jar-test	61
Annexe 4 : Autre résultat des essais Jar-test.....	62

INTRODUCTION

Introduction

L'eau est une ressource naturelle précieuse car indispensable à la vie sur terre. Sa disponibilité en quantité suffisante et sa très bonne qualité contribuent au maintien de la santé et à une bonne gestion environnementale des écosystèmes aquatiques (Lagnika *et al.*, 2014 ; Kouassi *et al.*, 2017). Compte tenu du caractère vital de l'eau, de son importance dans l'économie et de son inégale répartition sur Terre, l'eau est une ressource naturelle dont la gestion et la disponibilité pour tous est l'objet de forts enjeux géopolitiques. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2011), environ 1,1 milliard de personnes n'ont pas accès à l'eau potable. Plus de 2 millions de personnes (issues des pays en développement où les mesures d'hygiène et d'assainissement sont insuffisantes), surtout des enfants de moins de cinq ans meurent chaque année des maladies diarrhéiques. Alors que, près de 90 % des maladies diarrhéiques, à l'échelle mondiale, sont imputables à la mauvaise qualité de l'eau de boisson. Aujourd'hui, sur le plan mondial, l'eau est devenue un enjeu stratégique dont la gestion doit impérativement s'intégrer dans une perspective de politique de développement durable (Servais *et al.*, 2009). Ainsi, l'approvisionnement en eau potable (AEP) des populations en quantité suffisante en toutes saisons demeure l'un des soucis majeurs des gouvernements (Hawa, 2002).

Abidjan, capitale économique de la Côte d'Ivoire, est alimentée par des eaux souterraines à partir de forages. Pour l'exploitation de ces forages, des usines de traitement d'eau sont installées pour la plupart afin de rendre ces eaux potables pour l'alimentation de la population. Parfois, ces forages sont directement équipés de bornes fontaines pour certains villages environnants (Diabagaté *et al.*, 2016). Cependant, l'utilisation intensive de cette ressource en eau et l'accroissement des activités anthropiques ont engendré de sérieux problèmes du fait d'un manque de protection de l'environnement (Matini *et al.*, 2009). Parmi ces problèmes, nous pouvons évoquer la pollution des ressources en eau (Soro *et al.*, 2009 ; Ahoussi *et al.*, 2010). Cette pollution pousse souvent à l'abandon de certains forages engendrant ainsi un réel déficit au niveau de l'AEP dans la ville d'Abidjan (Diabagaté *et al.*, 2016). Tous les efforts consentis par les autorités étatiques pour pallier ce problème paraissent sans succès face à l'extension spatiale et la pression anthropique de la population sans cesse croissante de la ville d'Abidjan. Au vu de ce problème, l'Etat ivoirien a décidé de renforcer l'alimentation en eau potable (AEP) à Abidjan. Ainsi, plusieurs recherches ont été menées dans le but de trouver une autre ressource en eau (Konan *et al.*, 2017 ; Diabagaté *et al.*, 2016 ; Ouattara *et al.*, 2018 et Koffi *et al.*, 2018). Au terme de ces études, le ministère des infrastructures économiques (MIE) a retenu le projet de prise d'eau sur la Mé, rivière à la périphérie Nord-est (à 25 km) de la ville d'Abidjan. Ce projet permettra de répondre aux besoins en eau potable de la ville sur une longue période (au-delà de 2025). Il s'agit du premier projet en eau de surface qui sera mis en œuvre pour alimenter

Introduction

Abidjan (Anonyme 1). Le processus de potabilisation d'une eau est fonction de sa qualité. C'est un ensemble de procédés qui permet de normaliser ses paramètres physico-chimiques, hydrobiologiques et microbiologiques. Alors, pour rendre l'eau de la rivière Mé potable, il est nécessaire de lui faire subir un traitement adéquat. Par ailleurs, comment peut-on traiter de manière efficace une eau et en particulier celle de la rivière Mé (sud de la Côte d'Ivoire) ? C'est donc dans l'optique d'apporter une réponse pertinente à cette question que cette étude dont le thème est : « **Optimisation du système de potabilisation de l'eau de la rivière Mé (Sud de la Côte d'Ivoire)** » a été menée. L'objectif général est de proposer un système de traitement pour la potabilisation de l'eau de la rivière Mé. Plus spécifiquement, il s'agit de :

- Caractériser l'eau de la rivière Mé ;
- Déterminer la qualité de l'eau à traiter ;
- Déterminer le traitement adéquat et efficace pour la potabilisation.

Pour atteindre ces objectifs, ce mémoire a été subdivisé en trois (03) parties qui se présentent comme suit :

- La première partie intitulée "Généralités" présente d'abord les traits caractéristiques de la zone d'étude, quelques définitions portant sur l'eau, le traitement de l'eau et l'optimisation de ce traitement ;
- La deuxième partie présente le matériel et les méthodes qui ont permis d'atteindre nos objectifs ;
- La troisième partie présente les résultats obtenus à la fin de l'étude ainsi que leur discussion.

Une conclusion et quelques recommandations ont clos cette étude. Il a été question de faire la synthèse de tous les résultats obtenus et de faire des propositions concernant le traitement ainsi que les mesures à prendre pour un bon suivi de la station qui sera construite.

PARTIE 1 : GENERALITES

Généralités

1.1. Présentation de la zone d'étude

1.1.1. Situation géographique

La rivière Mé est un cours d'eau qui s'écoule dans la basse Côte d'Ivoire, à la périphérie Nord-est de la ville d'Abidjan. Elle traverse successivement les formations birrimiennes et sédimentaires de la zone côtière où elle se jette dans le système lagunaire Aghien. Elle est localisée dans le bassin versant de la Mé qui est compris entre les longitudes 3°30' et 4°10' Ouest et les latitude 5°30' et 6°20' Nord (Figure 1). La rivière Mé est située dans la basse Côte d'Ivoire forestière où la pluviosité est supérieure à 1400 mm/an. Son débit en période de crue est de 200 m³/s et de 1 à 2 m³/s en période d'étiage. L'apport en eau de la Mé à la lagune est de 3 m³/s (Soro, 1987).

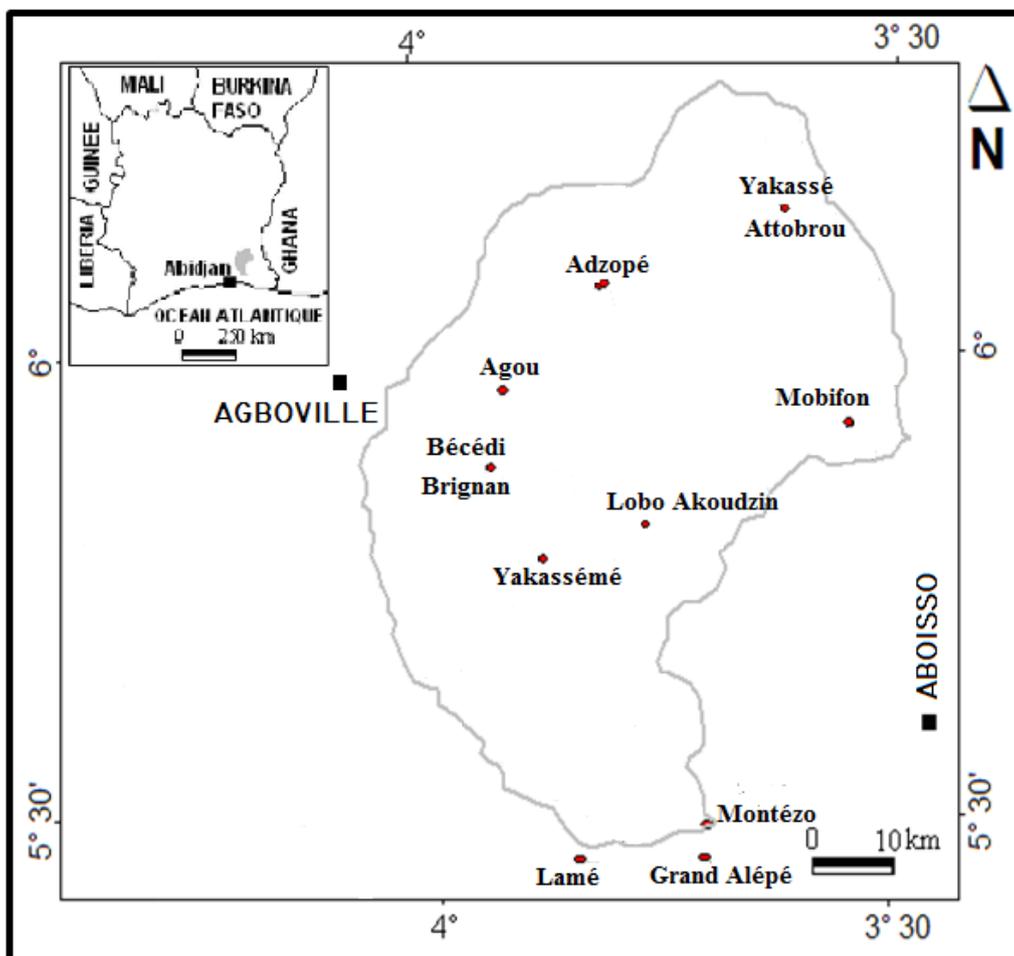


Figure 1 : Localisation du bassin versant de la Mé (Soro, 1987)

La zone de cette rivière où sera implantée l'usine de production de l'eau potable qui servira à alimenter la ville d'Abidjan est localisée près du village de Kongofon. Ce village est situé à proximité de la ville d'Abidjan entre -3°51'5'' de longitude Ouest et 5°28'51'' de latitude Nord.

Généralités

Cette rivière dont il est question fait partir d'un système lagunaire (Aghien-Potou) situé dans une zone influencée par une forte pression anthropique due au développement des plantations agro-industrielles sur son bassin versant (Traoré *et al.*, 2012 ; Yéo *et al.*, 2015) (Figure 2).

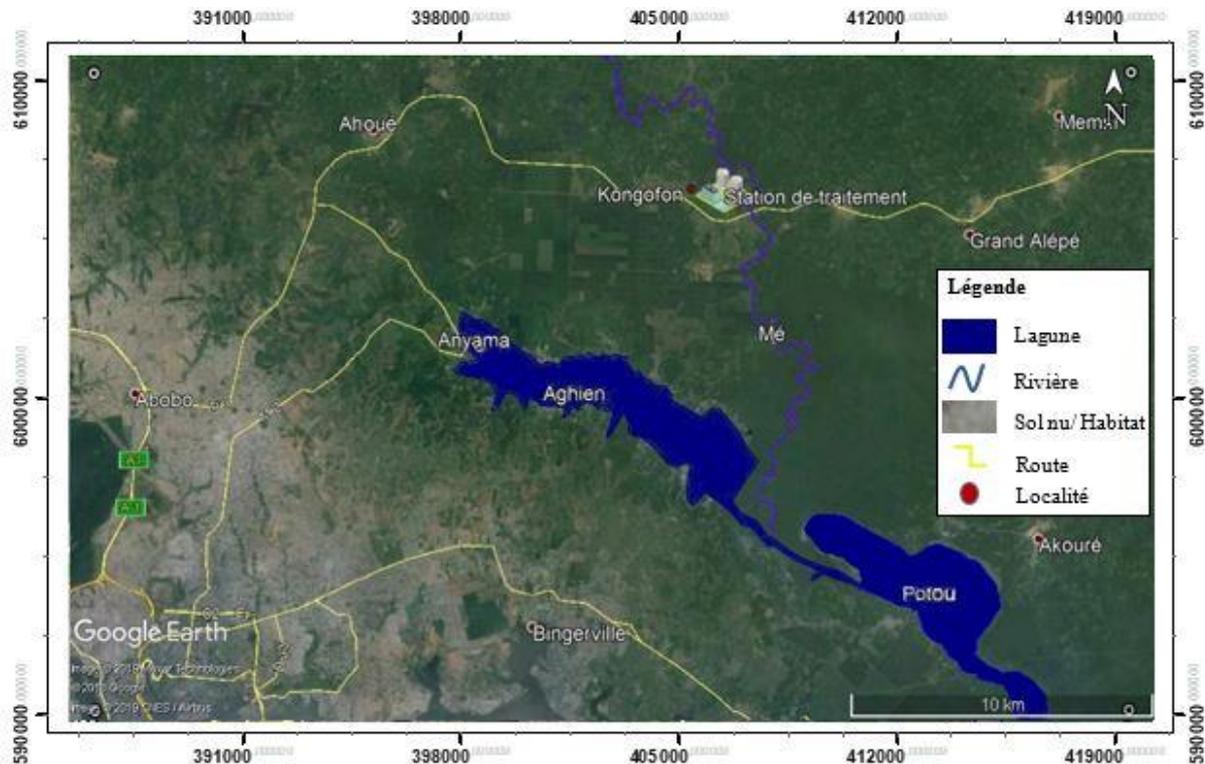


Figure 2 : Vue satellitaire de l'usine de traitement de l'eau de la rivière Mé

1.1.2. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique montre plusieurs directions d'écoulement. Cependant, la rivière Mé qui est le cours d'eau principale est d'orientation Nord-Sud. La densité de ce réseau varie en fonction du substratum, il est plus lâché à certains endroits tandis qu'à d'autre il est dense. Le réseau prend forme selon la direction des bandes schisteuses marquant ainsi les principales directions de schistosité N 30 et N 60 (Soro, 1987) (Figure 3). Le cours d'eau principal, long de 140 km environ est un véritable collecteur qui reçoit les eaux de ses principaux affluents primaires (Mafou, N'Zo...) et secondaires dont certains sont intermittents

Généralités

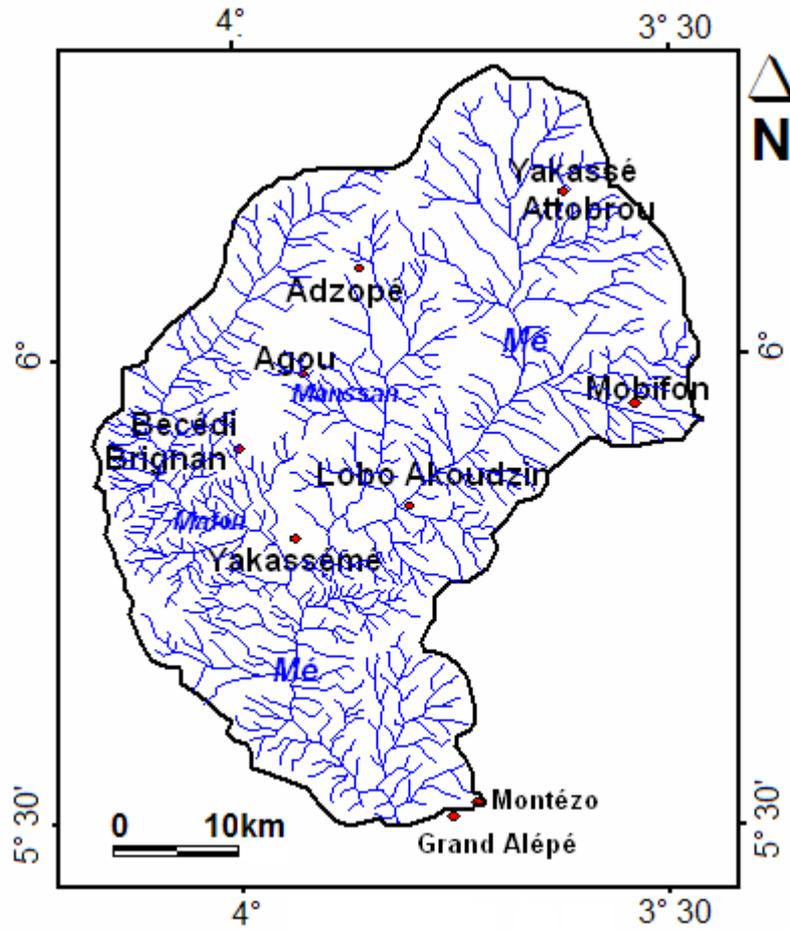


Figure 3 : Carte du réseau hydrographique du bassin versant de la Mé (Soro, 1987)

1.1.3. Géologie et hydrogéologie

Les travaux menés par Soro (1987) dans la zone lui ont permis d'établir une carte géologique du bassin versant de la Mé (Figure 4). Les formations géologiques se répartissent entre le socle paléoprotérozoïque au Nord et le bassin sédimentaire au Sud.

Le bassin sédimentaire occupe la frange sud du bassin versant, soit environ 5 % de sa superficie (Soro, 1987). Ce sont des formations datant du tertiaire, communément appelées « Continental Terminal » recoupées occasionnellement par des lambeaux d'argiles récentes déposés dans des zones plates à basse altitude. Pour le reste, la géologie est constituée de schistes birrimiens suivis de plusieurs autres minéraux (des quartzites feldspathiques, arkoses, des grauweekes) et des filons de pegmatite et de quartz ainsi que des granites et des granodiorites du complexe éburnéen.

Généralités

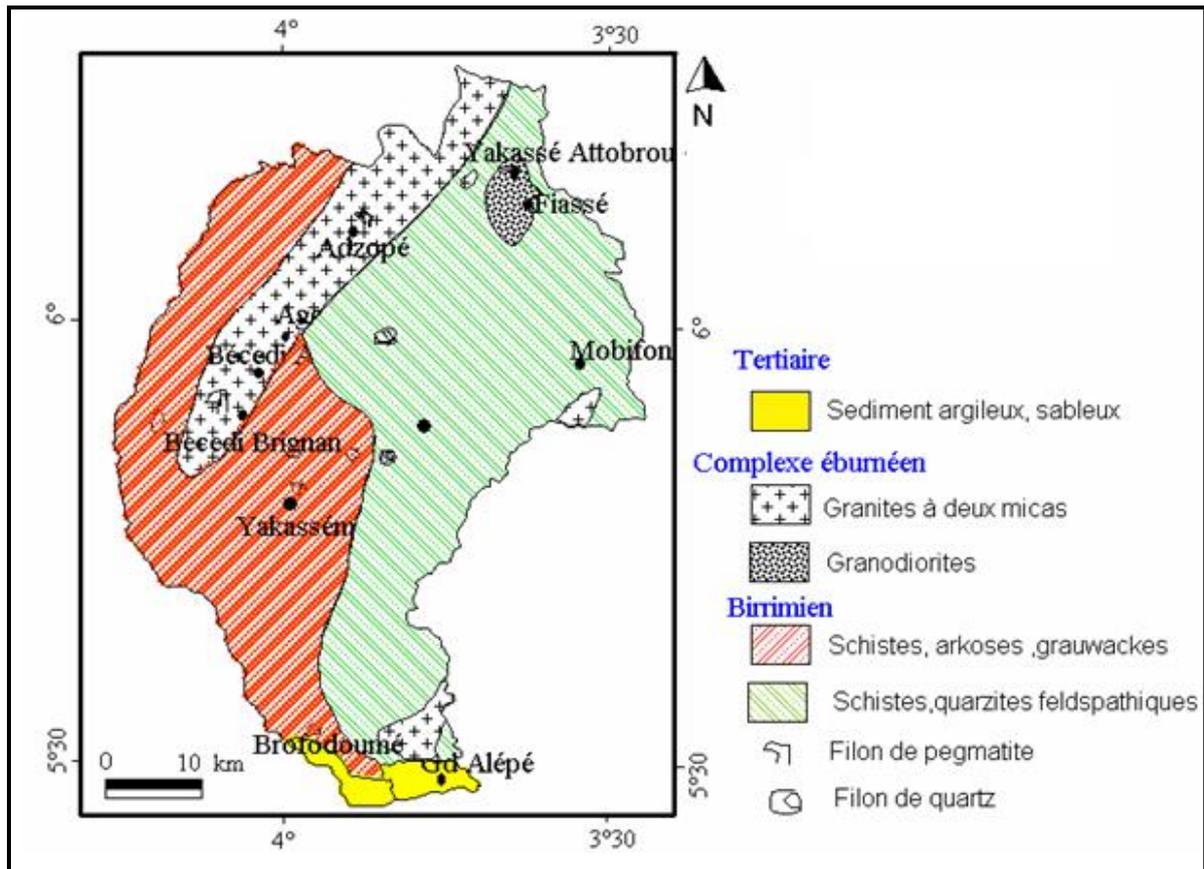


Figure 4 : Carte géologique du bassin versant de la Mé (Soro, 1987)

Cette géologie du bassin versant de la Mé donne naissance à deux aquifères : l'aquifère sédimentaire et l'aquifère profond très fissuré discontinu à nappe captive ou semi-captive. Ils forment un système d'aquifères superposés séparés par une couche épaisse d'argile dans lesquels sont contenues les eaux souterraines de ce bassin. La relation hydraulique entre ces deux aquifères est ralentie du fait de la nature argileuse des formations sus-jacentes et par leur grande épaisseur. Quand bien même il y ait une hétérogénéité des formations du socle et une fissuration très intense qui pourraient favoriser un stockage des eaux, ce pouvoir de stockage est limité par la pluviométrie en dent de scie ainsi que la grande proportion d'argiles dans les horizons d'altérites. L'existence des eaux souterraines est donc liée au développement important du système de fracturation (Soro, 1987).

1.1.4. Climat

Le bassin versant de La Mé appartient à la zone subéquatoriale avec un climat de type Attiéen comprenant quatre (04) saisons dont deux (02) saisons pluvieuses et deux (02) saisons sèches (Koffi *et al.*, 2018). Ces saisons sont définies comme suit :

- La grande saison pluvieuse d'avril à juillet
- La petite saison sèche d'août à septembre

Généralités

- La petite saison pluvieuse d'octobre à novembre
- La grande saison sèche de décembre à mars

Située dans la zone forestière à pluviométrie abondante (> 1400mm/an), le bassin versant de la Mé est une zone agricole très importante.

1.1.5. Géomorphologie et pédologie

Le relief de cette zone est un ensemble de pénéplaines hormis l'inselberg du Mafa-Mafou dans la localité de Bécédi-Brignan et des dômes granitiques au Nord (Avenard, 1971). Au Sud, le Continental Terminal subfleurant est matérialisé par de petites collines entaillées par des vallées. Dans cette zone, on rencontre différent type de sol dont les ferrallitiques, les hydromorphes, ...

1.1.6. Végétation et activités socio-économiques

Le bassin versant de la rivière Mé se situe dans une zone couverte de forêt dense humide semi-décidue et de forêt dense sempervirente et ombrophile. Cependant, avec la croissance de l'habitat humain, la pratique des cultures de rente (hévéa, café, palmier à huile, ananas) et l'exploitation abusive de la forêt, cette végétation a été réduite à de petits îlots dont certains ont été classés telle la forêt classée de Nguechie (Guillaumet & Adjanohoun, 1971). Les cultures (réalisées par le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA)) et/ou jachères occupent la quasi-totalité du bassin. Par ailleurs, les riverains s'adonnent également à des activités agricoles et d'élevages. De ce fait, la mangrove est détruite au profit des grandes plantations industrielles et des plantations traditionnelles. Selon Koffi *et al.* (2014), les principales cultures réalisées par les riverains sont celles de maraîchers, de palmiers à huile, de caféiers, de cacaoyers, d'hévéa, et de bananiers (plantain).

1.2. Notion de traitement de l'eau

1.2.1. Types d'eaux à traiter

Les ressources en eau disponibles sur la terre sont constituées des eaux souterraines et des eaux de surface. Les eaux souterraines sont les eaux qui ne sont ni évaporées, ni retournées aux plans d'eau par ruissellement mais qui s'infiltrent dans le sol et le sous-sol pour s'y accumuler. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes (Hadeff *et al.*, 2017). L'eau souterraine au contact des divers terrains (ruissellement en surface, infiltration, écoulement souterrain) traversés lors de ses déplacements, se charge en éléments minéraux et organiques dont l'importance dépend fondamentalement d'abord de la nature du terrain mais aussi des conditions climatiques. Quant

Généralités

aux eaux de surface, elles sont constituées de toutes les eaux disponibles à la surface de la terre (les plans d'eau, les cours d'eau, ...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. Par échange avec l'atmosphère, ces eaux se chargent en gaz dissous (oxygène, azote, gaz carbonique). Les eaux de surface sont plus vulnérables car elles sont sujettes aux activités anthropiques. Elles sont la plupart du temps utilisées pour l'alimentation en eau des populations, pour les moments de loisir, des activités socio-économiques telles que la pêche, l'irrigation des plantations, l'hydroélectricité etc. Le tableau I donne certaines caractéristiques comparées des eaux souterraines et des eaux de surfaces.

Généralités

Tableau I : Caractéristiques comparées des eaux de surface et eaux souterraines (Degrémont, 2005)

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable (saisons)	Plutôt constante
Turbidité / MES vraies ou colloïdales	Variable (parfois élevée / crues, rejets de carrières, fortes pluies)	Faible ou nulle sauf en pays karstique et en pays crayeux
Couleur	Dépend essentiellement des MES, des acides humiques, tannins, etc. et des algues	Dépend des acides humiques ou des précipitations Fe - Mn
Goûts et odeurs	Fréquents	Rares sauf H ₂ S
Minéralisation globale / Salinité	Variable (précipitations rejets, nature des terrains traversés, etc.)	Généralement plus élevée que celle mesurée dans les eaux de surface sur le même territoire
Fe et Mn divalent dissous	Normalement absents sauf dystrophisation des eaux profondes	Présents
CO ₂ agressif	Généralement absent	Présent souvent en quantité
O ₂ dissous	Variable (proche de la saturation dans les eaux propres / absent dans les eaux polluées)	Absent
H ₂ S	Absent	Présent
NH ₄	Seulement dans les eaux polluées	Présence souvent sans rapport avec une pollution bactérienne
Nitrates	Variable (normalement absent, parfois en quantité dans les zones d'excédent azoté)	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur normalement modérée	Teneur élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Surtout présents dans les eaux des régions industrialisées	Absents sauf suite d'une pollution accidentelle
Solvants chlorés	Normalement absents	Présents en cas de pollution de la nappe
Éléments vivants	Virus, bactéries, algues, protistes, etc. / Présence d'organismes pathogènes toujours possible	bactéries sulfato-réductrices et ferrobactéries surtout
Eutrophie	Possible, davantage si les eaux sont chaudes	Jamais

1.2.2. Traitement de l'eau

Le traitement de l'eau est un ensemble de procédés qui consiste à ramener l'eau prélevée dans le milieu naturel aux normes de qualité (Anonyme 2). Il peut s'agir de traitement classique pour les eaux naturelles ou d'une dépollution si la source est contaminée par les activités humaines.

Généralités

Pour ce faire, on construit des stations de traitement qui sont des installations permettant de décrire et de caractériser les opérations subies par l'eau depuis son extraction de la ressource naturelle jusqu'au point de mise en distribution dans le réseau. Cependant, compte tenu de la différence notable entre les eaux souterraines et les eaux de surface (Tableau I), le traitement des eaux de surface nécessite plus d'étapes. Il existe plusieurs filières de traitement des eaux dont la filière classique composée de quatre (04) étapes.

1.2.2.1. Etapes du traitement classique des eaux de surface

1.2.2.1.1. Le prétraitement

Il s'agit d'apporter à l'eau un traitement préliminaire afin de le préparer pour le traitement proprement dit. Les étapes sont mentionnées ci-dessous.

- **Un dégrillage** : une grille est posée à l'endroit de pompage de l'eau (exhaure) afin de retenir les macroéléments présents dans cette eau et susceptibles de boucher les canalisations ;
- **Une pré-chloration** : elle consiste à ajouter du chlore gazeux, de l'hypochlorite de calcium ou du dioxyde de chlore afin d'inhiber la croissance des algues dans les ouvrages de traitement ;
- **Une aération** : il s'agira d'oxyder le fer et le manganèse en présence de l'air mais aussi d'augmenter la teneur en oxygène de l'eau pour l'élimination des gaz dissous indésirables qui y sont présents améliorant ainsi son goût et son odeur.

1.2.2.1.2. La clarification

Cette étape permet de rendre l'eau limpide en de la débarrasser de toutes particules en suspension. Elle combine trois (03) procédés.

- **Coagulation/ floculation** : c'est un procédé physico-chimique qui a pour but de déstabiliser les colloïdes présents dans l'eau et de provoquer et faciliter leur agglomération par la formation de floccs. Cela se fait à partir de certains réactifs qui sont le coagulant (sel de fer ou d'aluminium) et le flocculant (polymère, micro sable).
- **Décantation ou flottation** : c'est un procédé physique qui se fait sous l'effet de la gravité juste après l'étape de coagulation/floculation. L'eau obtenue après l'étape précédente rentre dans le bassin de décantation ou de flottation à une vitesse réduite afin d'éviter les turbulences. En fonction du poids des différents floccs, ils seront emmenés soit à se déposer au fond du bassin (décantation) soit à flotter dans l'eau (flottation).
- **Filtration** : c'est un procédé physique placé juste après la décantation. La filtration permet de retenir les particules en suspension qui n'ont pas été éliminées lors de l'étape

Généralités

précédente. Elle peut être réalisée sur plusieurs matériaux dont le sable, une membrane etc. Ce procédé peut être toutefois situé directement après une coagulation (cas des eaux souterraines karstiques) ou après une préoxydation (cas des eaux souterraines contenant du fer, du manganèse ou de l'arsenic).

1.2.2.1.3. L'affinage

Cette étape fait intervenir plusieurs procédés dont la reminéralisation/ remise à l'équilibre. Ce procédé permet de rehausser les concentrations en minéraux essentiels de l'eau jusqu'à celle recommander par l'OMS lorsque l'eau brute est peu minéralisée. Elle aussi permet par la même occasion d'ajuster le pH de l'eau.

1.2.2.1.4. La désinfection

Cette étape, commune à tous les traitements, est la plus importante. Elle a pour but de neutraliser tous les virus et bactéries pathogènes. Elle n'est efficace que si l'eau a été préalablement bien traitée, notamment dans le cas des eaux de surface. Bien que les eaux souterraines soient souvent naturellement exemptes de microorganismes, la désinfection prévient le risque d'une contamination par infiltration dans la ressource et dans le réseau. Elle peut être effectuée par des procédés chimiques (oxydation chimique avec des agents chlorés et ozone, ou rayonnements ultraviolets) ou par des procédés physiques comme la filtration sur membranes. Pour que la désinfection soit totalement efficace, il convient de maintenir un résiduel de désinfectant dans l'eau distribuée jusqu'au robinet du consommateur. Lorsque la désinfection finale est réalisée par l'ozone (qui présente un faible pouvoir rémanent), par les UV ou par les membranes, une légère injection de réactifs chlorés est nécessaire (Mekkaoui, 2012 ; Boukili, 2015).

1.2.2.2. Jar-test : but et principe

Le jar-test consiste en l'évaluation de la coagulation et de la floculation au laboratoire en présence d'un coagulant. Il consiste en une rangée de béciers alignés sous un appareillage permettant de les agiter à la même vitesse (Figure 5). Les différents béciers reçoivent une dose précise de réactifs. A la fin de l'expérimentation, on détermine les couples quantités de réactifs et temps d'agitation qui permettent d'obtenir l'eau la plus limpide, les floes les plus gros et les mieux décantés. Concernant les vitesses d'agitation, la seule certitude est que la coagulation nécessite une vitesse d'agitation plutôt rapide (afin de bien mélanger l'eau et que les colloïdes et les cations métalliques se rencontrent et se neutralisent). Quant à la floculation, elle nécessite une vitesse relativement lente (afin de favoriser la rencontre et l'agrégation des colloïdes mais

Généralités

sans détruire les floccs déjà formés). Ce test permet de déterminer la concentration adéquate de produit chimique à utiliser pour que cette étape soit une réussite.



Figure 5 : Appareil de Jar-test

1.2.3. Optimisation du traitement de l'eau

Optimiser le traitement de l'eau, c'est trouver des voies et moyens de maximiser le résultat du traitement de l'eau tout en minimisant le coût, les efforts à fournir... Cela peut se jouer soit à la variation de la quantité d'un réactif soit dans le dimensionnement des différents bassins de la station de traitement.

Cette étude à particulièrement sur la clarification par coagulation-floculation.

1.3. Quelques notions sur des paramètres physico-chimiques de l'eau

1.3.1. Température

La température est un paramètre de confort pour les usagers et donne une idée sur l'origine et l'écoulement de l'eau. Elle accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques. Ainsi, un changement brusque de ce paramètre physique de l'eau peut s'avérer néfaste.

1.3.2. pH

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H^+). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibres physico-chimiques et dépend de facteurs multiples dont l'origine de l'eau. Il constitue un facteur limitant pour les processus d'épuration (survie des bactéries, nitrification, précipitation du phosphore).

Généralités

1.3.3. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les particules minérales ou organiques insolubles dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. Les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...). Ce sont des éléments qui interviennent dans la coloration et la turbidité de l'eau.

1.3.4. Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. Elle traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argile, organismes microscopiques).

1.3.5. Couleur

La couleur d'une eau est due aux particules présentes dans cette eau principalement les acides humiques et les acides fulviques.

1.3.6. Oxydabilité au permanganate de potassium

L'oxydabilité est un paramètre qui permet de mettre en évidence la présence de la matière organique dans l'eau. Elle est utilisée en présence d'une faible concentration en matière organique. L'oxydant requis pour ce paramètre est le permanganate de potassium (KMnO_4).

1.3.7. Fer

Le fer est aussi un ion métallique essentiel pour la nutrition tout comme le Mn^{2+} . La présence de fer dans l'eau a de multiples inconvénients non pour la santé mais pour des raisons d'esthétique. A une concentration trop élevée dans l'eau, il a des conséquences semblables à celles du Mn^{2+} : colore le linge, donne à l'eau un goût prononcé, fait apparaître la rouille dans les installations, favorise la croissance des ferrobactéries sur les parois des conduites.

1.3.8. Manganèse

Le manganèse est un ion métallique. C'est un élément essentiel à la nutrition mais à un niveau dépassant la norme peut causer des désagréments. Il favorise la croissance des bactéries sur les parois des conduites et cause une odeur surtout dans l'eau chaude, laisse des tâches sur les linges lors de la lessive.

Généralités

1.3.9. Nitrate et ammonium

Les concentrations en ammonium et en nitrate sont très importantes pour le suivi de la qualité des eaux de surface.

1.3.10. Conductivité électrique

La conductivité est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. Elle constitue un indicateur du degré de la minéralisation globale des eaux car la plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. Elle dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, de la température. Elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé.

1.3.11. Titre alcalimétrique complet (TAC)

Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates.

1.3.12. Calcium

La présence des ions Ca^{2+} dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles : soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4). La concentration en Ca^{2+} est déterminée dans une eau pour des raisons esthétiques et non de santé.

1.3.13. Magnésium

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrés (calcaires dolomitiques, dolomies du Jurassique ou du Trias moyen). Tout comme le calcium, la concentration en Mg^{2+} est déterminée pour des raisons esthétiques et non de santé.

1.4. Directives de l'OMS sur l'eau potable

Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable sont la référence pour la sécurité en matière d'eau de consommation. Elles prescrivent des valeurs seuils des différents paramètres considérés lors de l'étude de la qualité de l'eau. Les valeurs guides de l'OMS utilisées proviennent de la version de 2011. Le tableau II présente les valeurs guides des paramètres considérés.

Généralités

Tableau II : Valeurs recommandées par l'OMS de certains paramètres physico-chimiques de l'eau

Paramètres	Unités	Norme OMS
T	°C	25-30
pH		6,5-8,5
Turbidité	NTU	< 5
Couleur	UVC	< 15
Conductivité	μS/cm	–
Ca ²⁺	mg/L	≤ 100
Mg ²⁺	mg/L	≤ 50
Total Fer (Fe)	mg/L	< 0,3
Mn ²⁺	mg/L	< 0,05
NO ₃ ⁻	mg/L	≤ 50
NH ₄ ⁺	mg/L	≤ 1,5
TAC	°f	–
MES	mg/L	–
Oxydabilité au KMnO ₄	mg/L	–

1.5. Notions sur le système d'évaluation de la qualité de l'eau (SEQ-Eau)

Le SEQ-Eau est un outil utilisé pour caractériser l'état physico-chimique des cours d'eau. Ce système permet d'obtenir une image globale de la qualité des cours d'eau. Il définit les aptitudes à satisfaire les équilibres biologiques et les différents usages de l'eau. Le SEQ-Eau permet de définir des classes de qualité à partir des seuils de concentrations définis.

Ces seuils de concentrations varient en fonction des usages de l'eau. Le SEQ-Eau est basé sur deux (02) grandes notions.

- Les altérations : elles sont au nombre 15 et regroupent des paramètres physico-chimiques polluants de même nature ou ayant les mêmes effets sur les milieux aquatiques.
- Les usages et fonctions : susceptibles d'être perturbés par les altérations, ils comprennent la fonction potentialités biologiques (permettre la vie si l'habitat est satisfaisant) et les usages alimentation en eau potable, abreuvement, irrigation et aquaculture.

Ce système donne ainsi la possibilité de décliner la qualité de l'eau soit par altération, soit par usage ou fonction. Alors que la première approche permet d'identifier la ou les altérations qui posent problèmes et d'effectuer un suivi fin des politiques de restauration mises en œuvre, la seconde approche, quant à elle, indique la façon claire et pratique l'aptitude de l'eau à satisfaire les usages ou fonction naturelle.

PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES

Matériel et Méthodes

2.1. Matériel

Le matériel utilisé dans cette étude est composé de données, de réactifs, de matériel de laboratoire et d'outils informatiques.

2.1.1. Données

Les données utilisées dans cette étude concernent les paramètres physico-chimiques. Il s'agit de la température, du pH, de la conductivité électrique et de la turbidité mesurés *in situ*. Les paramètres mesurés au laboratoire sont : le nitrate, l'ammonium, la couleur, l'oxydabilité au permanganate de potassium, le calcium, le magnésium, le fer total, le manganèse, le TAC et les MES. Les paramètres hydrobiologiques (les algues) ont également été déterminés au laboratoire. Ces paramètres ont été mesurés sur sept (07) sites d'échantillonnage localisés sur la rivière Mé (Figure 6) pendant la période pluvieuse de l'année 2016 (juin et juillet) et pendant une période sèche de cette même année (mai et août) au cours de plusieurs campagnes d'échantillonnages (Annexe 1 et 2).

Ces données nous ont été fournies par la structure Veolia Côte d'Ivoire qui assiste l'entreprise PFO Africa en charge de l'exécution du projet.

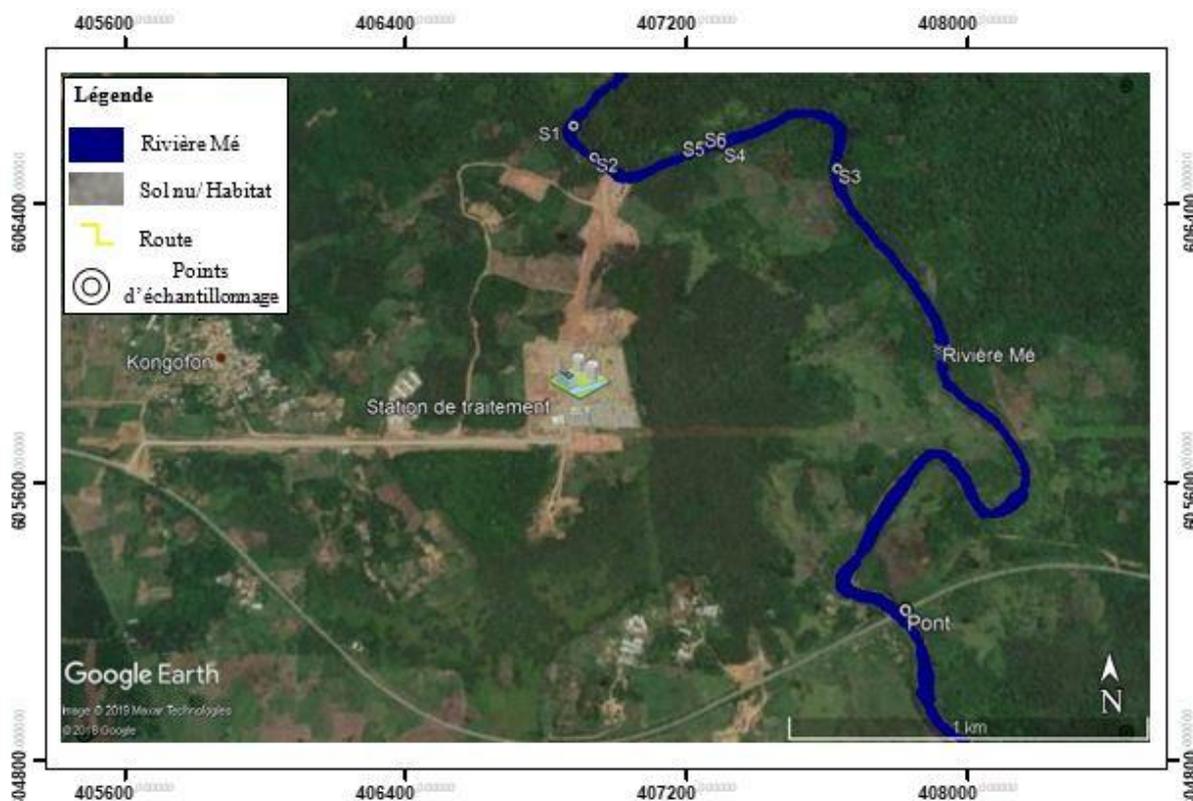


Figure 6: Localisation des points d'échantillonnages sur la rivière Mé

Matériel et Méthodes

2.1.2. Réactifs

Ce sont ceux utilisés pour la réalisation du jar-test et des autres tests de laboratoire. Ce sont : un coagulant (sulfate d'alumine), la chaux, la soude, aluver³, bleashing³, acide ascorbique. Le sulfate d'alumine est utilisé pour l'optimisation de la dose de coagulant. La chaux et la soude sont utilisées pour l'optimisation du pH. Quant aux autres réactifs, ils interviennent lors de la détermination de l'aluminium résiduel.

2.1.3. Matériel de laboratoire

Il a été utilisé lors de la réalisation du Jar-test. Il est composé des éléments représentés par la figure 7. Il s'agit de :

- Flocculateur de marque Stuart SW6 pour réaliser l'essai Jar-test ;
- Bêchers de 800 mL pour contenir les échantillons d'eau ;
- Propipette 10 mL pour prélever les doses de coagulant ;
- Multiparamètre (Hach Lange HQ40d) pour mesurer les pH de l'eau ;
- Turbidimètre (Hach 2100Q) pour mesurer la turbidité de l'eau ;
- Spectrophotomètre (Hach Lange DR 6000) pour mesurer l'absorbance UV de l'eau ;
- Balance (Sartorius) pour peser la quantité de coagulant ;
- Filtres (fibre de verre de 0,45 µm) pour filtrée l'eau traitée.

Matériel et Méthodes



Figure 7 : Appareillage de laboratoire

2.1.4. Matériel informatique

Le traitement de ces données a été effectué à partir de plusieurs logiciels tels que : Excel, Word, STATISTICA 7.1.

Le tableur Excel de la suite bureautique Office de Microsoft a été utilisé pour la conception des graphiques des paramètres afin de suivre leur évolution saisonnière.

Word qui est aussi un logiciel de la suite Bureautique Microsoft Office a servi à rédiger le mémoire, à faire les mises en forme.

STATISTICA, est un système complet et intégré d'analyse des données, de représentation graphique, de gestion de bases de données et de développement d'applications personnalisées. Il offre non seulement des procédures généralistes pour les statistiques, les graphiques et la

Matériel et Méthodes

gestion analytique des données, mais également un ensemble complet de méthodes spécialisées pour l'analyse des données. Celui que nous avons utilisé est la version 7.1. Il a servi à faire les analyses en composantes principales des données que nous avons. Ceci nous a permis de connaître les corrélations qui existent entre les paramètres considérés.

2.2. Méthodes

La méthodologie adoptée est basée sur l'analyse de la variation spatiale des différents paramètres, d'une comparaison de ces paramètres aux directives de l'OMS sur la potabilité de l'eau, de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) et aussi d'une étude comparée entre les paramètres et le système d'évaluation de la qualité de l'eau (SEQ-Eau). Le recours à ces paramètres pour l'optimisation du traitement de l'eau permet d'avoir une idée précise de l'efficacité du traitement des eaux. Quant au test du traitement, il a été question de se référer à un Jar-test.

2.2.1. Analyse descriptive simple

Cette méthode consiste à déterminer la variation spatiale des différents paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques à partir de leurs valeurs maximales, moyennes et minimales par rapport aux recommandations de l'OMS. Il s'agit d'analyser et d'interpréter le tableau qui sera obtenu.

2.2.2. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP fait partie du groupe des méthodes descriptives multidimensionnelles appelées méthodes factorielles. C'est une analyse factorielle, en ce sens qu'elle produit des facteurs (ou axes principaux) qui sont des combinaisons linéaires des variables initiales, hiérarchisées et indépendantes les unes des autres. On appelle parfois ces facteurs des « dimensions latentes », du fait qu'ils sont « l'expression de processus généraux dirigeant la répartition de plusieurs phénomènes qui se retrouvent ainsi corrélés entre eux » (Guerrien, 2003). L'ACP est un outil extrêmement puissant de synthèse de l'information, très utile lorsque l'on est en présence d'une quantité importante de données à traiter et à interpréter. Elle permet d'analyser des tableaux de données numériques quantitatives pour en réduire la dimensionnalité en trouvant un nouvel ensemble de variables plus petit que l'ensemble des variables, qui néanmoins contient la plupart de l'information. Les composantes principales sont obtenues par diagonalisation de la matrice des corrélations bivariées. Cette diagonalisation définit un ensemble de valeurs propres dont l'observation pour chaque composante permet de déterminer le nombre de graphique à examiner (Menció & Mas-Pla, 2008). La phase finale de l'ACP consiste en une représentation graphique qui permet d'avoir un aperçu des résultats que les expressions numériques ne

Matériel et Méthodes

fournissent pas. L'ACP se réalise sur une population donnée. Dans le cas de cette étude, les individus statistiques constituant cette population sont les différents paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques de l'eau de la rivière Mé. Cette analyse a permis de faire ressortir les corrélations existantes entre les différents paramètres.

2.2.3. Détermination de la qualité de l'eau de la rivière Mé (suivant les valeurs seuils du SEQ-Eau)

Pour la détermination de la qualité de l'eau de la rivière Mé, une étude comparée a été menée entre les valeurs des paramètres et les valeurs seuils prescrit par le SEQ-Eau. Ainsi, 15 altérations ont été définies et pour chaque altération, la qualité est décrite par 5 classes d'aptitude ; de la très bonne (couleur bleue) à la très mauvaise (couleur rouge) (Tableau III). Pour chaque paramètre de chaque altération, une valeur de référence est déterminée, c'est la moyenne de toutes les valeurs obtenues. Elle est comparée à la valeur seuil préalablement fixée pour ce paramètre. Par ailleurs, pour une altération et pour la qualité globale, la classe de qualité retenue est celle du paramètre le plus déclassant. Il est important d'indiquer que pour cette étude, tous les paramètres des différentes altérations n'ont pu être mesurés.

Matériel et Méthodes

Tableau III : Classes et indices de qualité de l'eau pour la production de l'eau potable (Grille SEQ-Eau version 2, 21/03/2003)

Classe de qualité		Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice de qualité		80	60	40	20	
1 - MOOX - MATIERES ORGANIQUES ET OXYDABLES						
NH ₄ ⁺ (mg/l NH ₄)		0,5		1,5	4	
3 - NITR - NITRATES						
NO ₃ - (mg/l NO ₃)		50				
4 - EPRV - EFFETS DES PROLIFERATIONS VEGETALES						
Algues (unité/ml)		50	2500	50000	500000	
5 - PAES - PARTICULES EN SUSPENSION						
MES (mg/l)		2	50	2000	5000	
Turbidité (NTU)		1	35	1500	3750	
6 - TEMP - TEMPERATURE						
Température (°C)	1 ^{ère} catégorie piscicole	20	21,5	25	28	
	2 nd e catégorie piscicole	24	25,5	27	28	
7 - ACID - ACIDIFICATION						
pH	min	6,5				
	max	9				
8 - MINE - MINERALISATION						
Conductivité (µS/cm)	min	180				
	max	2500	3000	3500	4000	
Calcium (mg/l)	min	32				
	max	160				
Magnésium (mg/l)		50	75	100	400	
TAC (d°F)	min	8		3		
	max	40		75		
9 - COUL - COULEUR						
Couleur (mg/l pt/Co)		15	20	100	200	

2.2.4. Tests de laboratoire (Jar-test)

2.2.4.1. Réalisation des essais de coagulation-floculation au laboratoire

Les essais de Jar test ont été mis en œuvre pour l'optimisation de la concentration en coagulant, ainsi que le pH de coagulation-floculation. Ce sont les deux principaux paramètres qui ont une grande influence sur l'élimination de la matière organique. Les autres paramètres du traitement que sont la vitesse et la durée d'agitation, ainsi que le temps de décantation, sont choisis en fonction de ceux obtenus par Goné (2010) (agitation lente : 250 trs/mn ; agitation rapide : 45 trs/mn ; décantation : 30 mn).

Avant chaque série d'essais, une solution de sulfate d'alumine (Al₂(SO₄)₃ 18 H₂O) à 10 g/L est préparée, et sert de solution mère de coagulant. Chaque bécher de 800 mL est rempli avec 800 mL d'eau fraîchement prélevée sur la rivière Mé. Le volume de solution mère à ajouter dans

Matériel et Méthodes

chaque bécher est mesuré avec une propipette La dose optimale de coagulant a été déterminée en introduisant progressivement des doses croissantes de sulfate d'aluminium allant de 10 mg/L à 100 mg/L à pas de 10 mg/L, dans différents béchers contenant 800 mL d'eau brute à traiter. À la fin de la décantation des flocs formés, l'eau est filtrée et soumise aux analyses chimiques. Les résultats obtenus sont comparés aux directives de l'OMS pour évaluer l'efficacité du traitement.

Les essais de coagulation-floculation sont réalisés en trois (03) étapes successives :

- la coagulation est obtenue sous une agitation rapide (250 trs/mn) pendant une (01) minute après ajout du sulfate d'aluminium ;
- la floculation qui suit, se fait sous agitation lente (45 trs/mn) pendant 15 minutes ;
- la décantation se déroule pendant 30 minutes.

Après ce temps de décantation, l'eau est filtrée sur un filtre en fibre de verre de 0,45 μm . Les filtres utilisés ont été préalablement grillés à 500°C pour éviter tout relargage de la matière organique.

2.2.4.2. Détermination du pH optimum de coagulation-floculation

Le processus de détermination du pH optimum a consisté à introduire tout d'abord dans les différents béchers contenant l'eau à traiter, la concentration optimale de sulfate d'aluminium obtenue après la première série d'essais. Ensuite, cette dose est maintenue constante dans les différents béchers, tandis que les différentes valeurs de pH (4 ; 4,5 ; 5 ; 5,5 ; 6,5 et 7) sont imposées dans chaque bécher avec de l'acide sulfurique (H_2SO_4 , 1M) pour baisser le pH ou la soude (NaOH, 1M) pour l'augmenter. L'utilisation de l'acide sulfurique se justifie par le fait que les ions sulfates améliorent le rendement de la coagulation-floculation avec le sulfate d'alumine (Gao et Yué, 2005). Les plus faibles valeurs de turbidité, d'aluminium résiduel et d'absorbance UV à 254 nm (UV_{254}) obtenues après analyse des filtrats permettent de déterminer le pH optimum de coagulation-floculation.

2.2.4.3. Evaluation de l'efficacité de la coagulation-floculation

L'efficacité de la coagulation floculation est évaluée à partir du taux d'abattement des certains paramètres dont la turbidité et l'absorbance UV à 254 nm (UV_{254}). Ces paramètres ont été déterminés sur l'eau brute et les eaux clarifiées au laboratoire. La concentration d'aluminium résiduel a également été mesurée dans les eaux clarifiées pour s'assurer qu'elle respecte les directives de potabilité établies par l'OMS. Le taux d'abattement des paramètres est donné par le rendement (R). C'est le rapport représenté par l'équation 1.

Matériel et Méthodes

$$R (\%) = \frac{C_o - C_f}{C_o} \times 100 \quad (1)$$

Avec C_o , la concentration ou la valeur initiale du paramètre considéré dans l'eau brute et C_f la concentration ou la valeur finale du paramètre considéré dans l'eau traitée.

2.2.4.4. Mesure de l'absorbance à 254 nm par spectrophotométrie UV-Vis

C'est une méthode d'analyse quantitative qui permet de suivre l'élimination de la matière organique des eaux naturelles après les essais de coagulation-floculation. Un spectrophotomètre à double faisceau de type Hach Lange DR 6000 avec des cuves en quartz de 1 cm x 1 cm (chemin optique = 1 cm) a été utilisé pour la mesure de l'absorbance UV_{254} . La détermination de l'absorbance à la longueur d'onde de 254 nm ($SUVA_{254}$), est un bon indicateur du caractère aromatique des molécules organiques dissoutes possédant des insaturations qui absorbent à 254 nm.

2.2.4.5. Mesure de l'aluminium résiduel dissous

L'aluminium résiduel a été mesuré par la méthode colorimétrique au spectrophotomètre DR 6000. La teneur en aluminium résiduel est l'un des paramètres déterminant de l'efficacité de la coagulation-floculation. L'OMS recommande des concentrations d'aluminium résiduel inférieures à 0,2 mg/L pour les eaux destinées à la consommation humaine.

Pour les mesures de l'aluminium résiduel dissous, deux gélules de poudre, l'une d'acide ascorbique et l'autre d'*aluver 3* sont ajoutées à 50 mL d'échantillon d'eau à analyser. Après un temps de réaction de 15 min, l'échantillon est subdivisé en deux aliquotes de 25 mL chacune (Figure 8). A l'une des aliquotes servant d'échantillon témoin, est ajoutée une gélule de poudre *bleaching 3*. L'aliquote ne contenant pas le réactif *bleaching 3* est l'échantillon de mesure. La lecture de la concentration d'aluminium résiduel dissous est effectuée à la longueur d'onde de 522 nm. Les mesures sont effectuées sur une plage de 0,02 à 0,75 mg/L. Au-delà de 0,75 mg/L, une dilution est nécessaire.

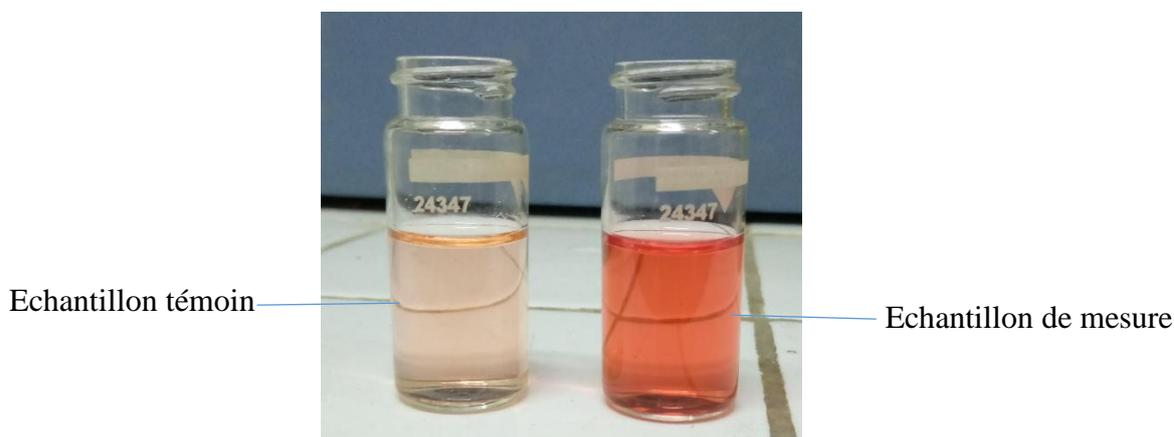


Figure 8 : Echantillon de mesure de l'aluminium résiduel

Matériel et Méthodes

2.2.4.6. Détermination du pH

Le pH des eaux brutes et traitées a été déterminé avec un pH-mètre de type Hach Lange HQ40d après calibration à pH 4,01 et pH 7. Cet appareil a également été utilisé pour la fixation du pH au cours des essais de coagulation-floculation.

2.2.4.7. Identification des algues

Pour l'identification des algues, nous avons eu recours à une information documentée. Elle a consisté à faire des recherches documentaires et à lire des documents en rapport avec le l'hydrobiologie. Des documents qui traitent du dénombrement et de l'identification des algues. Cela a permis d'identifier les différents taxons que nous avons et les embranchements auxquels ils appartiennent.

Partie 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

Résultats et discussion

3.1. Résultats

3.1.1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la rivière Mé

Le Tableau IV donne les valeurs maximales, moyennes et minimales des résultats d'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau de la rivière Mé. Les différents paramètres déterminés sont comparés aux valeurs guides de l'OMS.

Tableau IV : Caractéristiques des paramètres physico-chimiques de la rivière Mé

Paramètres étudiés	Unités	Minimum	Moyenne	Maximum	Valeurs guides de l'OMS
Température	°C	23,2	25,96 ± 0,91	27,00	25-30
Couleur	mgCoPt/L	197	294,67 ± 66,83	436,00	< 15
pH	-	2,25	6,77 ± 0,91	7,75	6,5-8,5
MES	mg/L	7	19,82 ± 10,89	55,00	–
Manganèse (Mn)	mgMn/L	< 0,05	< 0,05 ± 0	0,06	< 0,05
Total Fer (Fe)	mgFe/L	2,3	3,57 ± 0,71	5,01	< 0,3
Turbidité	NTU	13,03	25,95 ± 10,29	52,00	< 5
Conductivité	µS/cm	30,2	70,23 ± 21,55	167,00	–
Oxydabilité au KMnO4	mgO2/L	6,34	16,29 ± 8,09	38,40	–
NH4+	mgNH4/L	0,03	0,69 ± 0,39	2,43	≤ 15
NO3-	mgNO3/L	0,12	0,77 ± 0,31	2,10	≤ 50
TAC	°f	0	2,12 ± 0,53	3,20	–
Ca2+	mgCa/L	3,28	4,72 ± 0,96	7,31	≤ 100
Mg2+	mgMg/L	1,43	2,25 ± 1,07	8,12	≤ 50

3.1.1.1. Température

La valeur moyenne obtenue à partir des données est de 25,96 ± 0,91°C pour une valeur minimale de 23,2°C et une valeur maximale de 27°C. Comparativement aux directives de l'OMS qui stipulent que la température doit être comprise entre 25°C et 30°C, nous remarquons un petit écart le 12 et le 13 juillet 2016 (23,5°C et 23,2°C) et le 9 et le 17 août 2016 (24,8°C et 24,5°C). Cependant, cet écart n'est pas significatif et au regard de la valeur moyenne (25,96 ± 0,91°C) la température de cette eau respecte la norme de l'OMS.

A partir de ces résultats obtenus, il est à noter que les valeurs des températures ne varient pas beaucoup suivant les différents mois de prélèvement. Elles sont pratiquement constantes.

Résultats et discussion

3.1.1.2. pH

La valeur moyenne du pH de cette eau obtenue est de $6,77 \pm 0,91$. Hormis les valeurs du 21 et 22 juin 2016 (respectivement 2,25 et 5,67) qui donne un pH très acide, le pH moyen de cette eau se trouve dans l'intervalle [6,5-8,5] prescrit par les directives de l'OMS.

Les valeurs observées révèlent que le pH tourne autour de la valeur neutre (pH =7). Le pH de cette eau ne varie pas beaucoup quel que soit le mois de prélèvement.

3.1.1.3. Matières en suspension (MES)

D'après les résultats présentés par le tableau IV, la quantité de matières en suspension dans l'eau de la rivière qui varie de 7 mg/L à 55 mg/L pour une valeur moyenne de $19,82 \pm 10,89$ mg/L ne respecte pas les directives de l'OMS. A la vue de ces résultats, nous pouvons dire que les quantités de MES varient sur la période de prélèvement.

3.1.1.4. Turbidité

D'après les résultats obtenus, la valeur moyenne de la turbidité est de $25,95 \pm 10,29$ NTU. Les valeurs minimale et maximale sont respectivement de 13,03 NTU et 52 NTU. Ces valeurs sont largement au-dessus des directives de l'OMS qui recommande moins de 5 NTU.

Nous observons peu de variation de la turbidité sur la période de prélèvement.

3.1.1.5. Couleur

La valeur moyenne obtenue est de $294,67 \pm 66,83$ mgCoPt/L pour une valeur minimale de 197 mgCoPt/L et une valeur maximale de 436 mgCoPt/L. Ces valeurs sont largement au-dessus de la valeur prescrite par l'OMS pour une eau potable.

Selon les résultats, la couleur de l'eau de la rivière Mé varie beaucoup en fonction des différents mois de prélèvement.

3.1.1.6. Oxydabilité au permanganate de potassium

Dans les directives de l'OMS que nous avons utilisées il n'y a pas de recommandation concernant l'oxydabilité au KMnO_4 . Mais les valeurs qui ont été obtenues après analyse de l'eau de la rivière Mé varient en général de 6,34 mgO_2/L à 38,4 mgO_2/L , avec une valeur moyenne de $16,29 \pm 8,09$ mgO_2/L .

Les résultats que nous avons obtenus indiquent que l'oxydabilité au KMnO_4 varie suivant la période de prélèvement.

Résultats et discussion

3.1.1.7. Fer total

Les résultats obtenus nous donnent une valeur moyenne de $3,57 \pm 0,71$ mg/L pour une valeur minimale de 2,3 mg/L et une valeur maximale de 5,01 mg/L. Comparé à la valeur recommandée par l'OMS pour l'eau potable (0,3 mg/L), la valeur moyenne obtenue dans cette étude est élevée ($3,57 \pm 0,71$ mg/L). Ces résultats montrent que le fer varie très légèrement d'un mois à un autre et ne dépend pas du temps.

3.1.1.8. Manganèse

Ce paramètre respecte les directives de l'OMS car, comparées à la valeur recommandée par l'OMS (0,05 mgMn/L), les valeurs obtenues dans cette étude sont faibles ($<0,05$ mgMn/L).

Ces résultats montrent que toutes les valeurs de Mn sont $< 0,05$ mgMn/L. Alors ce paramètre n'est pas fonction du temps.

3.1.1.9. Nitrate et ammonium

Les teneurs en ammonium présentes dans l'eau de la rivière analysée varient de 0,03 mg/L à 2,43 mg/L avec une moyenne de $0,69 \pm 0,39$ mg/L tandis que celles du NO_3^- oscille entre 0,12 mg/L et 2,1 mg/L pour une moyenne de $0,77 \pm 0,31$ mg/L. Concernant les valeurs du NH_4^+ , nous constatons qu'elles sont supérieures par rapport aux directives de l'OMS qui dit que la teneur en NH_4^+ doit être inférieure ou égale à 1,5 mg/L. Cependant, les valeurs du NO_3^- sont très faibles par rapport à la valeur maximale admissible en nitrate indiquée par la directive de l'OMS (50 mg/L).

Les résultats présentent une variation du NH_4^+ sur la période de prélèvement. Il y a aussi une légère variation d'une saison à l'autre au niveau du NO_3^- . Alors nous pouvons dire que l'ammonium et le nitrate sont fonction du temps.

3.1.1.10. Conductivité électrique

Les directives présentes ne donnent pas de valeur limite pour la conductivité. Cependant les valeurs que nous avons obtenues oscille autour de 30,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et de 167 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour une moyenne de $70,23 \pm 21,55$ $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ce qui traduit une faible minéralisation des eaux de cette rivière.

Nous observons aussi que la conductivité ne varie pas beaucoup quel que soit le mois de prélèvement.

Résultats et discussion

3.1.1.11. Titre alcalimétrique complet (TAC)

D'après les résultats, le TAC de l'eau de la rivière Mé se trouve dans l'intervalle de [0,3-2] avec une moyenne de $2,12 \pm 0,53$ °f. Les présentes directives que nous utilisons ne donne pas de valeur limite pour ce paramètre.

Il faut noter que les valeurs mesurées de ce paramètre ne présentent pas de variations significatives d'un mois à un autre seulement, on remarque une fluctuation du mois de juin au mois de juillet.

3.1.1.12. Calcium

Les résultats que nous avons obtenus montre que les valeurs de Ca^{2+} gravitent autour de 3,28 mg/L et 7,31 mg/L pour une moyenne de $4,72 \pm 0,96$ mg/L. Lorsque ces teneurs sont comparées à celle prescrite par les présentes directives de l'OMS qui est de 100 mg/L au maximum nous constatons que le Ca^{2+} présent dans l'eau de la rivière Mé est très en dessous de la norme.

Nous observons que les valeurs de cet ion ont une variation négligeable suivant la période de prélèvement. Alors, le temps n'a aucun effet sur ce paramètre dans cette eau de la rivière Mé.

3.1.1.13. Magnésium

Au niveau de la qualité de cette eau, les analyses montrent que les teneurs en Mg^{2+} varient de 1,43 mg/L à 8,12 mg/L pour une valeur moyenne de $2,25 \pm 1,07$ mg/L. En comparaison à la valeur recommandée par les directives de l'OMS sur l'eau potable (50 mg/L), les résultats ($2,25 \pm 1,07$ mg/L) sont très inférieurs à la valeur de la norme.

Aussi, les résultats montrent que, suivant la période de prélèvement, la concentration en magnésium dans cette eau varie légèrement. Alors, ce paramètre dépend du temps.

3.1.2. Caractéristiques hydrobiologiques des eaux de la rivière Mé

3.1.2.1. Analyse qualitative du phytoplancton

La composition taxonomique de la flore algale de la rivière Mé, pour ce qui a pu être identifié, comprend au total 80 taxons appartenant à 4 embranchements : Cyanoprocaryota, Bacillariophyta, Euglenophyta, Chlorophyta (Tableau V). Sur ces taxons, certains sont communs aux deux saisons sur lesquelles ont été prélevés les échantillons. On observe que les Cyanoprocaryota dominant cette flore algale suivies des Euglenophyta qui ont une proportion presque identique à l'embranchement précédent. Puis suit les autres taxons dans l'ordre suivant : Chlorophyta et Bacillariophyta.

Résultats et discussion

En ce qui concerne le nombre de taxons par saison climatique, on observe que la petite saison sèche a enregistré le maximum de taxon contrairement à la saison pluvieuse qui n'a seulement enregistré de taxon (Cyanoprocaryota) que à la fin de la saison en juillet.

Tableau V : Différents embranchements et taxons de la flore algale identifiés par saison

	Taxons par Embranchement			
	Cyanoprocaryota	Bacillariophyta	Euglenophyta	Chlorophyta
saison pluvieuse (juillet)	Oscillatoria sp., Chroococcus sp.			
saison sèche (août)	oscillatoria sp., chroococcus sp., oscillatoria ornata, phormidium sp., Microcystis aeruginosa, Merismopedia glauca, Chroococcus turgidus	Aulacoseira granulata, Ulnaria ulna, Navicula sp.	Trachelomonas curta, Trachelomonas hispida, Trachelomonas volvocina, Euglena sp., Trachelomonas sp., Lepocinclis ovum, Phacus suecicus, Phacus longicauda	pediastrum duplex, Scenedesmus quadricauda, Pediastrum tetras, Cosmarium sp., Actinastrum hantzschii, Scenedesmus bernadii, Closterium sp., Staurastrum sp., Staurastrum gladiosum, Scenedesmus sp.

3.1.2.2. Analyse quantitative du phytoplancton

Les algues dans les eaux de la rivière Mé commencent à être observées vers la fin de la saison des pluies, plus précisément au mois de juillet avec une très faible densité. Par contre, pendant la saison moins pluvieuse, une grande prolifération du phytoplancton est observée avec la présence de tous les taxons (99, 47%). Au niveau de la densité, la totalité des algues est pratiquement concentrée dans le mois d'août. Le reste est enregistré au mois de juillet avec une densité négligeable (0,53%) ; tandis qu'au mois de mai et juin, aucune algue n'a été observé (Figure 9).

Résultats et discussion

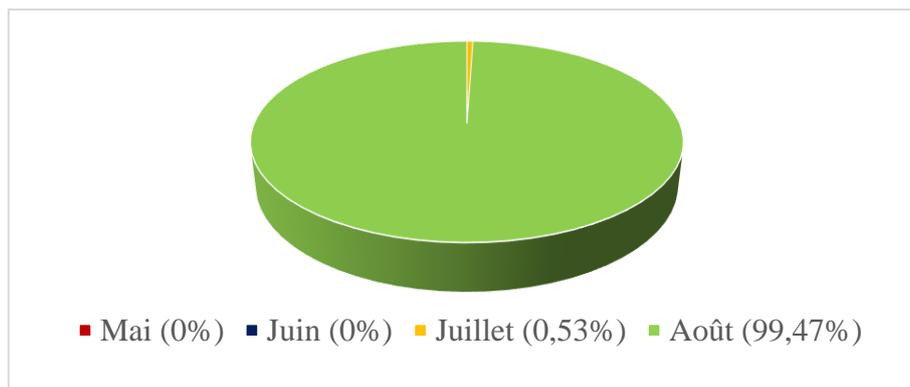


Figure 9 : Densité du peuplement algal de la rivière Mé pendant la période d'étude

3.1.3. Corrélations entre les paramètres

L'analyse en composantes principales a permis de déterminer les différentes corrélations existantes entre les paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques de la rivière Mé et aussi d'évaluer les principaux paramètres influençant la qualité de l'eau.

L'ACP réalisée a donné comme résultats une matrice de corrélation et un cercle de communauté. Le premier axe exprime 25,17% de la variance totale tandis que le deuxième exprime 17,66%. Les composantes (fact 1 et fact 2) expliquent 42,83% de la variation de l'ensemble des données. La matrice de corrélation obtenue pour l'ensemble des 15 variables étudiées figurent dans le tableau VI. L'analyse de cette matrice montre qu'il existe des corrélations positives et des corrélations négatives. On y distingue des corrélations significatives, moyennement significatives et non significatives. Il existe une très importante corrélation entre la couleur et les MES ($r=0,64$), les MES et la turbidité ($r=0,74$), les MES et l'oxydabilité ($r=0,70$), la turbidité et l'oxydabilité ($r=0,73$) et entre le Mg^{2+} et le Ca^{2+} ($r=0,61$). Une bonne corrélation existe aussi entre l'oxydabilité et la couleur ($r=0,52$) ainsi que la turbidité et la couleur ($r=0,48$). Aussi, on observe une corrélation significative mais négative entre la conductivité et le Mg^{2+} .

Résultats et discussion

Tableau VI : Matrice de corrélation entre les paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques

	température	Couleur	pH	MES	Total Fer (Fe)	Turbidité	Conductivité	Oxydabilité au KMnO4	NH4+	TAC	Ca2+	Mg2+	algues
température	1,00												
Couleur	-0,33	1,00											
pH	-0,44	-0,10	1,00										
MES	-0,07	0,64	0,00	1,00									
Total Fer (Fe)	-0,03	0,15	-0,25	0,30	1,00								
Turbidité	-0,23	0,47	-0,06	0,74	0,39	1,00							
Conductivité	-0,11	0,16	0,10	0,24	0,29	0,04	1,00						
Oxydabilité au KMnO4	-0,33	0,52	0,08	0,70	0,32	0,73	-0,23	1,00					
NH4+	0,02	-0,28	-0,12	0,00	0,22	0,19	-0,45	0,22	1,00				
TAC	-0,15	-0,08	0,24	0,01	-0,28	-0,30	0,37	-0,22	-0,24	1,00			
Ca2+	0,13	0,13	0,12	0,15	0,14	-0,05	0,12	-0,06	-0,23	0,38	1,00		
Mg2+	0,21	0,10	0,15	0,10	-0,34	-0,09	-0,48	0,05	-0,09	0,24	0,61	1,00	
algues	-0,02	-0,02	-0,19	-0,15	-0,23	-0,09	-0,31	0,01	0,17	0,17	-0,24	0,04	1,00

Résultats et discussion

Le cercle de communauté (Figure 10) montre que les paramètres déterminant du facteur 1 sont le fer, la turbidité, les matières en suspension, la couleur et les matières organiques (oxydabilité au KMnO_4). Ce facteur exprime la coloration de l'eau. Au vu de ces paramètres, nous pouvons conclure que cette coloration est principalement due au pluviolessivage. Quant au facteur 2, il est déterminé par le Ca^{2+} , le Mg^{2+} , le pH, le TAC et la conductivité. Ce facteur exprime alors la minéralisation globale de l'eau de la rivière Mé.

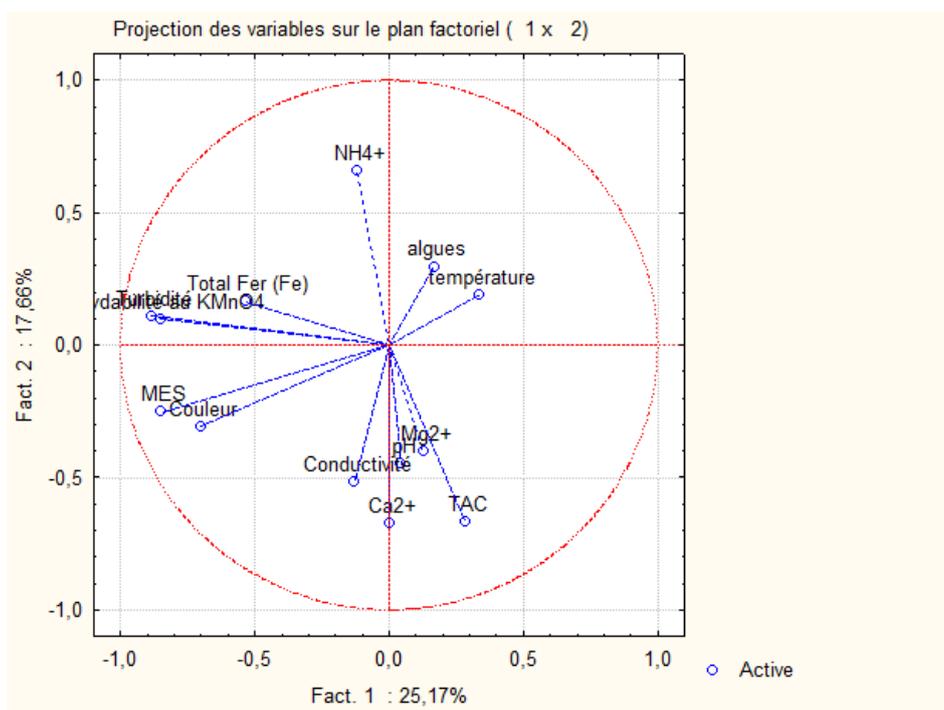


Figure 10 : Cercle de communauté des plans factoriels F1-F2

3.1.4. Qualité de l'eau de la rivière Mé à partir du SEQ-Eau

Pour l'évaluation de la qualité de l'eau, le tableau VII a été établi en fonction du SEQ-Eau. Il présente les valeurs moyennes des paramètres en fonction des seuils donnés par le SEQ-Eau.

Résultats et discussion

Tableau VII : Qualité de l'eau en fonction des seuils et classes de qualités pour les différents paramètres

Classe d'aptitude		Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
Indice d'aptitude		80	60	40	20	
		Très bonne	Bonne	Passable	Médiocre	Mauvais
Température	seuil	20 24	24 25,5	25,5 27	28	
	moyenne échantillon			25,96		
couleur	seuil	15	20	100	200	
	moyenne échantillon					294,67
pH	seuil	6,5 9				
	moyenne échantillon	6,77				
MES	seuil	2	50	2000	5000	
	moyenne échantillon		19,82			
Manganèse (Mn)	seuil					
	moyenne échantillon					
Total Fer (Fe)	seuil					
	moyenne échantillon					
Turbidité	seuil	1	35	1500	3750	
	moyenne échantillon		25,95	7		
Conductivité	seuil	180 2500	3000	3500	4000	
	moyenne échantillon	70,23				
Oxydabilité au KMnO4	seuil					
	moyenne échantillon					
Ammonium (NH4+)	seuil	0,5		1,5	4	
	moyenne échantillon		0,69			
Nitrate (NO3-)	seuil	2	10	25	50	
	moyenne échantillon	0,77				
TAC	seuil	8 40		3 75		
	moyenne échantillon			2,12		
Calcium (Ca)	seuil	32 160				
	moyenne échantillon	4,72				
Magnésium (Mg)	seuil	50	75	100	400	
	moyenne échantillon	2,25				
Algues	seuil	50	2500	50000	500000	
	moyenne échantillon	11	7			

On observe que la majorité des valeurs moyennes se retrouve dans la classe d'aptitude bleu et vert qui représente les eaux de très bonne qualité et de bonne qualité. On voit même que les valeurs moyennes du calcium et de la conductivité sont très inférieures aux valeurs seuils. Il y a aussi la température et le TAC qui se retrouve dans la classe passable mais cela est acceptable. Cependant, la valeur moyenne de la couleur de cette eau est largement au-dessus de toutes les

Résultats et discussion

valeurs seuils de ce paramètre. Alors, pour déterminer la qualité globale de cette eau, on s'appuie sur la classe de qualité de ce dernier paramètre. Par ailleurs, il ressort de la comparaison des valeurs moyennes de chaque paramètre avec leurs seuils recommandés par le SEQ-Eau que l'eau de la rivière Mé est de mauvaise qualité.

3.1.5. Résultats des essais de coagulation/floculation de l'eau de la rivière Mé

Les essais de coagulation-floculation ont été menés en juillet (détermination de la dose de coagulant) et en août 2019 (optimisation du pH et détermination de l'aluminium résiduel). Les caractéristiques de l'eau brute sont présentées dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Caractéristiques de l'eau brute soumise aux essais de coagulation-floculation (juillet 2019)

Paramètres	Valeurs
Température (T°C)	26,6
pH	6,67
Turbidité (NTU)	81,1
Absorbance UV ₂₅₄ (cm ⁻¹)	0,484

Dans ces essais, il s'agira d'optimiser le coagulant, le pH de la coagulation/floculation et de déterminer la concentration résiduelle de l'aluminium dans l'eau traitée. Les résultats obtenus au cours de nos manipulations sont présentés par des tableaux et des figures.

Notre démarche expérimentale nous a conduit à optimiser un paramètre à chaque manipulation, puis enregistrer les valeurs mesurées de la turbidité, du pH et de l'absorbance UV.

3.1.5.1. Dose optimale du coagulant (sulfate d'alumine : Al₂(SO₄)₃ 18H₂O)

Les valeurs de la turbidité ainsi que celles de l'absorbance UV₂₅₄ baissent avec l'augmentation de la dose de sulfate d'alumine. Cette baisse est observée jusqu'à une concentration de 50 mg/L et 60 mg/L de sulfate d'alumine, respectivement pour la turbidité et l'absorbance UV (Tableau XI).

Résultats et discussion

Tableau IX : Résultat optimisation de la dose du coagulant

Optimisation du coagulant (sulfate d'alumine)					
Concentration sulfate d'alumine (mg/l)	Turbidité de l'eau après filtration (NTU)	Absorbance UV de l'eau filtrée (cm ⁻¹)	pH	% de rabatement turbidité	% de rabatement absorbance UV ₂₅₄
10	1,95	0,358	6,53	97,60	26,03
20	1,76	0,298	6,43	97,83	38,43
30	1	0,192	6,08	98,77	60,33
40	0,46	0,117	5,87	99,43	75,83
50	0,32	0,077	5,65	99,61	84,09
60	0,27	0,076	5,23	99,67	84,30
70	0,27	0,078	5,09	99,67	83,88
80	0,36	0,084	4,59	99,56	82,64
90	0,35	0,087	4,29	99,57	82,02
100	0,32	0,093	4,1	99,61	80,79

La turbidité baisse jusqu'à atteindre la valeur de 0,27 NTU avec une valeur initiale de 2 NTU. Les valeurs de l'absorbance UV₂₅₄ baissent jusqu'à atteindre 0,076 cm⁻¹ pour une valeur initiale de 0,36 cm⁻¹. Au-delà des concentrations respectives de 50 mg/L et 60 mg/L, les valeurs de la turbidité et de l'absorbance augmentent.

Le taux de rabatement calculé pour la turbidité donne, pour les doses respectives de 50 mg/L et 60 mg/L de sulfate d'alumine, 99,61% et 99,67%. De même, celui de l'absorbance UV₂₅₄ donne respectivement pour les mêmes doses 84,09% et 84,3%. Le taux de rabatement est présenté par la figure 11.

Résultats et discussion

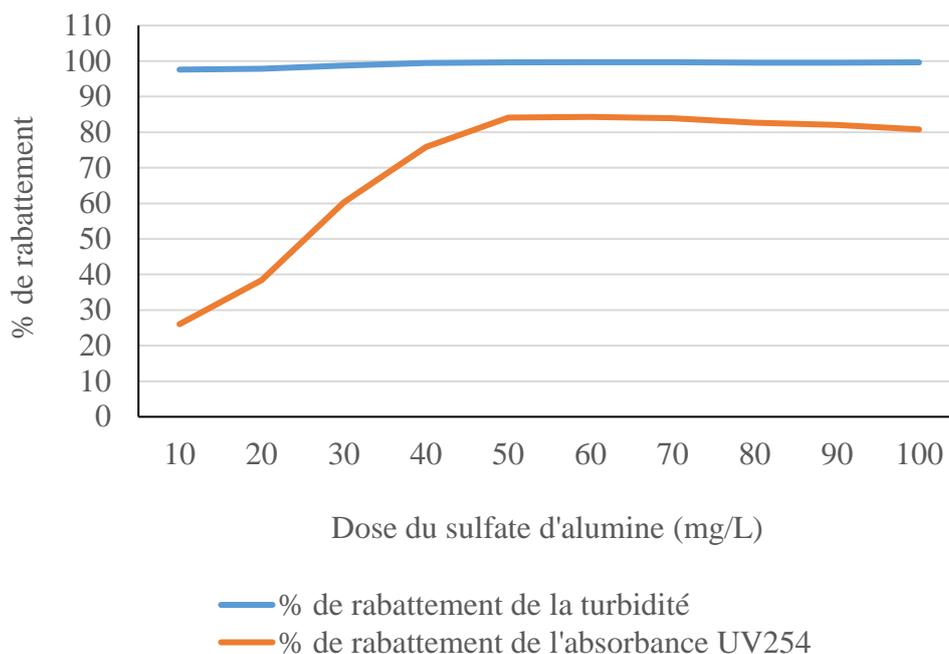


Figure 11 : Taux de rabattement de la turbidité et de l'absorbance UV254 en fonction du sulfate d'alumine ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)

Tout comme les valeurs de la turbidité et de l'absorbance UV₂₅₄, les valeurs du pH décroissent avec l'augmentation de la dose du coagulant (Figure 12). Alors, il est nécessaire de déterminer un pH optimum auquel on obtient de meilleurs résultats.

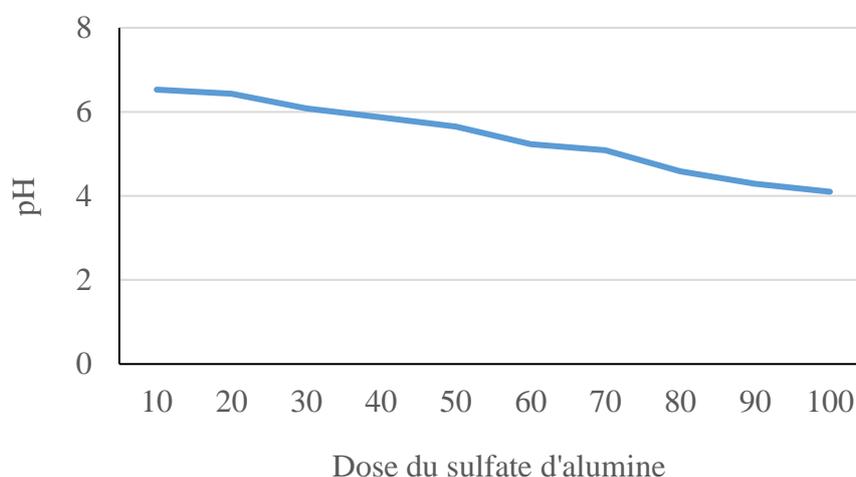


Figure 12 : Variation du pH en fonction de la dose de sulfate d'alumine

3.1.5.2. pH optimal

Les tests ont été réalisés à la dose de sulfate d'alumine de 50 mg/L. L'évolution des taux d'élimination de la turbidité des eaux de la rivière Mé (Tableau X) en fonction des valeurs de

Résultats et discussion

pH montre que le pH influence le rendement d'abattement de la turbidité. Les abattements optimaux de la turbidité (97,72 %) sont obtenus à pH 5,5.

Tableau X : Résultat de l'optimisation du pH et de l'aluminium résiduel

	Optimisation pH						
Dose de coagulant	50	50	50	50	50	50	50
pH imposé	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
Turbidité	2,83	1,72	1,67	1,69	1,91	1,98	2,22
Absorbance UV254	0,201	0,131	0,118	0,111	0,098	0,128	0,158
Aluminium résiduel	1,912	0,71	0,602	0,172	0,126	0,177	0,201

L'absorbance UV₂₅₄ présente également des taux de rabatement qui évoluent en fonction du pH (Figure 13). La valeur du pH optimal pour le rabatement de l'absorbance UV₂₅₄ est de 82,41% à pH 5,5.

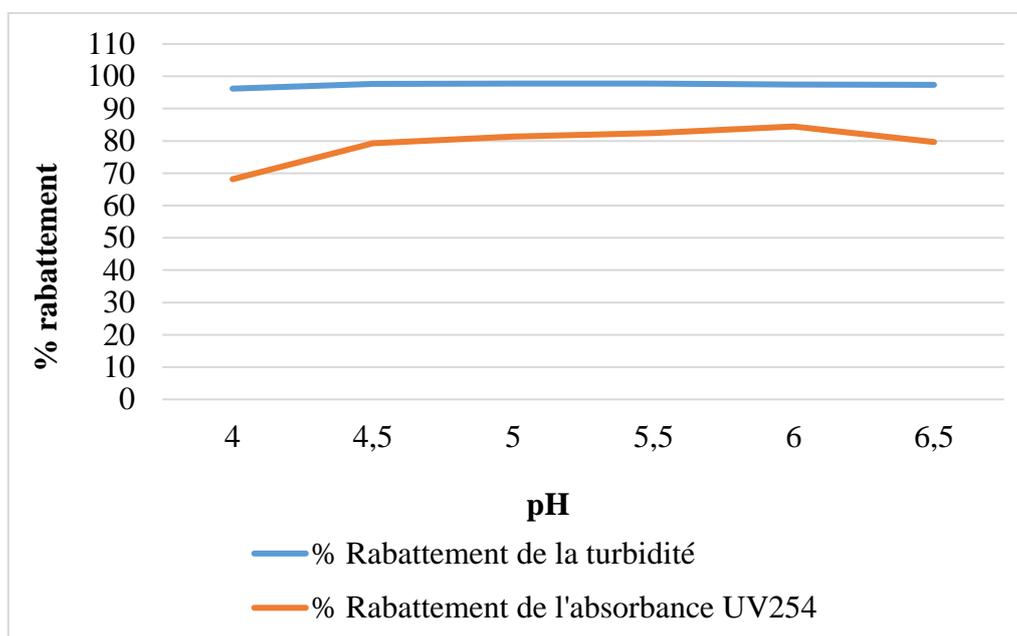


Figure 13 : Taux de rabatement de la turbidité et de l'absorbance UV254 en fonction du pH

3.1.5.3. Aluminium résiduel soluble

La mesure de l'aluminium résiduel dans l'eau clarifiée après le processus de coagulation-floculation est également un moyen de déterminer l'efficacité du traitement. Les concentrations

Résultats et discussion

d'aluminium résiduel décroissent avec l'augmentation du pH dans les eaux de la Mé. La plus faible valeur d'aluminium résiduel obtenue à pH 5,5 est 0,172 mg/L. Les mesures sont représentées par la figure 14.

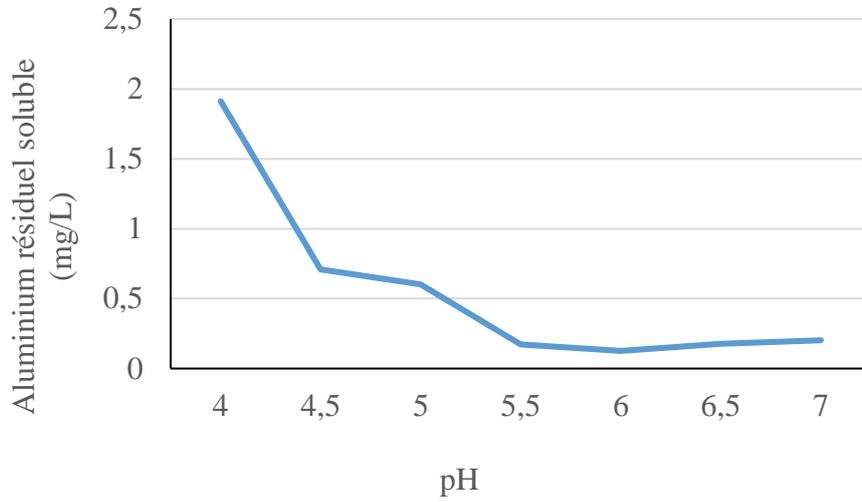


Figure 14 : Variation de l'aluminium résiduel soluble en fonction du pH

Résultats et discussion

3.1. Discussion

3.1.1. Caractéristiques physico-chimiques et hydrobiologiques des eaux de la rivière Mé et qualité de cette eau

L'étude des différents paramètres des eaux de la rivière Mé a permis de caractériser sa qualité physico-chimique. En effet, la rivière Mé est caractérisée par des valeurs élevées de MES pendant la saison des pluies. Cela pourrait s'expliquer par l'arrivée des eaux continentales dans la rivière due au ruissellement pendant cette saison (Brière, 2012). En effet, les eaux de la rivière Mé sont renouvelées à partir des eaux de pluviolessivage. Ces eaux continentales vont entraîner une quantité importante de MES. Ces mêmes constats ont été fait par Goné *et al.* (2008) qui ont travaillé sur le traitement des eaux de surface en milieu tropical et Diabaté (2014) qui a travaillé sur la qualité physico-chimique de l'eau de la retenue de Gagnoa.

Les fortes concentrations de ces particules réduisent la transparence de l'eau augmentant ainsi la turbidité et donnant une couleur jaunâtre et rougeâtre aux eaux de la rivière. Ce résultat corrobore avec celui de plusieurs auteurs dont Koné (2008) dans les mangroves du Viêt Nam et les rivières et lagune de la Côte d'Ivoire et Yao (2009) dans les eaux de la lagune Ebrié (Sud de la Côte d'Ivoire). La rivière est aussi enrichie par les eaux usées des villages situés dans ses environs. Il ne faut pas exclure l'hypothèse selon laquelle les exploitations aquacoles peuvent être une source d'apport important en nutriment au travers des aliments et des déchets de ces élevages (Merceron *et al.*, 2002). Tous ces résultats pourraient s'expliquer par les grandes corrélations qui existent entre la turbidité, la couleur et les MES. Ces coefficients de corrélation étant positifs permettent de conclure que ces paramètres évolueraient dans le même sens, c'est-à-dire une augmentation de l'un induirait une augmentation des autres et vice-versa.

Concernant l'oxydabilité au KMnO_4 , les concentrations varient de 6,34 mgO_2/l à 38,4 mgO_2/l . Selon Jestin (2002), les eaux de surface présentent en général une oxydabilité comprise entre 3 et 12 mg/l d'O_2 . Cependant ce paramètre correspond à l'oxydation des matières organiques par le permanganate de potassium. Alors, sa grande teneur dans l'eau pourrait aussi être due aux eaux de pluviolessivage.

Les eaux de la rivière Mé ont une température basse qui varie entre 23,2°C et 27°C. Cette température correspond aux variations saisonnières des températures atmosphériques ambiantes (Ahoussi *et al.*, 2011). Les écarts entre le minimum et le maximum sont variables, on note une différence de 3,8°C. Cette fourchette de température pourrait être due à la durée de stagnation de l'eau mais aussi à la source de provenance des eaux de lessivage. Cette

Résultats et discussion

interprétation rejoint celle de El Ouali *et al.* (2010) qui a travaillé sur des eaux de surface dans la ville de Fès au Maroc. Au regard de la totalité des valeurs, on constate qu'il n'y a pas assez de variation au niveau de ce paramètre.

Le pH de cette eau oscille entre 6,5 et 8,5 hormis deux valeurs isolées (2,25 et 5,67) qui donne un pH très acide. Il pourrait être dû aux compositions des eaux de ruissellement (relativement à la présence importante de matières organiques) que la rivière reçoit mais aussi à la nature du substratum géologique qu'elle traverse. En effet, la composition géologique du substratum influence beaucoup l'équilibre acido-basique de l'eau. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac (Tfeil *et al.* 2018). Cela pourrait expliquer les faibles teneurs de cette eau en nitrate et en ammonium. Aussi, la présence de ces composés minéraux pourrait être due aux eaux de lessivage. En effet, l'atome principal du nitrate et de l'ammonium qui est l'azote (N) fait partir de la composition des engrais et certains produits à utilisation domestique. Pourtant, parmi les différentes occupations du sol du bassin versant de la Mé, il y'a des villages et des zones de culture (Yéo, 2015). Cependant, on constate qu'au niveau de ces nutriments, les concentrations sont plus élevées pendant la saison sèche que la saison pluvieuse. Cela peut s'expliquer par le fait que les saisons de pluies étant les périodes de crue de la rivière Mé, toutes les eaux de lessivage ne sont pas stockées dans la rivière mais sont plutôt drainées vers la lagune Aghien transportant ainsi la plus grande partie de ces matières nutritives (Yéo, 2015).

Toujours dans l'étude des caractéristiques physico-chimiques de cette eau, il a été observé que les teneurs en fer total de l'eau de la rivière se trouvent dans l'intervalle [2,3-5,01] mg/L et que celles du manganèse sont toutes inférieures à 0,05 mg/L. Nous constatons que les concentrations du fer sont très élevées mais celles du manganèse sont faibles. La présence de ces éléments dans cette eau pourrait être due aux eaux de pluvio-lessivage et aux rejets domestiques ruraux. Selon Ouattara (2014), la réduction bactérienne des hydroxydes de fer et la dégradation de la matière organique sont les principales causes de la concentration élevée du fer et du manganèse dissous dans l'eau.

Quant à la conductivité, au Ca^{2+} et au Mg^{2+} , il faut noter que leurs valeurs sont basses. Le calcium et le magnésium sont des ions métalliques indicateurs de la minéralisation d'une eau. La conductivité d'une eau traduit aussi sa minéralisation, alors le constat dans le cas de la rivière Mé est que cette eau n'est pas beaucoup minéralisée. Les faibles valeurs de la conductivité pourraient être dues aux pressions animales et à l'évaporation de l'eau étant donné qu'on est

Résultats et discussion

dans une zone forestière et que les valeurs sont légèrement plus élevées pendant la saison pluvieuse que pendant la saison sèche. Cela corrobore avec les résultats de Tfeil *et al.* (2018) qui stipulent que l'écart important de conductivité qui se révèle à travers la comparaison entre période froide et période chaude peut être expliqué par la diminution de la quantité d'eau des mares et l'accumulation des déchets animaux ; ces eaux de surface ne sont pas protégées et restent exposées à l'évaporation et à l'exploitation domestique et animale, tant de facteurs qui influent sur la conductivité. Par ailleurs, la faible présence des minéraux pourrait être due à la nature du substrat traversé.

Les résultats de mesure du TAC, représentant les ions hydrogénocarbonates et carbonates, donnent de faibles valeurs. Ils indiquent que la présence de ces composés dans l'eau est moindre. Cela pourrait être dû à la faible teneur du milieu en matière organique ou la nature du substratum géologique traversé par les eaux de ruissellement rejoignant la rivière. En effet, les ions carbonates et hydrogénocarbonates ne sont pas présents naturellement dans l'eau. Cette interprétation corrobore avec celle de Oga *et al.* (2010) qui a mené une étude à Katiola : Centre-Nord de la Côte d'Ivoire.

Par ailleurs, les analyses ont aussi permis de déterminer des algues ayant proliféré dans l'eau de la rivière Mé. Ces espèces ont été observées à partir du mois de juillet jusqu'au mois d'août. Sur cette période, environ 1522 cellules ont été observées (la majorité pendant le mois d'août). Quarante-vingt (80) taxons ont été identifiés suite aux analyses effectuées. Ces taxons appartiennent à 4 embranchements dont Cyanoprocyota, Bacillariophyta, Euglenophyta, Chlorophyta. Au vue de la période d'apparition de cette flore algale (fin saison pluvieuse ; début petite saison sèche), on pourrait dire qu'elle est due aux processus biologiques tels que les cycles complets de reproduction et de développement des algues. Cette prolifération algale en relation avec la stabilité des eaux corrobore avec les constats de Komoé *et al.* (2009). Les embranchements qu'on a identifiés sont caractéristiques des milieux riches en nutriments et cela pourrait s'expliquer par le rejet des eaux usées domestiques non traitées et riches en éléments nutritifs dans le cours d'eau ainsi que les apports en éléments azotés et phosphorés du bassin versant drainés par les eaux de pluies (Yéo, 2015).

3.1.2. Test du système de traitement de l'eau de la rivière Mé

Pour la potabilisation de l'eau de la rivière Mé, un traitement physico-chimique est préconisé et ce traitement se fera en plusieurs étapes. Les éléments influençant la qualité de cette eau sont principalement les MES, la turbidité, la couleur. Alors, les procédés proposés sont essentiellement pour la normalisation de ces paramètres. Le choix du sulfate d'alumine comme

Résultats et discussion

coagulant est basé sur un certain nombre de critères dont l'élimination des matières organiques présents naturellement dans l'eau, la destruction des micro-organismes nocifs, le second rôle de flocculant, la non coloration de l'eau par oxydation et le coût relativement bas (Mekkaoui, 2012). Hormis tous ces critères de choix, il y a aussi le fait qu'il sera facile à trouver car il est utilisé par la majorité des usines de potabilisation de l'eau en Côte d'Ivoire. Ainsi, pour éliminer les microparticules en suspension dans l'eau, un essai de clarification a été effectué. Une dose optimum de coagulant ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) a été déterminée. Des pourcentages de rabattement ont été calculés. On a observé que pour une bonne clarification, la dose optimum de sulfate d'alumine tourne autour de 50 mg/L et 60 mg/L pour 800mL d'eau brute. Pour une meilleure optimisation de ce procédé, un essai a été effectué afin de déterminer le pH auquel on obtiendrait une clarification meilleure. Après les essais, des pourcentages de rabattement ont aussi été calculés. Et, un bon résultat a été obtenu pour la dose de 50 mg/L de $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ pour 800 mL d'eau brute à pH = 5,5. A la fin de l'essai de ce procédé, l'eau qui sort est limpide et dépouillée de pratiquement toutes ses microparticules. Cependant, l'aluminium résiduel a été déterminé car il y a une valeur seuil recommandé par l'OMS (0,2 mg/L).

Aussi, le choix de la dose du coagulant s'est fait à partir des valeurs recommandées par l'OMS pour la turbidité (< 5 NTU), la couleur (< 15 UVC).

CONCLUSION

Conclusion

L'objectif de cette étude était de proposer un traitement optimal pour la potabilisation des eaux de la rivière Mé. Pour ce faire, la qualité physico-chimique et hydrobiologique de ces eaux ont été évaluées. A l'issue de ce travail, il ressort que l'eau de la rivière Mé est de mauvaise qualité. Cette qualité est principalement due au pluvio-lessivage du bassin versant de la Mé et aux apports domestiques. On constate, peu de variations mensuelles des paramètres physico-chimiques. L'ACP réalisé a permis de conclure que certains de ces paramètres tels que la turbidité, la couleur, les MES, les matières organiques (MO) sont corrélées. Le pourcentage de la densité algale est plus important au mois d'août (début de la petite saison sèche) par rapport au mois de juillet (fin de la saison de pluie). Par ailleurs, la prolifération des algues doit être inhibée. Aussi, au vu de sa qualité, cette eau a besoin d'un traitement pour la rendre potable. Concernant le processus de potabilisation de ces eaux, un essai de clarification a été menée. Pour la dose optimale du sulfate d'alumine, le résultat obtenu est 50 mg/L pour 800 mL d'eau brute. Concernant le pH optimum de la coagulation/floculation et l'aluminium résiduel, le résultat retenu est pH = 5,5 qui permet d'obtenir une bonne concentration d'aluminium résiduel (0,172 mg/L).

En perspective, nous proposons qu'en plus du procédé de clarification des eaux de la rivière Mé, une filière de traitement complète est nécessaire. Elle pourrait comprendre :

- une pré-chloration afin d'empêcher toute prolifération algale dans les conduites d'adduction ;
- une aération par cascades qui permettra l'oxydation du fer pour sa normalisation ;
- une clarification par Actiflo afin d'améliorer encore plus le traitement ;
- une étape d'affinage à partir du charbon actif afin d'améliorer le goût et l'odeur de l'eau traitée et aussi un ajustement du pH avec l'eau de chaux ;
- une désinfection en fin de chaîne pour éliminer tout micro-organisme encore présent dans l'eau.
- une étape de séchage de boues sera mise en parallèle avec la clarification afin de traiter les boues qui seront produites à la fin de ce procédé.

Par ailleurs, il serait aussi judicieux de suivre de près la variation de la qualité de l'eau de la rivière Mé pour une adaptation du traitement et pour prévenir un risque de pollution. En effet, une grande pollution de ces eaux pourrait avoir des répercussions sur le coût du traitement. Ce suivi sera possible par :

Conclusion

- Une réglementation des produits utilisés pour les activités telles que l'élevage, la pêche, l'agriculture pratiquées sur le bassin versant ;
- Le traitement des effluents domestiques avant leur rejet dans la nature ;
- Un encouragement de la prolifération d'une ripisylve le long des berges du cours d'eau ;
- Une sensibilisation des populations à la non destruction de l'écosystème aquatique dans la zone.

REFERENCES

Références

Ahoussi K.E., Soro N., Kouassi A.M., Soro G., Koffi Y.B., Zadé G.P.S. (2010). Application des méthodes d'analyses statistiques multivariées à l'étude de l'origine des métaux lourds (Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+}) dans les eaux des nappes phréatiques de la ville d'Abidjan. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(5) : 1753-1765.

Ahoussi K.E., Oga Y.M.S., Koffi Y.B., Kouassi A.M., Soro N. & Biemi J. (2011). Caractérisation hydrogéochimique et microbiologique des ressources en eau du site d'un Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Côte d'Ivoire : cas du CET de Kossihouen dans le District d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(6) : 2524-2542.

Anonyme 1 : PFO Africa, <https://www.pfoafrica.com>

Anonyme 2 : <https://www.franceenvironnement.com/sous-rubrique/traitement-par-potabilisation-de-l-eau>

Avenard J.M. (1971), Aspect de la géomorphologie. In : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. *Mémoire ORSTOM n° 50*, 13-48.

Boukili E.M. (2015). Essais de coagulation-floculation (jar test). Mémoire de Licence, Faculté des Sciences et Techniques, Département de chimie, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, 36 p.

Brière F.G. (2012). Distribution et collecte des eaux. *Presses internationales polytechnique*. 598 p. ISBN 978-2-553-01645-5

Diabagaté A., Konan G.H. & Koffi A. (2016). Stratégies d'approvisionnement en eau potable dans l'agglomération d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Geo-Eco-Trop*, 4 : 345-360.

Diabaté V. (2014). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de la retenue de Gagnoa. Mémoire de Master, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 51 p.

El Ouali L.A., Merzouki M., El Hillali O., Maniar S. & Ibsouda K.S. (2010). Pollution des eaux de surface de la ville de Fes au Maroc : typologie, origine et conséquences. *Larhyss Journal*, 9 : 55-72.

Gao B. & Yue Q. (2005). Effect of $\text{SO}_4^{2-}/\text{Al}^{3+}$ ratio and $\text{OH}^-/\text{Al}^{3+}$ value on characterization of coagulant polyaluminium chloride sulfate (PACS) and its coagulation performance in water treatment. *Chemosphere*, 61 : 579-584.

Références

Goné D.L. (2010). Matières organiques naturelles dans les eaux de surface du bassin versant de l'Agneby : Caractérisation et élimination par coagulation floculation au cours de la production d'eau potable. Thèse d'Etat en Sciences et Gestion de l'Environnement, UAA-CI, 257 p.

Goné D.L., Kamagaté B. & Ligban R. (2008). Coagulation- flocculation of a tropical surface water with alum for dissolved organic matter (DOM) removal : Influence of alum dose and pH adjustment. *International Journal of Environment Sciences applied*, 3(4) : 247-257.

Guerrien M. (2003). L'intérêt de l'analyse en composantes principales (ACP) pour la recherche en sciences sociales. *Cahiers des Amériques latines*, 43 : 181-192.

Guillaumet J.L. & Adjanohoun E. (1971) La végétation. In le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. *Mémoire ORSTOM* n° 50, 208-221.

Hadef D. & Hasni M. (2017). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana W.Ain Defla. Mémoire de Master, Faculté des Sciences et de la Technologie, Département des Sciences de la Matière, Université Djilali Bounaâma (Khemis Miliana, Algérie), 84 p.

Hawa S. (2002). Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S. des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001. Thèse de Doctorat d'état en Pharmacie, 77 p.

Jestin E. (2002). La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaires. Agence de l'eau Seine-Normandie. 34 p.

Koffi K.J-P., N'Go Y.A., Yéo K.M., Koné D. & Savané I. (2014). Détermination des périmètres de protection de la lagune Aghien par le calcul du temps de transfert de l'eau jusqu'à la lagune. *Larhyss Journal*, 19: 19-35.

Koffi J.T.K., Perrin J.L., Seguis L., Kamagate B. & Gone L.D. (2018) Comparative study of physicochemical parameters and dissolved heavy metal dynamics in tropical waters (Bété, Mé, Djibi Rivers and Aghien lagoon) in south of Ivory Coast, West Africa. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 39 : 180-193.

Komoé K., Da K.P. & Kouassi A.M. (2009). Seasonal Distribution of Phytoplankton in Grand-Lahou Lagoon (Côte d'Ivoire). *European Journal of Scientific Research*, 26 (3) : 329-341.

Références

- Konan S.K., Kouakou B.K., Ohou M-J., Konan F.K. & Dongui K.B. (2017). Variation saisonnière des paramètres abiotiques de la lagune Aghien (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 120 : 12042-12052
- Koné Y.J-M. (2008). Dynamics of carbon dioxide and methane in the mangroves of Vietnam, and the rivers and the lagoons of Ivory Coast. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université de Liège, Belgique, 205 p.
- Kouassi A.K., Kouassi F.W., Mangoua J.O.M. & Savane I. (2014). Modèle conceptuel de l'aquifère du Continental Terminal d'Abidjan. *International Association of Hydrological Sciences*, 363 : 256-262.
- Kouassi W.F., Mangoua O.M.J., Kouassi K.A., Kouadio Z.A., ALLE P.H. & Goula B.T.A. (2017). Caractéristiques hydrogéochimiques des aquifères fissurés de la région d'Odienné, Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE*, 13(3) : 30-42.
- Lagnika M., Ibikounle M., Montcho J-P.C., Wotto V.D. & Sakiti N.G. (2014). Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè (Bénin, Afrique de l'ouest). *Journal of Applied Biosciences*, 79 : 6887-6897.
- Matini L, Moutou J.M & Kongo-Mantono M.S. (2009). Evaluation hydro-chimique des eaux souterraines en milieu urbain au Sud-Ouest de Brazzaville, Congo. *Afrique SCIENCE*, 5(1) : 82-98.
- Mekkaoui M. (2012). Analyses chimiques et étude de l'action du sulfate d'alumine sur l'Eau Brute. Mémoire de Licence, Faculté des Sciences et Techniques, Département de chimie, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, 35 p.
- Menció, A. & Mas-Pla J. (2008). Assessment by multivariate analysis of groundwater-surface water interactions in urbanized Mediterranean streams. *Journal of Hydrology*, 352(3-4) : 355-366.
- Merceron M., Kempf M., Bentley D., Gaffet J.D., Le Grand J. & Lamort-Datin L. (2002). Environmental impact of a salmonid farm on a well flushed marine site. I. Current and water quality. *Journal of Applied Ichthyology*, 18 : 40-50.
- Oga M.S., Gnamba F.M., Lasm T., Gngangne T., Baka D., Soro N. & Biemi J. (2010). Caractérisation physico-chimique des eaux souterraines de Katiola (Centre-Nord de la Côte d'Ivoire). *BIOTERRE, Rev. Inter. Sci.de la Terre*, 10 : 7-25.

Références

OMS, Directives de qualité pour l'eau de boisson, Quatrième édition, Genève, Suisse, (2011) 307-447

Ouattara F. (2014). Dynamique temporelle du fer et du manganèse dans la retenue d'eau alimentant la ville de Korhogo et impact(s) sur les intrants chimiques utilisés pour la production d'eau potable. Mémoire Master, UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 57 p.

Ouattara N.K., Kouamé C-K.Y., Kamagaté B., Droh L.G., Ouattara A. & Gourène G. (2018). Impact of faecal bacteria contamination on drinking water supply in Aghien Lagoon, Abidjan, Ivory Coast. *African Journal of Microbiology Research*, 12(42) : 965-972.

Servais P., Billen G., Garcia-Armisen T., George I., Goncalvez A. & Thibert S. (2009). La contamination microbienne dans le bassin de la Seine. Edition. Agence de l'Eau Seine Normandie. 50 p. ISBN : 978-2-918251-07-1.

Soro N. (1987). Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique du Sud-Est de la Côte d'Ivoire : Bassin versant de la Mé. Thèse de Doctorat en Géologie Appliquée, Université scientifique, technologique et médicale de Grenoble, 94 p.

Soro G., Metongo S.B., Soro N., Ahoussi K.E., Kouamé K.F., Zade S.G.P. & Soro T. (2009). Métaux lourds (Cu, Cr, Mn et Zn) dans les sédiments de surface d'une lagune tropicale africaine : cas de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3(6) : 1408-1427.

Tfeil H., Mahfoudh M., Mhamed B.A.M., Aliyen A., Yarba L. & Hmeyada A.M.V. (2018). Caractérisation Physico-Chimique Des Eaux De Surface Et Étude De La Diversité Ichtyologique De Quelques Zones Humides Continentales En Mauritanie. *European Scientific Journal*, 14(6) : 83-101.

Traoré A., Soro G., Kouadio E.K., Bamba B.S., Oga M.S., Soro N. & Biémi J. (2012). Évaluation des paramètres physiques, chimiques et bactériologiques des eaux d'une lagune tropicale en période d'étiage : la lagune Aghien (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6 (6) : 7048-7058.

Yao K.M. (2009). Contribution à l'étude de paramètres physico-chimiques des eaux de la lagune Ebrié dans la zone d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Cocody, 155 p.

Références

Yéo K.M. (2015). Dynamique spatiale et temporelle des caractéristiques chimiques des eaux et des sédiments, et statut trophique du système lagunaire périurbain Adjin-Potou (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 190 p.

Yéo K.M., Goné D.L., Kamagaté B., Douagui G.A. & Dembélé A. (2015). Seasonal and Spatial Variations in Water Physicochemical Quality of Coastal Potou Lagoon (Côte d'Ivoire, West Africa). *Journal of Water Resource and Protection*, 7 : 741-748

ANNEXES

Annexes

Annexe 1 : Données physico-chimiques et hydrobiologiques (mai-août 2016)

Paramètres	Température	Couleur	pH	MES	Manganèse (Mn)	Total Fer (Fe)	Turbidité	Conductivité	Oxydabilité au KMnO4	NH4+	NO3-	TAC	Ca2+	Mg2+	algues
Jours d'échantillonnage															
Jour 1	26,8	301	6,08	13	<0,05	4,08	20,7	79,8	16,2	0,56	<0,3	3,1	5,55	2,34	
Jour 2	26,2	306	6,01	11	<0,05	4,21	17,5	81,1	19,4	0,49	<0,3	3,2	5,89	2,43	
Jour 3	26,8	280	6,37	10	<0,05	4,54	21,4	72,3	17,6	0,5	<0,3	2,5	5,73	2,4	
Jour 4	26,5	266	6,39	12	<0,05	4,41	20,6	76,4	9,6	0,57	<0,3	2,5	5,77	2,43	
Jour 5	26,9	239	7,61	11	<0,05	3,42	18,6	72	6,34	0,42	<0,3	2,6	5,1	2,27	
Jour 6	26,5	237	7,38	10	<0,05	3,54	18,3	74,8	12,7	0,45	<0,3	2,6	5,23	2,31	
Jour 7	26,7	217	7,08	10	<0,05	2,91	14,7	68,7	10,6	0,03	<0,3	1,7	3,65	1,61	
Jour 8	26,1	197	7,12	9	<0,05	2,82	13,8	64,5	9,79	<0,02	<0,3	2	3,99	1,81	
Jour 9	26	244	6,25	36	<0,05	2,58	22,5	60,6	15,2	0,65	<0,3	2,1	4,53	1,8	
Jour 10	27	342	6,25	55	<0,05	3,24	25,4	61,6	17,6	0,56	<0,3	2	3,84	1,73	
Jour 11	26,8	294	6,78	13	<0,05	2,83	18,9	89,7	14,5	0,47	0,12	2,05	4,24	1,85	
Jour 12	26,6	343	6,85	18	<0,05	2,83	23	62,9	17,7	0,48	0,31	2	4,45	1,76	
Jour 13	24,9	419	7,13	23	<0,05	3,77	32,9	30,2	9,67	1,47	<0,3	1,4	3,56	1,71	

Annexes

Jour 14	25	427	7,7 3	23	<0,05	3,84	31,1	167	9,82	2,43	<0,3	1,2	3,89	1,82	
Jour 15	26,1	246	2,2 5	17	<0,05	3,48	25,1		32,8	0,8	<0,3	0	4,05	1,7	
Jour 16	26,2	388	5,6 7	15	<0,05	3,5	21,9	59,7	34,4	0,98	<0,3	1,5	4,27	1,83	
Jour 17	26,5	436	6,9 3	45	<0,05	4,01	49,8	57,1	33,6	0,71	<0,3	1,8	3,85	1,88	
Jour 18	26,4	418	6,7	40	<0,05	4,17	48,8	61,5	38,4	0,58	<0,3	2	3,79	1,77	
Jour 19	26,2	416	6,4 7	25	<0,05	4,62	35,5	69,5	19,2	0,84	<0,3	2	5,13	2,29	<1
Jour 20	26,4	319	6,5 2	35	<0,05	3,9	46,4	73,3	22,4	0,88	<0,3	2,25	5,12	2,21	<1
Jour 21	23,5	314	7,7 5	24	<0,05	3,83	52	71,4	20	0,36	<0,3	2,1	5,14	2,12	<1
Jour 22	23,2	371	7,6 1	30,4	<0,05	4,01	30,4	70,2	27,2	0,32	0,8	2,3	4,99	2,25	<1
Jour 23	26,1	232	6,7 9	11	<0,05	4,31	18,7	75	8,97	0,4	<0,3	2,25	7,31	2,05	<1
Jour 24	26,1	265	6,9	17	0,0561	5,01	24,3	79,9	10,6	0,47	<0,3	2,35	5,77	2,52	<1
Jour 25	26,1	239	7,2 5	21	<0,05	4,08	21,9	80,1	12,5	0,69	<0,3	2,3	5,1	2,24	<1
Jour 26	26,1	273	7,0 7	24	<0,05	4,1	24,3	93,1	7,5	0,76	0,6	2,25	5,18	2,27	<1
Jour 27	27	255	7,6 6	21	<0,05	2,34	20,7	83,1	11,3	0,74	<0,3	2,35	5,37	2,43	31
Jour 28	26,7	288	7,2 1	21	<0,05	2,3	23,7	31,7	16,2	0,77	<0,3	2,3	7,23	8,12	178
Jour 29	24,8	311	6,8 1	16	<0,05	2,38	25,3	72,2	8,8	0,96	<0,3	2,45	4,58	2,19	215
Jour 30	25	290	6,8 8	18	<0,05	2,51	24	71	10,4	0,89	0,7	2,25	3,73	2,04	186

Annexes

Jour 31	25,1	254	7,5 1	9	<0,05	3,2	14,6	67,3	9,6	0,84	<0,3	2,3	4,73	2,51	181
Jour 32	24,5	232	7,1 4	7	<0,05	3,06	13,03	65,6	11,2	0,71	2,1	2,3	4,79	2,44	28
Jour 33	26,7	231	6,9 2	10	<0,05	3,12	18,8	48,3	9,12	0,42	<0,3	1,9	3,28	1,59	2
Jour 34	26,2	247	6,8 5	12	<0,05	3,02	19,2	55,4	14,6	0,48	<0,3	2,2	3,29	1,43	423
Jour 35	25,7	220	6,9	19	<0,05	4,33	35,6	40,4	19,6		<0,3	2,1	3,91	1,92	191
Jour 36	25,9	251	6,9 9	22	<0,05	4,09	40,8	70,6	21,2	0,62	<0,3	2,2	3,95	1,89	79

Annexe 2 : Espèces d'algues identifiées en fonction des périodes de l'année

Mois	Période	Espèces d'algues trouvées
juillet	Jour 20	<i>Aphanocapsa grevillei</i>
	Jour 21	<i>Oscillatoria sp.</i>
	Jour 22	<i>Limnothrix sp.</i>
	Jour 23	<i>Limnothrix sp.</i>
	Jour 24	<i>Chroococcus sp.</i>
	Jour 25	<i>Aphanocapsa grevillei</i>
	Jour 26	<i>Oscillatoria sp.</i>
août	Jour 27	<i>Coelomoron sp.</i> , <i>Oscillatoria ornata</i> , <i>Phormidium sp.</i> , <i>Euglena sp.</i> , <i>Trachelomonas curta</i> , <i>Trachelomonas hispida</i> , <i>Trachelomonas volvocina</i> , <i>Pediastrum duplex</i> , <i>Scenedesmus quadricauda</i> , <i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Phacus longicauda</i> , <i>Navicula sp.</i> , <i>Ulnaria ulna</i>

Annexes

Jour 28	<i>Microcystis aeruginosa, Oscillatoria sp., Phormidium sp., Euglena sp., Trachelomonas hispida, Pediastrum tetras, Scenedesmus quadricauda, Aulacoseira granulata, Ulnaria ulna</i>
Jour 29	<i>Microcystis aeruginosa, Planktothrix sp., Euglena sp., Trachelomonas hispida, Trachelomonas sp., Aulacoseira granulata, Ulnaria ulna</i>
Jour 30	<i>Microcystis aeruginosa, Oscillatoria sp., Phormidium sp., Trachelomonas sp., Trachelomonas hispida, Cosmarium sp., Actinastrum hantzschii, Scenedesmus bernadii, Scenedesmus quadricauda, Ulnaria ulna</i>
Jour 31	<i>Microcystis aeruginosa, Oscillatoria sp., Phormidium sp., Euglena sp., Trachelomonas hispida, Trachelomonas sp., Actinastrum hantzschii, Cosmarium sp., Scenedesmus bernadii, Scenedesmus quadricauda, Melosira distans, Ulnaria ulna</i>
Jour 32	<i>Merismopedia glauca, Chroococcus sp., Strombomonas sp., Closterium sp., Lepocinclis ovum</i>
Jour 33	<i>Limnothrix sp., Oscillatoria ornata, Phormidium sp., Euglena sp., Trachelomonas hispida, Trachelomonas volvocina, Aulacoseira granulata, Navicula sp., Ulnaria ulna</i>
Jour 34	<i>Aphanocapsa sp., Limnothrix sp., Microcystis aeruginosa, Euglena sp., Staurastrum sp., Trachelomonas hispida, Aulacoseira granulata, Ulnaria ulna</i>
Jour 35	<i>Phormidium sp., Chroococcus turgidus, Microcystis aeruginosa, Staurastrum gladiusum, Scenedesmus sp., Aulacoseira granulata, Ulnaria ulna</i>
Jour 36	<i>Aphanocapsa grevillei, Aphanothece conglomerata, Oscillatoria sp., Phacus suecicus, Trachelomonas volvocina, Pediastrum duplex, Scenedesmus quadricauda, Asterionella formosa, Aulacoseira granulata</i>

Annexes

Annexe 3 : Essais Jar-test



(a) Echantillons de l'eau brute de la rivière Mé



(b) Aspect de l'eau à 22 min de décantation



(c) Echantillons d'eau traitée

Annexes



(d) Aspect des filtres après filtration des échantillons d'eau traitée

Annexe 4 : Autre résultat des essais jar-test

	Optimisation pH					
Dose de coagulant	50	50	50	50	50	50
pH imposé	4	4,5	5	5,5	6	6,5
% Rabattement turbidité	96,19	97,68	97,75	97,72	97,43	97,33
% Rabattement UV254	68,15	79,24	81,30	82,41	84,47	79,71

RESUME

Pour le renforcement de l'alimentation en eau potable de la ville d'Abidjan, le choix de l'Etat s'est porté sur le projet de prise d'eau sur la rivière Mé située à la périphérie Nord-Est (25Km) de la ville d'Abidjan. Pour ce faire, une étude dont l'objectif est de proposer un système de traitement pour la potabilisation de cette eau a été menée. Les valeurs des paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques de l'eau de la rivière Mé ont été prélevées de mai à août 2016. Ces valeurs ont d'abord été traitées selon les recommandations de l'OMS, par une analyse descriptive simple et par une analyse en composante principale (ACP) pour la caractérisation de cette eau. Ensuite, la méthode SEQ-Eau a été utilisée pour déterminer la qualité de cette eau. Par la suite, un Jar-test a été mené afin caler la clarification. Les valeurs anormales de la turbidité, la couleur, les matières en suspension montrent que l'eau de la rivière Mé est de mauvaise qualité pour une alimentation. Pour la clarification, le Jar-test a donné comme résultat la dose optimale du coagulant pour le traitement (50 mg/L pour 800 mL), le pH optimum pour la coagulation/floculation (pH=5,5) et la valeur de l'aluminium résiduel à la fin de ce procédé (0,172 mg/L).

Mots clés : optimisation, potabilisation, rivière Mé, Côte d'Ivoire

ABSTRACT

For the strengthening of the drinking water supply in the city of Abidjan, the choice of the State is focused on the draft Water Intake on the Mé river located to the northeast device (25km) of the city of Abidjan. For this fact, a study whose objective is to propose a treatment system for the potabilization of this water has been conducted. The values of the physico-chemical parameters and hydrological of the water of the Mé river have been collected from May to August 2016. These values have first been treated according to the recommendations of the WHO, by a simple descriptive analysis and by an principal component analysis (ACP) for the characterization of this water. Then, the SEQ-water method has been used to determine its quality. Subsequently, a Jar-test have been carried out in order to chock the clarification. Abnormal values of turbidity, color, materials in suspension show that the water of the Mé river is poor quality for food. For clarification, the jar-test has given as the result the optimal dose of the coagulant for the treatment (50 mg/L for 800 mL), the optimum pH for the coagulation/flocculation (pH=5.5) and the value of the residual aluminum at the end of this process (0.172 mg/L).

Key words: optimization, potabilization, Mé river, Côte d'Ivoire