

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



Année : 2018-2019

**RÉPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE  
UNION-DISCIPLINE-TRAVAIL**



N°2038/19

**THÈSE**

Présentée en vue de l'obtention du

**DIPLÔME D'ÉTAT DE  
DOCTEUR EN PHARMACIE**

Par

**KOUAKOU EFAI CARINE ESMONE LAURE**

**CARACTÉRISATION DES EAUX DE  
BAIGNADE EN OCÉAN ATLANTIQUE DE  
DEUX PLAGES DE LA COMMUNE DE  
PORT-BOUËT (ABIDJAN-COTE D'IVOIRE)**

**Soutenue publiquement 30 aout 2019**

**COMPOSITION DU JURY :**

Président du jury : Madame AKE MICHELE, Professeur titulaire

Directeur de thèse : Monsieur AMIN N'CHO CHRISTOPHE, Professeur titulaire

Assesseurs : Monsieur KASSI KONDO FULGENCE, Maître de conférences agrégé

: Madame KOUASSI-AGBESSI THERESE, Maître assistante

**ADMINISTRATION ET PERSONNEL  
ENSEIGNANT DE L'UFR SCIENCES  
PHARMACEUTIQUES ET BIOLOGIQUES**

## **HONORARIAT**

Directeurs/Doyens Honoraires

Professeur RAMBAUD André  
Professeur FOURASTE Isabelle  
Professeur BAMBA Moriféré  
Professeur YAPO Abbé †  
Professeur MALAN KlaAnglade  
Professeur KONE Moussa †  
Professeur ATINDEHOU Eugène

## **I. ADMINISTRATION**

Directeur

Professeur KONE-BAMBA Diénéba

Sous-Directeur Chargé de la Pédagogie

Professeur Ag IRIE-N'GUESSAN  
Amenan

Sous-Directeur Chargé de la Recherche

Professeur Ag DEMBELE Bamory

Secrétaire Principal

Madame NADO-AKPRO Marie Josette

Documentaliste

Monsieur N'GNIMMIEN Koffi Lambert

Intendant

Monsieur GAHE Alphonse

Responsable de la Scolarité

Madame DJEDJE Yolande

## **II. PERSONNEL ENSEIGNANT PERMANENT**

### **1- PROFESSEURS TITULAIRES**

M. ABROGOUA Danho Pascal

Pharmacie Clinique

Mmes AKE Michèle

Chimie Analytique, Bromatologie

MM AMARI Antoine Serge G.

Législation

AMIN N'Cho Christophe

Chimie Analytique

MM ATTOUNGBRE HAUHOUOT M.L.

Biochimie et Biologie Moléculaire

MM. DANO Djédjé Sébastien

Toxicologie

GBASSI K. Gildas

Chimie, Physique Générale

INWOLEY Kokou André

Immunologie

Mme KONE BAMBA Diéneba

Pharmacognosie

M. KOUADIO Kouakou Luc

Hydrologie, Santé Publique

Mme KOUAKOU-SIRANSY Gisèle

Pharmacologie

MM. MALAN KlaAnglade

Chimie Analytique, Contrôle de Qualité

MENAN Eby Ignace

Parasitologie - Mycologie

---

	MONNET Dagui	Biochimie et Biologie Moléculaire
Mme	SAWADOGO Duni	Hématologie
M.	YAVO William	Parasitologie-Mycologie

## **2- MAITRES DE CONFERENCES AGREGES**

M.	AHIBOH Hugues	Biochimie et Biologie Moléculaire
Mmes	AKE-EDJEME N'guessan Angèle	Biochimie et Biologie Moléculaire
	BARRO-KIKI Pulchérie	Parasitologie - Mycologie
MM.	BONY François Nicaise	Chimie Analytique
	DALLY Labalmael	Pharmacie Galénique
	DEMBELE Bamory	Immunologie
Mme	DIAKITE Aïssata	Toxicologie
M.	DJOHAN Vincent	Parasitologie –Mycologie
Mme	FOFIE N'Guessan Bra Yvette	Pharmacognosie
Mme	IRIE-N'GUESSAN Amenan	Pharmacologie
MM.	KASSI Kondo Fulgence	Parasitologie-Mycologie
	KOFFI Angely Armand	Pharmacie Galénique
Mme	KOUAKOU-SACKOU Julie	Santé Publique
MM.	KOUASSI Dinard	Hématologie
	MANDA Pierre	Toxicologie
	OGA Agbaya Stéphane	Santé Publique et Economie de la Santé
	OUASSA Timothée	Bactériologie-Virologie
	OUATTARA Mahama	Chimie Organique, Chimie Thérapeutique
	SANGARE TIGORI Béatrice	Toxicologie
MM.	YAPI Ange Désiré	Chimie Organique, Chimie Thérapeutique
	YAYO Sagou Eric	Biochimie et Biologie Moléculaire
	ZINZENDORF NangaYessé	Bactériologie-Virologie

## **3- MAITRES ASSISTANTS**

MM.	ADIKO Aimé Cézaire	Immunologie
	ADJAMBRI AdiaEusebé	Hématologie
	ADJOUNGOUA Attoli Léopold	Pharmacognosie
Mmes	ABOLI-AFFI Mihessé Roseline	Immunologie
	AKA ANY-GRAH Armelle Adjoua S.	Pharmacie Galénique

---

	ALLA-HOUNSA Annita Emeline	Santé Publique
M.	ANGORA Kpongbo Etienne	Parasitologie-Mycologie
Mmes	AYE-YAYO Mireille	Hématologie
	BAMBA-SANGARE Mahawa	Biologie Générale
MM.	CABLAN Mian N'DédeyAsher	Bactériologie-Virologie
	CLAON Jean Stéphane	Santé Publique
	COULIBALY Songuigama	Chimie organique, Chimie Thérapeutique
Mmes	KABLAN-KASSI Hermance	Hématologie
	KONAN-ATTIA Akissi Régine	Santé Publique
M.	KONAN Konan Jean Louis	Biochimie et Biologie Moléculaire
Mmes	KONATE Abibatou	Parasitologie-Mycologie
	KOUASSI-AGBESSI Thérèse	Bactériologie-Virologie
MM.	KPAIBE Sawa André Philippe	Chimie Analytique
	N'GUESSAN Alain	Pharmacie Galénique
	N'GUESSAN DétoUrsul Jean-Paul	Chimie Organique, Chimie Thérapeutique
Mme	VANGA ABO Henriette	Parasitologie-Mycologie

#### **4- ASSISTANTS**

M.	AMICHIA Attoumou Magloire	Pharmacologie
Mmes	AKOUBET-OUAYOGODE Aminata	Pharmacognosie
	ALLOUKOU-BOKA Paule-Mireille	Législation
	APETE Sandrine	Bactériologie-Virologie
	BEDIAKON-GOKPEYA Mariette	Santé Publique
	BLAO-N'GUESSAN Amoin Rebecca J.	Hématologie
MM.	BROU Amani Germain	Chimie Analytique
	BROU N'Guessan Aimé	Pharmacie clinique
MM.	DJADJI Ayoman Thierry Lenoir	Pharmacologie
	DJATCHI Richmond Anderson	Bactériologie-Virologie
Mmes	DONOU-N'DRAMAN Aha Emma	Hématologie
	DOTIA Tiepordan Agathe	Bactériologie-Virologie
M.	EFFO Kouakou Etienne	Pharmacologie
MM.	KABRAN Tano Kouadio Mathieu	Immunologie

	KACOU Alain	Chimie Organique, Chimie Thérapeutique
	KAMENAN Boua Alexis Thierry	Pharmacologie
	KOFFI Kouamé	Santé Publique
	KONAN Jean Fréjus	Biophysique
Mme	KONE Fatoumata	Biochimie et Biologie Moléculaire
MM.	KOUAHO AviKadio Tanguy	Chimie Organique, Chimie Thérapeutique
	KOUAKOU Sylvain Landry	Pharmacologie
	KOUAME Denis Rodrigue	Immunologie
	KOUAME Jérôme	Santé Publique
Mme	KRIZO Gouhonon Anne-Aymonde	Bactériologie-Virologie
MM.	LATHRO Joseph Serge	Bactériologie-Virologie
	MIEZAN Jean Sébastien	Parasitologie-Mycologie
	N'GBE Jean Verdier	Toxicologie
Mmes	N'GUESSAN Kakwokpo Clémence	Pharmacie Galénique
	N'GUESSAN-AMONKOU Anne C.	Législation
	ODOH Alida Edwige	Pharmacognosie
	SIBLI-KOFFI Akissi Joëlle	Biochimie et Biologie moléculaire
	SICA-DIAKITE Amelanh	Chimie Organique, Chimie Thérapeutique
	TANOH-BEDIA Valérie	Parasitologie-Mycologie
M.	TRE Eric Serge	Chimie Analytique
Mme	TUO Awa	Pharmacie Galénique
M.	YAPO Assi Vincent De Paul	Biologie Générale
Mme	YAPO-YAO Carine Mireille	Biochimie

##### **5- CHARGEES DE RECHERCHE**

Mmes	ADIKO N'dri Marcelline	Pharmacognosie
	OUATTARA N'gnôhDjénéba	Santé Publique

**6- ATTACHE DE RECHERCHE**

M. LIA Gnahoré José Arthur Pharmacie Galénique

**7- IN MEMORIUM**

Feu	KONE Moussa	Professeur Titulaire
Feu	YAPO Abbé Etienne	Professeur Titulaire
Feu	OUATTARA Lassina	Professeur Titulaire
Feu	COMOE Léopold	Maître de Conférences Agrégé
Feu	POLNEAU-VALLEE Sandrine	Maître de Conférences Agrégé
Feu	GUEU Kaman	Maître-Assistant
Feu	ALLADOUM Nambelbaye	Assistant
Feu	COULIBALY Sabali	Assistant
Feu	TRAORE Moussa	Assistant
Feu	YAPO Achou Pascal	Assistant

**III. ENSEIGNANTS VACATAIRES**

**1- PROFESSEURS**

MM.	DIAINE Charles	Biophysique
	OYETOLA Samuel	Chimie Minérale

**2- MAITRES DE CONFERENCES**

MM.	KOUAKOU Tanoh Hilaire	Botanique et Cryptogamie
	YAO N'Dri Athanase	Pathologie Médicale

**3- MAITRE-ASSISTANT**

M.	KONKON N'Dri Gilles	Botanique, Cryptogamie
----	---------------------	------------------------

**4- NON UNIVERSITAIRES**

MM.	AHOUSSE Daniel Ferdinand	Secourisme
	COULIBALY Gon	Activité sportive
	DEMPAH Anoh Joseph	Zoologie
	GOUEPO Evariste	Techniques officinales
Mme	KEI-BOGUINARD Isabelle	Gestion

MM	KOFFI ALEXIS	Anglais
	KOUA Amian	Hygiène
	KOUASSI Ambroise	Management
	N'GOZAN Marc	Secourisme
	KONAN Kouacou	Diététique
Mme	PAYNE Marie	Santé Publique



**COMPOSITION DES DEPARTEMENTS DE  
L'UFR SCIENCES PHARMACEUTIQUES ET  
BIOLOGIQUES**

## **I. BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE**

Professeur	ZINZENDORF NangaYessé	Maître de Conférences Agrégé Chef de Département
Professeurs	OUASSA Timothée	Maître de Conférences Agrégés
Docteurs	CABLAN Mian N'DédeyAsher	Maître-Assistant
	KOUASSI AGBESSI Thérèse	Maître-Assistant
	APETE Sandrine	Assistante
	DJATCHI Richmond Anderson	Assistant
	DOTIA TiepordanAgathe	Assistante
	KRIZO Gouhonon Anne-Aymonde	Assistante
	LATHRO Joseph Serge	Assistant

## **II. BIOCHIMIE, BIOLOGIE MOLECULAIRE, BIOLOGIE DE LA REPRODUCTION ET PATHOLOGIE MEDICALE**

Professeur	MONNET Dagui	Professeur Titulaire Chef de Département
Professeurs	HAUHOUOT ép. ATTOUNGBRE M.L.	Professeur Titulaire
	AHIBOH Hugues	Maître de Conférences Agrégé
	AKE-EDJEME N'Guessan Angèle	Maître de Conférences Agrégé
	YAYO Sagou Eric	Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	KONAN Konan Jean Louis	Maître-Assistant
	KONE Fatoumata	Assistante
	SIBLI-KOFFI Akissi Joëlle	Assistante
	YAPO-YAO Carine Mireille	Assistante

## **III. BIOLOGIE GENERALE, HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE**

Professeur	SAWADOGO Duni	Professeur Titulaire Chef de Département
Professeurs	INWOLEY Kokou André	Professeur Titulaire
	DEMBELE Bamory	Maître de Conférences Agrégé
	KOUASSI Dinard	Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	ABOLI-AFFI Mihessé Roseline	Maître-Assistant
	ADJAMBRI Adia Eusèbe	Maître-Assistant

AYE-YAYO Mireille	Maître-Assistant
BAMBA-SANGARE Mahawa	Maître-Assistant
ADIKO Aimé Cézaire	Maître-Assistant
DONOU-N'DRAMAN Aha Emma	Assistante
KABLAN-KASSI Hermance	Assistante
KABRAN Tano K. Mathieu	Assistant
KOUAME Denis Rodrigue	Assistant
N'GUESSAN-BLAO A. Rebecca S.	Assistante
YAPO Assi Vincent De Paul	Assistant

#### IV. **CHIMIE ANALYTIQUE, CHIMIE MINERALE ET GENERALE, TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE**

Professeur	MALAN KlaAnglade	Professeur Titulaire Chef de Département
Professeurs	AKE Michèle	Professeur Titulaire
	AMIN N'Cho Christophe	Professeur Titulaire
	GBASSI Komenan Gildas	Professeur Titulaire
	BONY Nicaise François	Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	KPAIBE Sawa André Philippe	Maître-Assistant
	BROU Amani Germain	Assistant
	TRE Eric Serge	Assistant

#### V. **CHIMIE ORGANIQUE ET CHIMIE THERAPEUTIQUE**

Professeur	OUATTARA Mahama	Maître de Conférences Agrégé Chef de Département
Professeur	YAPI Ange Désiré	Maître de Conférences Agrégé
Docteur	COULIBALY Songuigama	Maître-Assistant
	N'GUESSAN DétoUrsul Jean-Paul	Maître-Assistant
	KACOU Alain	Assistant
	KOUAHO AviKadio Tanguy	Assistant
	SICA-DIAKITE Amelanh	Assistante

**VI. PARASITOLOGIE, MYCOLOGIE, BIOLOGIE ANIMALE ET ZOOLOGIE**

Professeur	MENAN Eby Ignace H.	Professeur Titulaire Chef de Département
Professeurs	YAVO William DJOHAN Vincent BARRO KIKI Pulchérie KASSI Kondo Fulgence	Professeur Titulaire Maître de Conférences Agrégé Maître de Conférences Agrégé Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	ANGORA Kpongbo Etienne KONATE Abibatou VANGA ABO Henriette MIEZAN Jean Sébastien TANOH-BEDIA Valérie	Maître-Assistant Maître-Assistant Maître-Assistant Assistant Assistante

**VII. PHARMACIE GALENIQUE, BIOPHARMACIE, COSMETOLOGIE, GESTION ET LEGISLATION PHARMACEUTIQUE**

Professeur	KOFFI Armand A.	Maître de Conférences Agrégé Chef de Département
Professeurs	AMARI Antoine Serge G. DALLY Laba Ismaël	Professeur Titulaire Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	AKA ANY-GRAH Armelle A.S. N'GUESSAN Alain ALLOUKOU-BOKA P.-Mireille LIA Gnahoré José Arthur NGUESSAN Kakwokpo Clémence N'GUESSAN-AMONKOU A. Cynthia TUO Awa	Maître-Assistant Maître-Assistant Assistante Attaché de recherche Assistante Assistante Assistante

**VIII. PHARMACOGNOSIE, BOTANIQUE, BIOLOGIE VÉGÉTALE, CRYPTOLOGIE**

Professeur	KONE BAMBA Diénéba	Professeur Titulaire Chef de Département
Professeur	FOFIE N'Guessan Bra Yvette	Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	ADJOUGOUA Attoli Léopold	Maître-Assistant
	ADIKO N'dri Marcelline	Chargée de recherche
	AKOUBET-OUAYOGODE Aminata	Assistante
	ODOH Alida Edwige	Assistante

**IX. PHARMACOLOGIE, PHARMACIE CLINIQUE ET THÉRAPEUTIQUE ET PHYSIOLOGIE HUMAINE**

Professeur	ABROGOUA Danho Pascal	Professeur Titulaire Chef de Département
Professeurs	KOUAKOU SIRANSY N'doua G.	Professeur Titulaire
	IRIE N'GUESSAN AmenanG.	Maître de Conférences Agrégé
	EFFO Kouakou Etienne	Maitre-assistant
Docteurs	AMICHIA Attoumou M.	Assistant
	BROU N'Guessan Aimé	Assistant
	DJADJI Ayoman Thierry Lenoir	Assistant
	KAMENAN Boua Alexis	Assistant
	KOUAKOU Sylvain Landry	Assistant

**X. PHYSIQUE, BIOPHYSIQUE, MATHÉMATIQUES, STATISTIQUES ET INFORMATIQUE**

Professeur	GBASSI Komenan Gildas	Professeur Titulaire Chef de Département
Docteur	KONAN Jean-Fréjus	Maître-Assistant

## **XI. SANTE PUBLIQUE, HYDROLOGIE ET TOXICOLOGIE**

Professeur	KOUADIO Kouakou Luc	Professeur Titulaire
		Chef de département
Professeurs	DANO Djédjé Sébastien	Professeur Titulaire
	DIAKITE Aissata	Maître de Conférences Agrégé
	OGA Agbaya Stéphane	Maître de Conférences Agrégé
	KOUAKOU-SACKOU J.	Maître de Conférences Agrégé
	SANGARE-TIGORI B.	Maître de Conférences Agrégé
	MANDA Pierre	Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	CLAON Jean Stéphane	Maître-Assistant
	HOUNSA-ALLA Annita Emeline	Maître-Assistante
	KONAN-ATTIA Akissi Régine	Maître-Assistante
	OUATTARA N'gnôhDjénéba	Chargée de Recherche
	BEDIAKON-GOKPEYA Mariette	Assistant
	KOFFI Kouamé	Assistant
	NGBE Jean Verdier	Assistant

## **DEDICACES**

**Je dédie ce modeste  
travail  
À DIEU  
Le trèsHaut,  
Le trèsGrand,  
LeClément,L'Omniscient,l'Omnipote  
nt,le Tout**

**Puissant,letrèsmiséricordieux  
D'avoir permisàcetravaild'arriver àson terme.  
Seigneur je te rends grâce pour tout ce que tu  
as accompli dans ma vie car tu ne m'as jamais  
abandonné, mon âme exulte en toi mon  
sauveur. Merci pour cet honneur immense que  
tu me fais de faire partir de ma vie**

**❖ A mon père KOUAKOU KOUAME BERNARD**

*J'ai l'honneur aujourd'hui de te montrer toute ma gratitude et mon énorme respect à ton égard. Merci pour tes nombreux sacrifices moraux, financiers, physiques consentis à-moi ta fille. Que le DIEU Tout Puissant te maintiennelongtemps parmi nous dans la santé, la joie, la cohésion, l'amour.  
Merci Papa pour tout.*

**A MA MERE KOUAME N'GUESSAN EDWIDE FLORENCE**



*Que dirais-je si ce n'est merci maman pour tout l'amour et l'affection que tu m'as apportés depuis ma naissance jusqu'à ce jour ; en signe de gratitude, je te dédie ce travail ; je prie le seigneur de t'accorder longue vie afin que tu puisses bénéficier des fruits de notre travail.*

*Merci maman pour tout.*

### **A MON ONCLE KOUAME YAO FELIX ROMEO**

*Merci tonton pour tout le soutien que tu m'as apporté tout au long de mon parcours ; que le seigneur te bénisse encore et toujours.*

### **A TOIAKAFFOU TIOH THIBAUT BAYARD**

*Merci pour ta présence dans ma vie, pour ton soutien car avec toi j'ai appris ce qu'est la patience et une vie paisible, toi grâce à qui j'ai pu rédiger ce document. Que le seigneur nous accorde de longs jours heureux*

*Je t'aime.*

### **A MES FRERES ET SŒURS**

*Kouakou Ange Eder, Kouakou Senesie Julius, Kouadio victoire, Kouadio Sarai, merci d'avoir été présents ; je vous aime.*

### **A MES AMIS**

*Merci à vous pour vos encouragements et vos soutiens. Spécialement à mes sœurs de cœurs Dr KABA Myriam, TANOH Amenan Anne Marie, à mon frère de cœur YEO Sirata Youssouf merci je vous porte dans mon cœur, à vous aussi mes amis TOURE TiebaMoussa, KOUAHI BI Roland vous comptez pour moi.*

**A LA PHRAMA 35**

*Merci pour ces moments de solidarité, de confraternité, pour les idées et conseils*

**A LA TEAM CACQ 2019.**

*Merci pour ses moments de joie*

*KOUAME Ahi Marlene Nancy,*

*SILUE FournigueEzechiel,*

*KOMENAN Mahossi Marie Faustine,*

*AKASSI Linda Marielle*

*YAVORRenée Paule Myriam.*

## REMERCIEMENTS

### **AU PROFESSEUR AMIN N'CHO CHRISTOPHE**

*Merci cher maitre pour la disponibilité, l'attention et surtout la patience dont vous avez fait preuve à mon égard .Homme au grand cœur en plus d'être mon directeur vous êtes aussi un père pour moi.*

*Merci pour tout.*

### **AU PERSONNEL DE L'INHP**

*Je vous suis totalement reconnaissant pour le travail que nous avons abattu ensemble, merci de votre disponibilité. Remerciement spéciale à Mr. Degnis serge pour son temps si précieux accordé pour la réalisation de ce travail.*

### **AU GERANT DE LA PHARMACIE COMOË**

*Merci pour le soutien et la compréhension que vous avez eu à mon égard.*

**AU DOCTEUR OUATTARA KANIGUI H.M** titulaire de la pharmacie sainte Marie de Cocody

*Merci pour tout.*

### **AUX MEMBRES DU JURY**

*Merci d'avoir accepté de juger mon travail.*

A NOS MAÎTRES ET JUGES

## **A NOTRE MAITRE ET PRESIDENTE DE JURY**

### **Madame Le Professeur AKE MICHELE**

- Docteur en pharmacie ;
- DESS en Nutrition, Diététique et Contrôle des Aliments Université Paris XI ;
- DEA option Sciences des aliments de l'université de Montpellier I, option sciences des aliments ;
- Doctorat de l'Université de Montpellier I, option Sciences des Aliments ;
- Professeur Titulaire en chimie analytique à l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques d'Abidjan ;
- Pharmacien chef de la pharmacie et du laboratoire de nutrition de l'INSP d'Abidjan ;
- Membre de la Société Ouest Africaine de Chimie ;
- Membre de l'Association of Official Analytical Chemists (AOAC) ;
- Membre de la Société des Experts Chimistes de France.

***Cher maître,***

*Nous vous remercions pour la gentillesse et la spontanéité avec lesquelles vous avez accepté d'apporter votre caution intellectuelle à ce travail en présidant le jury de cette soutenance de thèse.*

*Votre compétence, votre rigueur, votre souci du détail et vos qualités tant humaines que professionnelles ont suscité en nous une grande admiration et un profond respect.*

*Veillez recevoir, cher Maitre, l'expression de notre profond respect.*

## A NOTRE MAÎTRE ET DIRECTEUR DE THESE

### Monsieur le Professeur AMIN N'CHO CHRISTOPHE

- Professeur titulaire en Chimie Analytique, Bromatologie à l'Université Félix Houphouët-Boigny
- Chef de service adjoint du laboratoire d'hygiène à l'Institut National d'Hygiène publique
- Ancien Interne des Hôpitaux d'Abidjan
- Docteur en pharmacie diplômé de l'Université de Cocody
- Docteur des sciences pharmaceutiques et biologiques de l'Université de Montpellier 1
- Titulaire du DESS option Contrôle Qualité des médicaments, aliments et produits cosmétiques, du DEA en conception, réalisation, valorisation du médicament issu de la pharmacopée africaine option Chimie Analytique, du DEA option Chimie des matériaux, du CES de biochimie clinique, du CES d'hématologie-biologie, du CES d'immunologie générale et médicale, de la Maîtrise professionnalisée option santé publique de l'Université Félix Houphouët-Boigny
- Membre de la Société Ouest Africaine de Chimie (SOACHIM) et de la Société Pharmaceutique de Côte d'Ivoire (SOPHACI)

*Cher maître,*

*Nous avons découvert en vous plus qu'un directeur de thèse mais un homme d'une bonté sans pareil.*

*Votre humilité, votre simplicité et surtout votre disponibilité constante nous marquerons à jamais.*

*Nous sortons enrichis de ce temps de travail avec vous sur le plan scientifique mais surtout sur le plan humain.*

*Recevez ici l'expression de notre profonde et éternelle reconnaissance. Dieu vous comble de ses grâces.*

## A NOTRE MAÎTRE ET JUGE

### **Monsieur le Professeur KASSI Kondo Fulgence**

- Maître de conférences agrégé de Parasitologie et Mycologie à l'UFR Sciences Pharmaceutiques et Biologiques d'Abidjan
- Responsable de l'unité de Parasitologie et Mycologie au Centre de Diagnostic et de Recherches sur le Sida et les autres maladies opportunistes (CeDReS, CHU de Treichville);
- Docteur ès Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de l'Université de Montpellier ;
- Docteur en pharmacie diplômé de l'université de Cocody ;
- Biologiste des hôpitaux (CES de Parasitologie-Mycologie, de Bactériologie et d'Hématologie-biologie) ;
- Titulaire d'un DEA (Diplôme d'étude Approfondie) de Biologie Humaine et Tropicale, option Parasitologie ;
- Ancien interne des hôpitaux de Côte d'Ivoire (Concours d'Internat 2004) ;
- Membre de la Société Pharmaceutique de Côte d'Ivoire ;
- Membre de la Société Ivoirienne de Parasitologie (SIPAM) ;
- Membre de la Société Africaine de Parasitologie (SOAP).

*Cher maître,*

*En acceptant de siéger au sein de ce jury, vous confirmez votre caractère d'humilité, de disponibilité et simplicité. Nous avons eu le privilège de bénéficier de vos qualités d'enseignant au cours de notre cursus universitaire. Nous vous prions de bien vouloir accepter, à travers ces mots l'expression de notre profonde gratitude.*

## À NOTRE MAÎTRE ET JUGE

### **Madame le Docteur KOUASSI-AGBESSI THERESE**

- Docteur en pharmacie
- Maître-assistante au département de bactériologie virologie, à l'UFR Sciences Pharmaceutiques et Biologiques
- Pharmacien biologiste (CES biochimie clinique, CES hématologie, CES parasitologie-mycologie, CES bactériologie-virologie)
- Titulaire du DEA de biologie humaine tropicale option bactériologie-virologie
- Responsable de l'unité de biologie à l'INHP (Institut national d'hygiène publique)
- 1er prix d'infectiologie en 1992
- Lauréat du concours d'internat (1989-1990)
- Membre de la Société Pharmaceutique de Cote d'Ivoire (SOPHACI)

*Chez maître,*

*Merci d'avoir accepté de participer au jury de cette thèse. Nous avons eu de l'admiration pour vos qualités pédagogiques ; et votre présence dans ce jury est pour nous un très grand honneur. Nous vous en sommes infiniment reconnaissants. Puisse Dieu vous bénir.*



# SOMMAIRE

ABREVIATIONS-ACRONYMES .....	XXVI
LISTE DES TABLEAUX .....	XXVIII
LISTE DES FIGURES .....	XXIX
INTRODUCTION .....	1
Première partie : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
I- PRESENTATIONDES EAUX DE BAINADES .....	5
I-1- Définition.....	5
I-2- Les différents types de baignades .....	5
I-3- Présentation du littoral ivoirien .....	5
I-4- Pollution des eaux de baignades .....	6
II- RISQUES SANITAIRES LIES A LA BAINADE DANS LES EAUX POLLUEES:.....	10
II-1- Les bactéries :.....	11
II-2- Les virus :.....	12
II-3- Les champignons : .....	13
II-4- Les protozoaires :.....	13
II-5- Les Micro-algues et cyanobactéries :.....	13
III- CONTROLE SANITAIRE .....	14
III-1- Contrôles microbiologiques.....	14
III-2- Contrôles physico-chimiques .....	22
III-3- Critères de qualité des eaux de baignade.....	26
Deuxième partie : ETUDE EXPERIMENTALE.....	33

I- MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	34
I-1- Type et cadre de l'étude .....	34
I-2- Matériel .....	34
I-3- Méthodes .....	37
II- RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	56
II-1- Résultats .....	56
II-2- Discussion .....	69
CONCLUSION .....	72
RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....	73
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	74
TABLES DES MATIERES .....	80
ANNEXES .....	82

## ABREVIATIONS-ACRONYMES

ASR	Anaérobies Sulfito-Réducteurs
BCYE	Buffered Charcoal Yeast Extract
BEA	Bile EsculineAzide
°C	Degré Celsius
CT	Coliformes Totaux
CTh	Coliformes Thermotolérants
DHT	Degré Hydrotimétrique Total
EDTA	Acide Ethylène Diamine Tétra acétique
GAL	β- Galactosidase
GPS	Global Position System
GLUC	β- Glucuronidase
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HPLC	Chromatographie Liquide à Haute Performance
INHP	Institut National d'Hygiène Publique
LD	Limite de Détection
LQ	Limite de Quantification
ND	Non Détecté
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PCB	Polychlorobiphenyls
PED	Pays En Développement
pH	Potentiel d'Hydrogène
TAC	Titre Alcalimétrique Complet
TCBS	Thiosulfate Citrate Bile Saccharose
TSN	Tryptone Sulfite Néomycine
UCV	Unités de Couleur Vraie
UFC	Unités Formant Colonies
UNICEF	Fonds des Nations Unies pour l'Enfance

UTN            Unité Néphélométrique de Turbidité  
YGC            Yeast Bile Esculine

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I:Principaux groupes et genres de microorganismes responsables de maladies d'origine hydrique .....	11
Tableau II: Normes françaises de qualité relative aux eaux de baignade .....	25
Tableau III:Origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF .....	29
Tableau IV: Normes microbiologiques pour les eaux de baignade proposées par l'OMS et le PNUE en 1983 .....	31
Tableau V:Les normes microbiologiques requises pour les eaux de baignade déterminée par la directive 2006/7/CEE .....	31
Tableau VI:Indice de la qualité de l'eau de baignade (germe/ml) (Selon l'OMS).....	32
Tableau VII:les réactifs utilisés pour la chimie.....	36
Tableau VIII:Paramètres organoleptiques et physico-chimiques de la mer de VRIDI de Mai à Décembre 2018 .....	59
Tableau IX:Paramètres organoleptiques et physico-chimiques de la mer de Port-Bouët centre de Mai à Décembre 2018 .....	60
Tableau X : Comparaison des valeurs des paramètres physicochimiques des deux eaux.....	64
Tableau XI: Paramètres microbiologiques de l'eau de mer Port-Bouët centre	65
Tableau XII:Paramètres microbiologiques de l'eau de mer VRIDI canal .....	66
Tableau XIII:Comparaison aux normes ivoiriennes .....	67
Tableau XIV : Comparaison aux normes algériennes .....	68
Tableau XV:comparaison aux normes oms et européennes .....	68

## LISTE DES FIGURES

Figure 1-Littoral ivoirien.....	6
Figure 2-Les polluants solides.....	7
Figure 3:Origines des sources potentielles de contamination fécale dans le milieu marin.....	10
Figure 11: Vue de la plage de Vridi .....	56
Figure 12-Vue de la plage de Port-Bouët centre.....	57
Figure 13:Évolution de la turbidité des eaux de baignade Vridi et Port-Bouët centre en fonction du temps .....	61
Figure 14:Évolution de la température des eaux de baignade Vridi et Port-Bouët centre en fonction du temps .....	61
Figure 15:Évolution de la coloration des eaux de baignade Vridi et Port-Bouët centre en fonction du temps. ....	62
Figure 16:Évolution des chlorures des eaux de baignade Vridi et Port-Bouët centre en fonction du temps. ....	62
Figure 17:Évolution des nitrites des eaux de baignade Vridi et Port-Bouët centre en fonction du temps. ....	63

# INTRODUCTION

La baignade est définie par l'action d'aller se baigner, de s'immerger dans l'eau, même sans nager. C'est une activité très prisée qui présente de nombreux bienfaits (propriétés antalgiques, moral relevé, amélioration de la circulation sanguine)(1). Elle peut être pratiquée à tous les âges et ne nécessite pas de dispositions particulières. Elle peut être également recommandée aux personnes souffrant de handicaps, aux femmes enceintes, voire aux bébés.

Les eaux de baignade en général ou les eaux littorales en particulier procurent beaucoup de plaisir et de bien-être. La civilisation moderne utilise de plus en plus le milieu aquatique pour les loisirs, ainsi que diverses activités nautiques et ludiques. Il existe diverses catégories d'eaux de baignade, aménagées ou non, littorales (eau de mer) ou intérieures (eau douce: rivière, lac, étang) qui connaissent des problèmes spécifiques liés à la contamination par des eaux usées, plus ou moins épurées, ou des eaux de ruissellement qui véhiculent divers polluants(2).

En effet, le littoral, en plus d'être incontestablement le lieu de baignade par excellence, est aussi un lieu de relaxation et de détente, idéal pour pratiquer des activités nautiques tels que la plongée, le ski nautique, le surf etc.(3). Cependant, une mauvaise qualité des eaux du littoral peut induire des problèmes de santé, essentiellement dus à la pollution microbiologique des eaux.

La Côte d'Ivoire dispose d'un littoral long de 550km rendant possibles différentes sortes de tourisms balnéaires. Elle regorge de nombreuses plages tels que celles d'Assinie, de Grand Bassam, de Monogaga et d'Abidjan (Port-Bouët centre et Vridi) qui sont d'une grande fréquentation et par la même occasion victimes. A cet effet la Côte d'Ivoire dispose d'une réglementation pour un meilleur suivi de ces sites de baignade(4). Des récentes études sur la baignade concernant les plages de Vridi et de Port-Bouët à Abidjan (5), d'Agboville et celles de Jacqueville(6) pendant la période de décembre 2017 à



avril 2018, ont montré une eau de qualité insuffisante notamment sur le plan microbiologique.

La commune de Port-Bouët s'étend sur 110 km<sup>2</sup>, sur tout le bras de terre séparant la lagune Ebrié et l'océan Atlantique, elle est donc bordée au nord par la lagune, au sud par l'océan, à l'ouest par la commune de Yopougonet à l'est par la ville de Grand Bassam. Elle abrite en son sein deux plages sises à Port-Bouët centre et à Vridi, qui sont beaucoup fréquentées par la population, d'où la nécessité de contrôler la qualité de ces eaux pour préserver la santé du baigneur. C'est ainsi que Meless a analysé ces eaux de décembre 2017 à avril 2018. En vue de poursuivre le travail de Meless, notre étude a porté sur la caractérisation de ces eaux de baignades de Port-Bouët de mai à décembre 2018.

L'objectif de ce travail a été de caractériser ces eaux de baignades en vue de connaître les risques encourus par les populations qui s'y baignent.

Les objectifs spécifiques étaient de :

- déterminer les paramètres organoleptiques et physico-chimiques de l'eau de mer de Port Bouët et Vridi ;
- dénombrer les germes indicateurs de pollution fécale ;
- comparer les résultats obtenus aux normes d'eaux de baignade.

Le document rédigé comprend deux parties. La première partie est consacrée à la revue de la littérature sur les eaux de baignades et la seconde partie de type expérimentale décrira le matériel et les méthodes utilisés pour effectuer les analyses, rapportera les résultats obtenus et la discussion qui en découle.

Une conclusion et des recommandations viendront terminer notre travail.

## Première partie : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

## **I-PRESENTATION DES EAUX DE BAINADES**

### **I-1-Définition**

Sur le plan réglementaire, les eaux de baignade sont définies comme étant « les eaux ou parties de celles-ci qui sont douces, courantes ou stagnantes ainsi que l'eau de mer, dans lesquelles la baignade est autorisée ou n'est pas interdite et habituellement pratiquée par un nombre important de baigneurs » (2). Elles comprennent essentiellement les eaux côtières et les eaux intérieures (rivières et plans d'eau).

### **I-2-Les différents types de baignades**

#### **I-2-1-Les baignades en eau de mer**

Elles se composent souvent de plages très fréquentées particulièrement en été. La qualité de l'eau et des plages dépend, en dehors des rejets polluants et de la fréquentation, des phénomènes de la marée dont l'amplitude varie suivant la région littorale et le moment de l'année.

#### **I-2-2-Les baignades en eau douce**

Elles présentent une grande variété de sites comme les rivières, les torrents, retenues naturelles (lacs) ou artificielles (étangs, gravières, barrages-réservoirs).

### **I-3-Présentation du littoral ivoirien**

La Côte d'Ivoire est limitée à l'est par le Ghana, au nord par le Burkina Faso et le Mali, à l'ouest par la Guinée et le Libéria et au sud par le golfe de Guinée (7). Le golfe de Guinée est une partie de l'océan Atlantique qui s'étend sur la côte occidentale d'Afrique depuis le cap des Palmes (frontière du Libéria et de la Côte d'Ivoire), jusqu'au cap Lopez (au Gabon)(8).

La Côte d'Ivoire dispose d'un littoral couvrant une superficie de 23 253 km<sup>2</sup> soit 7% de la superficie de la Côte d'Ivoire (322 462 km<sup>2</sup>).

Ce littoral est délimité par les Latitudes 4° et 5°30 Nord et Longitudes 2°25 et 7°30 Ouest(**Figure 1**). Il est limité au Nord par la côtière, à l'Ouest d'Abidjan et à l'Est par la route de Noé contournant la ville d'Alépé(9). Le littoral ivoirien regorge de nombreux sites exploités à des fins récréatives notamment pour les eaux de loisirs dont la baignade.

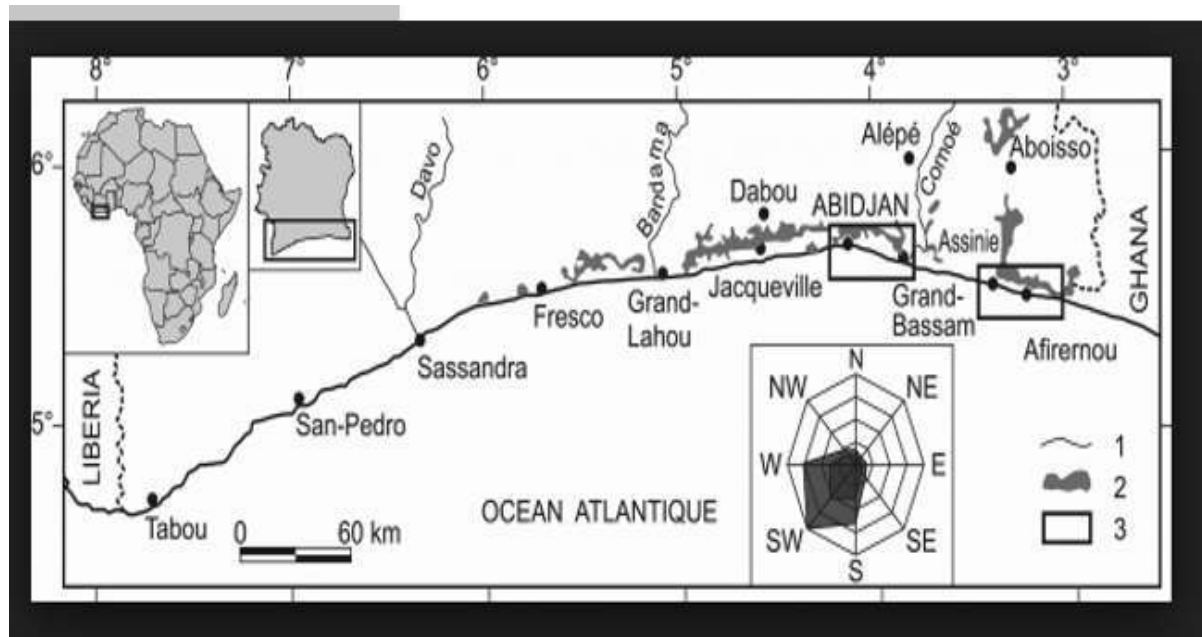


Figure 1-Littoral ivoirien(9)

## I-4-Pollution des eaux de baignades

### I-4-1-Pollution physique

Cette pollution est due aux agents physiques qui sont essentiellement d'origine industrielle et secondairement d'origine domestique, il peut s'agir :

- d'un rejet d'eau douce qui fera baisser la salubrité d'un lieu;
- d'un rejet d'eau réchauffée ou refroidie (par une centrale électrique);

- d'un rejet liquide ou solide de substances modifiant la turbidité d'un milieu (Boue, limon.);
- d'une source de radioactivité (10).

#### **I-4-2-Pollution mécanique**

C'est une pollution due aux décharges des déchets et des particules solides apportées par les eaux de ruissellement et les eaux d'égouts. Les polluants solides rejetés dans le milieu aquatique peuvent être répartis en trois catégories : les boues, les solides flottants et les ordures ménagères.



Figure 2-Les polluants solides(11)

#### **I-4-3-Pollution thermique**

La majorité des usines, sont implantées d'une manière volontaire sur le littoral ou sur les bassins versants littoraux, ce type d'installation est à l'origine d'apports notables en eaux résiduaires au milieu marin (10). La pollution thermique est engendrée par les usines utilisant un circuit d'eau de mer pour le refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries). Les eaux rejetées des usines ont une température de l'ordre de 70-

80°C qui s'abaisse à 40 - 45°C en contact avec les eaux de rivière en entraînant un réchauffement de l'eau(10).

Quand la température augmente, la concentration en oxygène dans l'eau diminue. Ceci se traduit par la disparition d'espèces exigeantes en oxygène, un développement bactérien conduisant à des maladies chez les poissons.

#### **I-4-4-Pollution nucléaire**

Cette pollution revêt une importance particulière en raison de la demande croissante en énergie et de développement attendu dans la construction des centrales nucléaires et des usines de traitement des combustibles irradiés. La présence des éléments radioactifs dans le milieu aquatique a un impact direct sur ses organismes qui se traduit par un dérèglement de leur comportement ainsi que sur la santé humaine surtout lors de l'exposition à des quantités élevées (12).

#### **I-4-5-Pollution chimique**

La pollution chimique est engendrée par des rejets de produits chimiques à la fois d'origine industrielle et domestique tels que les micropolluants chimiques organiques représentés essentiellement par: les hydrocarbures, les pesticides, les métaux lourds. L'industrialisation au XX<sup>ème</sup> siècle a eu pour conséquence, le rejet dans les eaux, des quantités de sels de plus en plus importantes(13).

#### **I-4-6-Pollution microbiologique des eaux de baignade**

La pollution microbiologique des eaux de baignade est essentiellement d'origine fécale. La cause la plus fréquente de ce type de pollution vient des eaux usées rejetées parfois directement dans les milieux côtiers. Ceci est lié aux mauvais raccordements des habitations au réseau d'assainissement ou au ruissellement sur les sols contaminés lors des épisodes de pluies importantes (14). A titre d'exemple, en Algérie, l'une des causes majeures de la pollution

marine reste la contamination bactérienne par les eaux usées. Il est à noter que 70% des villes côtières Algériennes n'ont pas leurs réseaux d'assainissement raccordés à des stations d'épuration. Certaines bien qu'existantes sont inopérantes depuis plusieurs années et les rejets se font exclusivement dans la mer et dans les oueds (sur 53 stations d'épuration existantes, 42 sont à l'arrêt)(15). La pollution par les eaux usées se traduit par une forte contamination du milieu aquatique par de nombreux agents pathogènes, bactéries et virus. Parfois, elle est à l'origine de sérieux problèmes d'hygiène et de santé publique (16). En effet, un des problèmes liés aux rejets d'eaux usées reste les maladies qui en résultent. Selon l'organisation Mondiale de la Santé (OMS), 80% des maladies qui affectent la population de la planète sont liées en partie à l'insuffisance de l'évacuation des matières fécales. Les eaux usées domestiques contiennent une charge bactérienne très importante, soit  $10^9$  à  $10^{10}$  germes/litre. Elles constituent la principale source de micro-organismes pathogènes pour l'homme en milieu marin. Les bactéries pathogènes à transmission hydrique sont réparties en 04 genres (3).

- **Les salmonelles** dont *Salmonella typhiet paratyphi*, responsables des fièvres typhoïdes et paratyphoïdes qui atteignent 17 millions de personnes/an dans le monde, dont 600 000 décès (OMS, 2015).

- **Les shigelles** responsables de troubles digestifs (diarrhées, dysenteries) qui touchent près de 25 millions de personnes par an, dont 650 000 décès.

- **Les vibrions** dont *Vibrio cholerae* responsables du choléra qui touche environ 1,4 à 4,2 millions de personnes dont 28 000 à 142 000 décès par an.

- ***Escherichia Coli***, qui est responsable de troubles digestifs (diarrhées, dysenteries) est la cause de près 775 000 décès par an.



Figure 3:Origines des sources potentielles de contamination fécale dans le milieu marin(17)

## **II-RISQUES SANITAIRES LIES A LA BAIGNADE DANS LES EAUX POLLUEES:**

La baignade dans les eaux naturelles peut entraîner un contact plus ou moins intense avec des germes pathogènes qui peuvent être présents dans l'eau en plus ou moins grande quantité. Les pathologies associées à ces germes concernent la sphère O.R.L., l'appareil digestif, les yeux et la peau, et une grande variété d'agents pathogènes présents dans les eaux naturelles sont responsables de ces diverses maladies dont les plus fréquentes sont répertoriées dans le tableau I.



**Tableau I: Principaux groupes et genres de microorganismes responsables de maladies d'origine hydrique(18)**

Origine	Pathologie	Micro-organisme
<b>Bactérie</b>	fièvres typhoïdes ou paratyphoïdes	<i>Salmonella typhi</i> , Paratyphi A, B et C
	Dysenterie bacillaire	<i>Shigella</i>
	Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>
	Gastro- entérites aiguës et diarrhées	<i>Escherichia coli</i> entérotoxigènes, <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Camylobacter jejuni</i> , <i>Shigella</i> , <i>Salmonella</i> spp.
	Pneumopathies	<i>Legionella</i>
	Infections cutanées	<i>Staphylococcus aureus</i>
<b>Virus</b>	Hépatites A et C	Entérovirus
	Poliomyélite	Polyovirus
	Gastro-entérites aiguës et diarrhées	Entérovirus, Rotavirus, Adénovirus, Réovirus et Virus de Norwalk
<b>Parasites</b>	Dysenterie amibienne	<i>Entamoeba histolytica</i>
	Gastro-entérites	<i>Cryptosporidium</i> , <i>Giardia lamblia</i>
<b>Champignons</b>	Infections de la sphère Oto-RhinoLaryngologique et oculaire	<i>Penicillium</i> spp., <i>Aspergillus</i> spp., <i>Alternaria</i> spp. et <i>Candida</i> spp.

Le risque encouru par le baigneur dépend de plusieurs facteurs

- ✓ du niveau de contamination de l'eau,
- ✓ de l'état de santé du baigneur,
- ✓ des modalités de la baignade (durée, immersion de la tête...).

La transmission des microorganismes peut se faire par voie féco-orale (ingestion d'eau) ou par contact avec la peau et les muqueuses(19).

## II-1-Les bactéries :

Les bactéries pathogènes incluent des espèces d'origine fécale humaine ou animale, qui appartiennent aux genres *Shigella*(*S. sonnei* et

*flexneri*), *Salmonella*, *Campylobacter* (*C. jejuni* et *C. coli*), *Yersinia* (*Y. enterocolitica*), *Escherichia* (*E. coli* pathogènes) et *Vibrio* (*V. cholerae*) (20). D'autres bactéries pathogènes comme les *Legionellas* (*L. pneumophila*) et certaines espèces du genre *Vibrione* sont pas des bactéries d'origine entérique mais des pathogènes dont l'habitat naturel est l'environnement et plus particulièrement les systèmes aquatiques. Les bactéries pathogènes opportunistes peuvent être d'origine fécale. Elles appartiennent à une grande diversité de genres : *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Klebsiella*, *Flavobacterium*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Serratia*, *Acinetobacter*, *Proteus*, *Providencia* et *Mycobacterium*, et *Nocardia*. Ces pathogènes opportunistes affectent essentiellement des sujets sensibles comme les enfants, les personnes âgées ou les immunodéprimés. Les entérobactéries pathogènes induisent essentiellement des gastro-entérites qui se déclarent dans les quarante-huit heures qui suivent la baignade (21). Des dermatites, des infections des yeux et de la sphère ORL font aussi partie des risques sanitaires liés à la présence de ces bactéries dans les eaux de baignade. La fièvre typhoïde est causée par *Salmonella typhi*, maladie infectieuse aiguë et contagieuse, elle est la première maladie pour laquelle une augmentation d'occurrence a été observée chez les baigneurs (22). Les *Salmonella paratyphi* A, B et C sont également à l'origine de fièvres entériques. *Staphylococcus aureus* est à l'origine d'infections cutanées. Les enfants de moins de 16 ans sont les plus touchés par ces troubles de santé.

## **II-2-Les virus :**

Les virus pathogènes d'origine fécale (virus de l'hépatite A, entérovirus, rotavirus, calicivirus, astrovirus, norovirus) sont souvent à l'origine de maladies transmises par les eaux polluées. Le virus de *Norwalk* et les virus *Norwalk-like* sont à l'origine de gastro-entérites ayant une période d'incubation de 15 à 48 heures, alors que celles engendrées par des rotavirus se déclarent principalement au bout de 2 à 4 jours. Les adénovirus peuvent, eux, induire des

gastro-entérites ayant des périodes d'incubation pouvant aller jusqu'à deux semaines(21).Virus *Norwalk* et *Norwalk-like*sont principalement responsables d'épidémies de gastroentérites chez les adultes alors que les rotavirus et astrovirus sont à l'origine d'épidémies chez les enfants. Entérovirus et adénovirus sont aussi responsables de problèmes respiratoires. Ces pathologies observées à la suite d'une baignade, ont été classées dans la catégorie « Acute FebrileRespiratoryIllness ».Fièvre, maux de tête et de gorge, douleurs dans le corps, fatigue, anorexie et toux comptent parmi ces troubles respiratoires.

### **II-3-Les champignons :**

*Penicillium* sp, *Aspergillus* sp et *Alternaria*sp sont les champignons filamenteux le plus souvent retrouvés dans les eaux de baignade. *Candida* spp est la levure la plus communément recherchée dans les eaux de mer. Ces levures et champignons sont à l'origine d'infections oculaires, respiratoires, de la sphère ORL et de la peau et de problèmes gastriques.

### **II-4-Les protozoaires :**

Des protozoaires tels que *Giardia* (sous forme kystique) et les oocytes de *Cryptosporidium*survivent dans l'eau de mer. Les oocytes de *Toxoplasma*gondiine sont infectieux que sous forme sporulée. Ces formes sporulées ont une durée de vie de quelques mois dans l'eau de mer. Les pathologies induites par ces parasites sont principalement des gastroentérites. Les diarrhées parasitaires ont des périodes d'incubation variant entre sept et dix jours(21).

### **II-5-Les Micro-algues et cyanobactéries :**

De nombreuses espèces toxiques de dinoflagellés, de diatomées, de nanoflagellés et de cyanobactéries (algues de couleur bleu-vert) présentes dans le milieu marin provoquent des pathologies humaines. La toxicité de ces micro-

algues pour l'homme tient aux toxines qu'elles libèrent. Le principal danger vient de ce qu'elles s'accumulent dans les fruits de mer et les poissons qui sont ensuite consommés par l'homme, chez qui elles provoquent des intoxications. La « dermatite du baigneur » (ou « des nageurs ») est un eczéma de contact sévère qui se manifeste après immersion dans de l'eau de mer où se trouvent des efflorescences de certaines espèces de cyanobactéries. Elle provoque des démangeaisons et des brûlures dans les minutes ou dans les heures qui suivent la baignade. Des composés toxiques comme l'aplysiatoxine, la débromoaplysiatoxine et la lyngbyatoxine A ont été isolés dans les cyanobactéries marines. Ils sont très inflammatoires et contribuent dans une large mesure aux tumeurs de la peau(23). *Nodulariaspumigena* a été la première cyanobactérie reconnue comme mortelle chez l'animal. Elle produit une hépatotoxine, la nodularine, qui provoque d'importantes hémorragies du foie chez les mammifères et altère la structure de cet organe. L'inhalation d'embruns chargés de fragments de dinoflagellés ou de toxines (brevétoxines) libérés dans l'écume par des micros-algues lysées peut être dangereuse pour l'homme. Les signes et symptômes sont une irritation sévère de la conjonctive et des muqueuses (en particulier celles du nez) suivie d'une toux persistante, d'éternuements et de picotements des lèvres.

### **III-CONTROLE SANITAIRE**

Le contrôle sanitaire est effectué en vue de rechercher et dénombrer les germes indicateurs de contamination fécale pour apprécier le risque de contamination microbiologiques des eaux.

#### **III-1-Contrôles microbiologiques.**

##### **III-1-1-1.Les méthodes de recherches des germes**

##### **III-1-1-1-1La recherche des coliformes**

Ils existent 3 méthodes pour la recherche des coliformes (22):

- les méthodes classiques
- les méthodes enzymatiques
- les méthodes moléculaires

### **III-1-1-1-1- Les méthodes classiques**

#### **➤ Technique de fermentation à tubes multiples**

La technique de numération des coliformes par la technique de la fermentation à tubes multiples (MTF) a été utilisée pendant plus de 80 ans comme méthode de surveillance de la qualité de l'eau. La méthode consiste à inoculer une série de tubes avec des dilutions décimales appropriées de l'échantillon d'eau. La production de gaz, la formation d'acide ou la croissance abondante dans les éprouvettes après 48 heures d'incubation constitue une réaction présomptive positive. Tous les tubes avec une réaction présomptive positive sont ensuite soumis à un test de confirmation. La formation de gaz dans un bouillon de bile de lactose vert brillant dans les 48 h à 35° C constitue un test de confirmation positive. Les résultats de la technique MTF sont exprimés en termes du nombre le plus probable (NPP) de micro-organismes présents. Ce nombre est une estimation statistique du nombre moyen de coliformes dans l'échantillon. En conséquence, cette technique offre une approche semi-quantitative de dénombrement des coliformes(24).

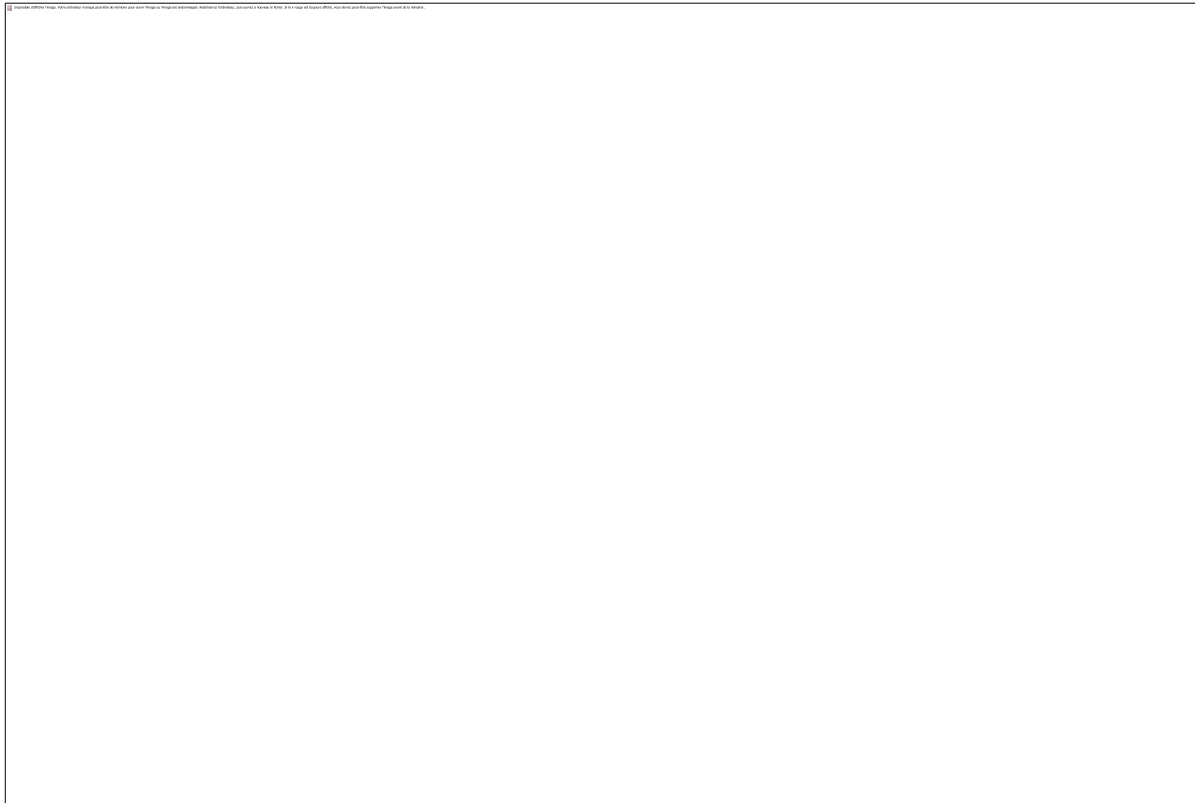


Figure 4: Photographie d'un dénombrement des *E.coli* par la technique de microplaque. Les puits positifs (ou il y a la croissance des *E.coli*) apparaissent fluorescents sous illumination UV

➤ Technique de filtre à membrane

Cette méthode consiste à filtrer un échantillon d'eau donné sur un filtre stérile dont la taille de pore mesure 0,45 µm permettant de retenir des bactéries. Ce filtre est ensuite déposé sur un milieu de culture sélectif. Incuber ce filtre et énumérer des colonies typiques (24).

**III-1-1-1-2- Les méthodes enzymatiques**

L'ajout de substrats fluorogènes et chromogènes aux milieux de culture (agar et milieux liquides) permet de détecter l'activité enzymatique des coliformes totaux, thermotolérant avec notamment les *Escherichia coli*. Cela a permis d'augmenté la sensibilité et la rapidité de la méthode classique d'estimation de la contamination microbienne (24).

**III-1-1-1-3-Les méthodes moléculaires**

Des méthodes moléculaires ont été développées pour augmenter la rapidité de l'analyse. Elles sont capables d'atteindre un haut degré de sensibilité et de spécificité sans la nécessité d'une culture et d'une étape de confirmation. En conséquence, certaines de ces méthodes permettent la détection de cultures spécifiques de bactéries cultivables ou non cultivables en quelques heures, au lieu des jours requis avec les méthodes traditionnelles (24).

**III-1-1-2-La recherche des virus**

La détection et le dénombrement des virus sont réalisés par culture de cellules humaines ou animales. La culture cellulaire est une technique qui permet de ne détecter que les particules virales infectieuses. La culture cellulaire est une méthode sensible, spécifique et quantitative.

Elle est à l'heure actuelle la méthode de référence de détection des virus dans l'eau, les aliments et l'environnement car c'est la seule méthode qui permet d'affirmer le caractère infectieux des particules virales (24).

### **III-1-1-2-1. Les cryptosporidies et champignons**

Les méthodes d'analyses utilisées pour l'identification et le dénombrement des cryptosporidies sont l'immunofluorescence directe (oocystes) et la polymérase Chain reaction PCR (génome) (25). Les méthodes d'identification et de dénombrement des champignons peuvent être également réalisées par une méthode spectrale (spectrophotométrie Infrarouge) et par l'utilisation de milieux de culture artificiels (Sabouraud-Chloramphénicol, dermatophytes...) (26).

### **III-1-1-2. Les germes recherchés au cours du contrôle de la qualité de l'eau**

Les analyses microbiologiques de l'eau de mer n'ont pas pour but de recenser toutes les espèces microbiologiques présentes dans le milieu, mais uniquement celles qui sont soit susceptibles d'être pathogènes ; soit celles qui les accompagnent et qui par leur présence indiquent une contamination fécale. Ce qui est beaucoup plus pratiqué car plus facile (27).

En effet, il est impossible de baser la surveillance de la qualité de l'eau sur la détection des germes pathogènes eux-mêmes pour de multiples raisons :

- la très grande diversité des micro-organismes pathogènes qui peuvent être présents dans l'eau (virus, bactéries, protozoaires,...) (28) ;
- la faible abondance de chaque espèce de pathogène (nécessité de concentrer de grands volumes d'eau pour les détecter)
- et enfin, l'absence de méthodes standardisées et rapides pour la détection de tous ces micro-organismes pathogènes.

L'évaluation de la qualité microbiologique des eaux de baignade, porte donc sur la recherche des germes indicateurs de pollution de l'eau. Leur présence dans l'eau correspond à une contamination d'origine fécale plus ou moins forte en fonction des concentrations relevées.



### **III-1-1-2-1 Les bactéries**

Les bactéries indicatrices de contamination n'ont pas nécessairement par elles-mêmes un caractère pathogène mais, leur présence indique l'existence d'une contamination par des matières fécales. Leur concentration est une indication du niveau de risque de présence de microorganismes. Sept (07) critères sont définis pour qu'une espèce bactérienne soit dite indicatrice de pollution fécale :

- appartenir à la flore intestinale des personnes en bonne santé
- avoir pour seul habitat le milieu intestinal
- être absente chez les autres espèces animales et présentes chez l'homme
- être plus abondant que les pathogènes,
- facile à détecter et à dénombrer
- être plus résistante dans le milieu extérieur que les pathogènes
- ne pas proliférer dans l'environnement

Aucun groupe de microorganisme ne remplit entièrement toutes ces exigences.

Seuls 4 groupes de bactéries les vérifient en partie. Ce sont :

- les coliformes
- les entérocoques
- les clostridies
- les Pseudomonas

Il existe deux sortes de coliformes.

#### **III-1-1-2-1-1-Les Coliformes totaux (CT)**

Le groupe des CT est défini comme l'ensemble des bactéries aérobies et anaérobies facultatives Gram-, non sporulantes, en forme de bâtonnet, qui sont capables de se multiplier en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface ayant des propriétés équivalentes et de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 heures entre 35-37°C. La pertinence de ce groupe comme indicateur est aujourd'hui fortement contestée du fait que toutes

les espèces incluses dans les CT ne sont pas spécifiques de la flore intestinale des animaux à sang chaud. En effet, certaines espèces sont d'origine tellurique ou aquatique et sont capables de se développer dans l'environnement aquatique (20). Il s'agit des bactéries appartenant aux genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*.

#### **III-1-1-2-1-2- Les Coliformes thermotolérants (CTT)**

Les Coliformes thermotolérants constituent un sous-groupe des CT capables de se développer à 44 °C. Les **CTT** sont considérés comme plus appropriés que les CT comme indicateurs de contamination fécale. Ce groupe est majoritairement constitué des *Escherichia coli* (20).

#### **III-1-1-2-1-3- Les entérocoques**

Les entérocoques sont des Cocci Gram+, se présentant sous formes de courtes chaînes et présents dans l'intestin grêle de l'homme et des animaux à sang chaud. Ce sont des indicateurs de pollution fécale car plus résistants aux désinfectants usuels que les coliformes. Ils se caractérisent par leur aptitude à répondre aux critères suivants :

- croissance à des températures variant de 10 à 45°C,
- résistance à 60°C pendant 30 minutes,
- croissance en présence d'une concentration de 6,5 % de chlorure de sodium et à un pH de 9 (29,30).

Les entérocoques sont considérés comme les meilleurs indicateurs disponibles de la qualité des eaux marines à vocation récréative (29). Leur détection signale la contamination fécale de l'eau et de ce fait, la présence possible de bactéries, virus ou protozoaires fécaux pathogènes.

### **Principe pour la recherche des entérocoques**

Les entérocoques sont cultivés sur gélose BEA (Bile Esculine Azide). L'Azide de sodium provoque l'inhibition des bactéries contaminants Gram négatif. Les sels biliaires empêchent la croissance des bactéries Gram positif.

Les Entérocoques dans la gélose hydrolysent l'esculine en esculétine. Ce dernier composé forme un complexe noir en présence des ions ferriques apportés par le citrate de fer.

### **III-1-1-2-1-4-Les anaérobiosulfito-réductrices (ASR)**

Les bactéries anaérobies strictes Gram positif et sporulées réduisent les sulfites en sulfure d'hydrogène. La plus caractéristique est *Clostridium perfringens*, seule espèce exclusivement fécale et seule pathogène du groupe. Ces spores sont résistantes au stress environnemental, peuvent survivre plus longtemps dans l'eau et résister à la désinfection quand la concentration en désinfectant et le pH ou la durée de contact ne sont pas satisfaisants. Leur persistance dans l'eau désinfectée peut être un signe de défaut dans le traitement ou la pollution fécale ancienne.

### **Principe pour la recherche des anaérobiosulfito-réductrices**

Il s'agit d'une réaction de réduction du sulfite de sodium avec production de sulfure de fer qui se manifeste par l'apparition d'un halo noir autour des colonies.

Les bactéries ASR représenté essentiellement par les *Clostridium perfringens* sont des micro-organismes capables de sporuler. Ces spores résistent à un chauffage de 15 minutes à  $(75 \pm 5) ^\circ\text{C}$ . Elles sont capables de se développer à  $37 \pm 1 ^\circ\text{C}$  en  $44 \pm 4$  heures en anaérobiose sur un milieu gélosé contenant des sels de fer.

### **III-2-Contrôles physico-chimiques**

Les paramètres physico-chimiques classiques sont recherchés selon plusieurs méthodes d'analyse :

#### **III-2-1-Électrochimie pour le pH**

Le pH des systèmes aqueux mesure l'équilibre acido-basique atteint par différents composés en solution. Il représente la concentration en ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  (hydronium) [58] selon cette formule  **$\text{pH} = -\log\text{H}_3\text{O}^+$**

L'échelle du pH varie entre 0 et 14. Un pH inférieur à 6,5 est dit acide et basique lorsqu'il est supérieur à 8,5.

Le principe de la mesure électrométrique du pH à l'aide d'un pH-mètre est basé sur la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel – chlorure de potassium saturé) laquelle différence de potentielle est liée à la présence d'ions hydrogène  $[\text{H}^+]$  dans le milieu (31).

#### **III-2-2-Détermination de la Turbidité**

La détermination de la turbidité se fait par la méthode néphélométrique. Elle consiste à mesurer la lumière diffusée formant un angle de  $90^\circ$  avec la lumière incidente (32)

#### **III-2-3-La conductivité**

La conductivité d'une solution est la mesure de la capacité des ions à transporter le courant électrique. Ce passage du courant électrique s'effectue par la migration des ions dans un champ électrique produit par un courant alternatif. Un courant alternatif est utilisé pour atténuer la perturbation causée par la polarisation des électrodes résultant du passage d'un courant électrique. Les électrolytes peuvent être considérés comme des conducteurs métalliques et ils obéissent à la loi d'Ohm. En appliquant une force électromotrice constante

entre les électrodes, la variation de l'intensité de courant est inversement proportionnelle à la résistance de la solution (33).

### **III-2-4-La colorimétrie**

Les analyses wagtech sont basées sur la mesure de l'intensité des couleurs absorbées par un échantillon auquel des réactifs ont été ajoutés par rapport à un échantillon non traité (blanc) par un photomètre wagtech. Dans un colorimètre, un faisceau de lumière blanche passe à travers un filtre optique qui ne transmet qu'une certaine bande de longueur d'onde lumineuse au photodétecteur, au niveau duquel elle est alors mesurée. La différence entre la quantité de lumière colorée transmise par un échantillon incolore (le "blanc") et la quantité de lumière colorée transmise par un échantillon coloré correspond à l'analyse de la quantité de lumière colorée absorbée par l'échantillon. Les photomètres wagtech calculent les résultats du test avant de les afficher directement en milligrammes par litre (mg/l) du facteur de test, en comparant la quantité de lumière absorbée aux données d'étalonnage programmées dans l'instrument (34).

### **III-2-5-Méthodes chromatographiques**

La Chromatographie liquide est une technique séparative d'analyse basée sur la distribution de substances contenues dans un échantillon (soluté) entre deux phases : une phase stationnaire fixe solide ou liquide et une phase mobile  $\phi m$  liquide (fluide).

### **III-2-6-Méthodes spectrométriques**

Ils mettent en jeu l'interaction des radiations électromagnétiques avec la matière se traduisant par absorption ou émission de photons. Les métaux peuvent être analysés par spectrophotométrie d'absorption atomique ou par

spectrophotométrie d'émission atomique. Les valeurs limites des paramètres physico chimiques sont consignées dans le Tableau II

Tableau II: Normes françaises de qualité relative aux eaux de baignade

Physico-chimie	Valeur guide (G*)	Valeur impérative (I*)
Ph	-	6-9
Coloration	-	Pas de changement anormal de la couleur
Huiles minérales (mg/L)	-	Pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur
Substances tensio-actives réagissant au bleu de méthylène mg/L (lauryl-sulfate)	-	Pas de mousse persistante
Phénols (indices phénols) C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH (mg/L)	-	Aucune odeur Spécifique
Transparence (m)	2	1
Oxygène dissous (% de saturation O <sub>2</sub> )	80-120	-
Résidus goudronneux et matières flottantes telles que bois, plastique, bouteilles, récipients en verre, en plastique, en caoutchouc et en toute autre matière. Débris ou éclats	Absence	-

### III-3-Critères de qualité des eaux de baignade

La qualité des eaux de baignade est régie au niveau européen par la directive 2006/7/CEE qui définit deux types de valeurs seuils (valeurs guides et impératives) le classement est effectué sur la base des paramètres physicochimiques et microbiologiques (le plus souvent). Cependant dans les milieux aquatiques, la détection de tous les pathogènes potentiels est très difficile et incertaine en raison de (35):

- La très grande variété et diversité des micro-organismes pathogènes qui peuvent être présents dans l'eau (virus, bactéries, protozoaires...);
- La faible abondance de chaque espèce de pathogène (nécessité de concentrer de très grands volumes d'eau pour les détecter);
- L'inexistence de méthodes standardisées et rapides pour la détection de tous ces micro-organismes pathogènes

L'évaluation de la qualité microbiologique des eaux est, par conséquent, basée sur le concept de germes dits « indicateurs de contamination ». Ces indicateurs ou bactéries indicatrices de contamination n'ont pas nécessairement eux-mêmes un caractère pathogène, mais leur présence indique l'existence d'une contamination par des matières fécales. Leur concentration est une indication du niveau de risque de présence de microorganismes pathogènes.

Différents groupes de bactéries sont utilisés comme indicateurs de contamination fécale dans différents pays et sous différentes juridictions. Les coliformes totaux et fécaux ont été très longtemps les principaux indicateurs de contamination fécale mais aujourd'hui, *Escherichia coli* et les entérocoques intestinaux sont reconnus comme plus appropriés (36,37) et proposés pour remplacer les coliformes dans certaines normes de qualité microbiologique des eaux. Il est cependant important de comprendre les potentialités et les limitations de ces différents indicateurs. Quelques caractéristiques des indicateurs les plus couramment utilisés sont présentées ci-dessous :



**Coliformes totaux (CT).** La pertinence de ce groupe comme indicateur est aujourd'hui fortement contestée du fait que toutes les espèces incluses dans les CT ne sont pas spécifiques de la flore intestinale des animaux à sang chaud. En effet, certaines espèces sont d'origine tellurique ou aquatique et sont capables de se développer dans l'environnement aquatique(38,39)

**Coliformes fécaux (CF) (aussi appelés Coliformes Thermotolérants).** Les CF constituent un sous-groupe des CT capables de se développer à 44 °C. Les CF sont considérés comme plus appropriés comme indicateurs de contamination fécale que les CT. Ce groupe est majoritairement constitué d'*Escherichia coli* mais comprend aussi des *Klebsiellas*, des *Enterobacter* et des *Citrobacter*. Certains auteurs ont rapporté la présence de ces dernières espèces dans des eaux sans qu'aucune contamination fécale ne soit suspectée (38,39), tel que, Havelaar(40) montre qu'en Finlande la majorité des coliformes thermotolérants détectés dans une eau provenaient d'eaux usées d'industries de bois et de papier.

***E. coli*.** De nombreuses études ont montré que cette espèce était généralement associée à une source fécale (36,40–43). Aujourd'hui *E.coli* est considéré comme le meilleur indicateur d'une contamination récente du milieu aquatique par du matériel fécal humain ou d'animaux à sang chaud(36). Cependant, quelques études (44,45) suggèrent qu'en milieux tropicaux certaines souches d'*E. coli* puissent faire partie de la flore autochtone des rivières ; cette espèce ne serait donc pas un indicateur idéal de contamination fécale en milieux tropicaux.

**Entérocoques intestinaux.** Ce groupe est aussi considéré comme un bon indicateur spécifique de la contamination fécale. Plusieurs études ont montré que l'abondance des entérocoques intestinaux était mieux corrélée à l'apparition de maladies gastro-intestinales chez les baigneurs fréquentant des plages aux eaux contaminées que l'abondance des CT ou CF (36,46). Le fait

que les entérocoques intestinaux survivent plus longtemps dans le milieu naturel que les *E. coli* peut constituer un avantage de ce groupe si l'on cherche à identifier une contamination fécale ancienne (46,47).

Il faut noter qu'aujourd'hui le niveau des normes est en général établi partout dans le monde sur base d'études épidémiologiques conduites seulement en régions tempérées et dont les résultats ne sont probablement pas directement transposables à d'autres régions comme les régions tropicales ; il semble aujourd'hui important de lancer des études épidémiologiques spécifiques à chaque région pour y garantir la pertinence des normes de qualité microbiologique.

### **III-3-1-Définition des indicateurs bactériens de contamination fécale :**

#### **III-3-1-1. Les coliformes totaux :**

Ils sont définis comme l'ensemble des bactéries aérobies et anaérobies facultatives Gram négatif, non sporulantes, en forme de bâtonnet, qui sont capables de se multiplier en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface ayant des propriétés équivalentes et de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 heures à 35-37°C.

Les principaux genres inclus dans le groupe sont : *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia* (21). La presque totalité des espèces est non pathogène et ne représente pas de risque direct pour la santé (36,48), à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes.

#### **III-3-1-2. Les Entérocoques intestinaux :**

Ils constituent un sous-groupe des Streptocoques fécaux ; ce sont des bactéries Gram positives, catalases négatives, en forme de cocci, commensaux du tube digestif.

Les entérocoques appartiennent au groupe D de Lancefield, les plus fréquemment isolés sont *Enterococcus faecalis* et à un moindre degré *Enterococcus faecium* (49).

Ils peuvent être définis comme des microorganismes capables de se développer entre 10 et 45 °C à pH 9,6 et dans 6.5% de NaCl ou comme des microorganismes capables de se développer en aérobiose et d'hydrolyser

Le 4-méthylumbelliferyl  $\beta$ -D Glucoside en présence d'acétate de thallium, acide nalidixique et 2, 3,5- triphényltetrazoliumchloride (TTC).

### III-3-1-3. Le rapport coliformes fécaux/streptocoques fécaux

Le rapport coliformes fécaux/entérocoques est un élément informatif de premier ordre pour déterminer la source de contamination (50):

Tableau III: Origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF

Rapport CF/SF	Source de contamination
$R > 4$	origine exclusivement humaine
$4 > R > 2$	origine mixte à prédominance humaine
$2 > R > 1$	origine incertaine
$1 > R > 0.7$	origine mixte à prédominance humaine
$0.7 > R$	origine principalement animale

Ce rapport doit être, cependant, appliqué avec prudence, car il varie énormément avec la température de l'eau de mer, l'éloignement de la source de contamination et avec le temps d'immersion des contaminants.

### III-3-1-4. Autres indicateurs

Des études récentes ont mis en évidence le fait que l'abondance de bactéries indicatrices en général n'était pas bien corrélée à la présence de virus pathogènes (51,52). Les bactériophages et plus particulièrement les

coliphages ont été proposés comme des indicateurs spécifiques pour les virus entériques. Les bactériophages sont des virus qui infectent des bactéries ; ceux qui infectent en particulier *E. coli* et les autres coliformes sont appelés des coliphages somatiques,

Cette approche est en plein développement, mais des limitations pour l'usage des coliphages comme indicateurs subsistent

De nombreux paramètres influencent le devenir des coliphages dans les milieux naturels (densité des bactéries hôtes, et des phages eux-mêmes, température, pH, etc.) et peu d'informations pertinentes existent à ce sujet ;

Ils sont présents en nombre très variable et leur abondance n'a pas été démontrée comme ayant un rapport avec l'apparition d'infections ;

Finalement, les analyses sont encore très chères et nécessitent une étape de concentration(53). *Clostridium perfringens* a aussi été proposé. Cette bactérie anaérobie stricte ne se multiplie que dans le tractus intestinal d'animaux à sang chaud et ses spores résistent remarquablement aux conditions défavorables, beaucoup mieux que les virus entériques. Cependant, du fait de cette très forte résistance, *Clostridium* s'avère être un indicateur trop conservatif et se révèle non corrélé avec les virus entériques(54).

Une collaboration internationale (Projet virobathe) vise à établir des normes pour l'énumération des virus dans les eaux à usage récréatif. Enfin, certains auteurs (55) proposent une évaluation de la qualité microbiologique des eaux basée sur l'énumération simultanée de plusieurs indicateurs complémentaires.

Parmi les normes microbiologiques des eaux de baignade, on distingue les normes proposées par l'OMS et le PNUE et la nouvelle directive Européenne 2006/7/CEE (voir tableaux ci-dessous)

Tableau IV: Normes microbiologiques pour les eaux de baignade proposées par l'OMS et le PNUE en 1983(56)

Paramètres	Concentration par 100 ml à ne pas dépasser		Nombre minimum d'échantillons
	50% du temps	90%	
Coliformes Fécaux	100	1000	10
Streptocoques Fécaux	100	1000	10

Tableau V: Les normes microbiologiques requises pour les eaux de baignade déterminée par la directive 2006/7/CEE

Paramètres	Excellente qualité	Bonne qualité	Qualité suffisante
Entérocoques intestinaux (CFU /100ml)	100*	200*	185**
Escherichia Coli (CFU/100ml)	250*	500*	500**

\* : évaluation au 95ème percentile

\*\* : évaluation au 90ème percentile

### III-3-2-Classification de la qualité des eaux de baignade

Afin de prévenir tous les risques énumérés ci-dessus et de garantir la sécurité des usagers des eaux de baignade, L'OMS a fixé des normes et des seuils de salubrité qui sont fondés sur des limites ou seuils réputés tolérables (tableau VI).

Tableau VI:Indice de la qualité de l'eau de baignade (germe/ml) (Selon l'OMS).

INDICE DE LA QUALITE DE L'EAU DE BAINADE				
PARAMETRES	CLASSES			
	A Excellente	B Bonne	C Acceptable	D Mauvaise
Coliformes totaux	0 à 100	101 à 500	501 à 1000	1000 et +
Coliformes fécaux	0 à 20	21 à 100	101 à 199	200 et +
Streptocoques fécaux	0 à 10	11 à 50	51 à 100	100 et +

## Deuxième partie : ETUDE EXPERIMENTALE

## **I-MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **I-1-Type et cadre de l'étude**

Ce travail est une étude analytique expérimentale prospective à visée étiologique réalisée dans le sud de la Côte d'Ivoire dans la région des lagunes (Abidjan) sur les eaux de baignade en mer dans la commune de Port-Bouët (à Vridi et Port-Bouëtcentre), qui s'étend sur 110 km<sup>2</sup>, sur tout le bras de terre séparant la lagune Ebrié et l'océan Atlantique, elle est donc bordée au nord par la lagune, au sud par l'océan, à l'ouest par la commune de Yopougonet à l'est par la ville de Grand Bassam. La commune de Port-Bouët est ourlée de quartiers précaires ainsi que d'industries. Les analyses physico-chimiques classiques et microbiologiques ont été réalisées à l'antenne de l'Institut National Hygiène Publique (INHP) d'Abidjan.

L'étude s'est faite sur une période de 8 mois, de mai à décembre 2018.

### **I-2-Matériel**

#### **I-2-1-Appareillage**

L'appareillage est constitué :

- D'un pH-mètre à sonde (HACH HQ 11 d-France),
- D'un turbidimètre (HACH 2100Q IS),
- D'un conductimètre à sonde (HACH HQ 14 d-France),
- D'un Bain Marie (THERMOSTATIC BATH),
- D'un photomètre wagtech 7100,
- D'une rampe de filtration (SCHOTT DURAN),
- D'autoclave de paillasse,
- D'un GPS (GARMIN ETATS UNIS).



### **I-2-2-Consommables**

Les consommables ont été :

- Les verreries de laboratoire,
- Les boîtes de Pétri,
- les flacons de prélèvements 500 ml, 1000 ml,
- les glacières,
- les accumulateurs de glace,
- les papiers filtres.

### **I-2-3-Réactifs**

Les réactifs utilisés sont de qualité analytique. Ils sont constitués de réactifs de chimie et de microbiologie.

#### **Réactifs de chimie**

Les réactifs de chimie utilisés sont de marque Wagtech. Ils sont consignés dans

Tableau VII:les réactifs utilisés pour la chimie

Réactifs	Paramètres recherchés
Pastilles Nitratest, poudre Nitratest et pastille Nitricol	Nitrates et Nitrites
Pastilles Ammonia No1 et No2	ammonium
Pastille Iron HR	fer
Pastilles Aluminium No1 et No2	Aluminium
Pastilles Manganèse No1 et No2	Manganèse
Pastilles Hardicol No1 et No2	Durété totale
Pastilles Fluorure No1 et No2	Fluorure
Pastille Alkaphot	Alcalinité
Pastilles Acidifying CD et la pastille Chloridol	Chlorures
Pastille Sulphate Turb	Sulphate
Pastille Potassium K	Potassium
Pastilles Phosphate HR et SR	Phosphate
Pastilles Calcicol No1 et No2	Calcium
Pastille Magnecol	Magnésium
Pastilles Silica PR, Silica No1, Silica No2	Silice et Silicates
Pastilles Dechlor et zinc	Zinc
Permanganate de k, acide sulfurique et oxalate de sodium	Matière organique

### Réactifs de microbiologie

Les réactifs de microbiologie des laboratoires **Bio Rad France** sont constitués de milieux de culture : Rapid'E coli 2 Agar (Bio Rad France), BEA (Bio Rad France), gélose TSN (Bio Rad France), EPT (eau peptonéetamponée), Pseudosel, EPA (eau peptonée alcaline), YGC (yeast glucose chloramphénicol), BCYE, Baird Parker la gélose SS, la gélose HEKTOEN.

### **I-3-Méthodes**

#### **I-3-1- Présentation des zones de prélèvements : repérages par GPS**

##### **- Mode opératoire du GPS**

Global Position System (GPS), est un appareil qui permet de déterminer les coordonnées spatiales d'un objet ou de se repérer dans l'espace géographique. Adapté aux travaux de terrain, il a été utilisé pour le repérage du site.

L'appareil est d'abord mis sous tension et ensuite placé sur ou près de la cible avec l'écran face au ciel. Pour déterminer la position d'un objet, il lui faut capter le signal d'au moins trois satellites. En situation de bonnes conditions atmosphériques ou le ciel est très dégagé, il peut capter un grand nombre de satellites et cela ne fait qu'affiner la précision des coordonnées de l'objet. Une fois les satellites captés, l'appareil détermine la longitude et la latitude pour un repérage en Degré.

#### **I-3-2- Méthodes de prélèvement, Transport et Conservation des échantillons**

##### **I-3-2-1.Échantillonnage**

L'échantillonnage était constitué des échantillons provenant des eaux de baignade en mer dans deux quartiers de la commune de Port-Bouët(Port-Bouëtcentre et Vridi). L'échantillonnage s'est fait au cours de huit campagnes bien distinctes : de mai à décembre 2018. Le nombre d'échantillons par campagne était constitué :

- d'un (1) échantillon de 1000 ml pour les analyses physico chimiques ;
- d'un (1) échantillon de 1000 ml pour la recherche des *vibrio* ;

- de trois (3) échantillons de 500 ml pour les autres analyses microbiologiques.

### **I-3-2-2.Prélèvement, Transport et Conservation des échantillons**

Les prélèvements ont été réalisés selon les recommandations de l'OMS/PNUE. Les échantillons d'eau étaient rangés dans une glacière en vue de les transporter au laboratoire tout en respectant la chaîne de froid assurée par des accumulateurs de glace. Les échantillons prélevés étaient transportés à l'abri de la lumière à une température allant de 4°C à 8°C. Les échantillons prélevés pour la recherche de *vibrio* avaient été mis dans une glacière sans accumulateurs de glace (température ambiante). Ils ont été acheminés au laboratoire le plus rapidement possible c'est-à-dire dans les 4 heures qui suivaient le prélèvement pour les différentes analyses.

Avant la détermination des paramètres physicochimiques classiques, les échantillons sont disposés sur la pailleasse le temps que leur température revienne à la température ambiante.

### **I-3-3-Analyses des échantillons**

#### **I-3-3-1.Analyses organoleptiques et physicochimiques**

##### **I-3-3-1-1Analyse des paramètres organoleptiques**

Les caractères organoleptiques constituent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé. Les paramètres organoleptiques analysés dans notre étude sont la couleur et la turbidité.

##### **I-3-3-1-1-1Mesure de la Couleur**

La couleur de l'eau est liée à la présence de substances organiques, de métaux comme le fer, le manganèse ou de rejets industriels (48).

La détermination de la couleur repose sur le principe de comparateur de couleur. La couleur est évaluée par simple observation visuelle. Elle est mesurée par comparaison visuelle avec une série de solutions standards.

### **I-3-3-1-1-2 Détermination de la Turbidité**

#### **- Mode opératoire**

Rincer le flacon avec environ 10 ml de l'échantillon d'eau, boucher le flacon avec le capuchon à vis et retourner le flacon plusieurs fois. Verser l'échantillon utilisé et répéter la procédure de rinçage deux ou trois fois.

Remplir le flacon rincé avec l'échantillon jusqu'au repère indiqué sur le flacon. Boucher le flacon avec le bouchon à vis fourni.

Essuyer le flacon avec un chiffon doux ou pelucheux fourni. Vérifier que l'extérieur du flacon est sec, propre et dépourvu de tâches.

Appliquer une fine couche d'huile de silicone (fournie) sur le flacon d'échantillon. Essuyer avec un chiffon doux pour obtenir une répartition homogène sur toute la surface du flacon.

Placer le flacon dans la cuve échantillon et aligner le repère du flacon sur le repère du mesureur.

Pousser sur le flacon jusqu'à ce qu'il soit bien placé.

Obstruer le flacon avec le capuchon pare-lumière.

Allumer le mesureur en appuyant sur ON/OFF et attendre quelques secondes pour lire la valeur affichée sur l'écran de l'appareil (valeur en UTN)

### **I-3-3-1-2Analyse physico-chimique**

#### **I-3-3-1-2-1 Mesure du pH**

#### **- Mode Opératoire**

Rincer l'électrode avec de l'eau distillée. Si l'électrode pH est desséchée, la tremper durant 30 minutes dans une solution de KCl 2M – 4M.

Allumer le pH-mètre.

Étalonner le pH-mètre avec une solution d'étalonnage de pH= 4 et pH=7

Plonger l'électrode dans l'échantillon. La membrane de verre doit être totalement immergée. Agiter légèrement l'électrode pour homogénéiser le milieu

Attendre que la mesure se stabilise et procéder à la lecture directement sur l'affichage digital de l'appareil Détermination de la conductivité et de la température

### **I-3-3-1-2-2Détermination de la conductivité**

#### **- Mode Opératoire**

1- Rincer la cellule à l'eau distillée.

Afin d'éviter une dilution ou une contamination, rincer la cellule avec la solution de mesure.

2- Appuyer sur ON pour allumer l'appareil.

3- Étalonner l'appareil.

4- Plonger la cellule dans l'échantillon en s'assurant que les deux anneaux en acier sont immergés (Ne Pas retirer la protection en plastique jaune). Remuer légèrement à l'aide de la cellule.

5- Attendre que la mesure soit stabilisée et procéder à la lecture de la conductivité et de la température

### **I-3-3-1-2-3Mesure de la température**

La température est mesurée sur le terrain à l'aide d'un appareil de mesure de température qu'on plonge dans un échantillon d'eau prélevé. Le résultat est lu directement sur l'écran de l'appareil en degré Celsius (°C).

#### **I-3-3-1-2-4. Dosage de l'Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )**

##### **- Mode Opératoire**

Remplir un tube jusqu'à 10 ml de l'échantillon ;

Ajouter une pastille « Ammonia N°1 » et une pastille « Ammonia N°2 », écraser et remuer pour dissoudre ;

Attendre 10 minutes pour permettre le développement complet de la couleur (jaune au vert) ;

Sélectionner Phot 62 pour mesurer l'ammonium en milligramme par litre d'eau ( $\text{mg/L NH}_4^+$ )

Lecture du résultat à 640 nm.

Le résultat s'affiche en  $\text{mg/L NH}_4^+$ .

#### **I-3-3-1-2-5. Dosage des Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )**

##### **- Mode Opératoire**

Remplir un tube jusqu'à 10 ml de l'échantillon à analyser ;

Ajouter une pastille « Nitricol », écraser et remuer pour dissoudre ;

Attendre 10 minutes pour permettre le développement de la couleur (neutre au rouge clair) ;

Sélectionner Phot 64 pour mesurer les nitrites en milligramme par litre d'eau ( $\text{mg/L NO}_2^-$ ) ;

Lire le résultat à la longueur d'onde de 520 nm.

#### **I-3-3-1-2-6. Dosage des Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )**

##### **- Mode Opératoire**

1- Prélever 20 ml d'échantillon dans le tube Nitratest ;

- 2- Ajouter une cuillère de poudre Nitratest et une pastille Nitratest, ne pas écraser la pastille. Fermer le tube avec le capuchon et agiter pendant une minute ;
- 3- Attendre une autre minute puis remuer le tube trois ou quatre fois pour permettre la floculation. Attendre encore deux minutes ou jusqu'à l'obtention d'une solution claire ;
- 4- Enlever le capuchon et nettoyer le haut du tube avec un papier propre. Transférer le contenu de cette solution claire dans une éprouvette ronde, jusqu'au trait 10 ml ;
- 5- Ajouter une pastille Nitricol, écraser et remuer pour dissoudre ;
- 6- Attendre 10 minutes jusqu'au développement complet de la couleur (neutre au rouge foncé);
- 7- Sélectionner la longue d'onde 570 nm du photomètre ;
- 8- Lire le résultat qui s'affiche en milligramme de nitrates par litre d'eau (mg/L  $\text{NO}_3^-$ ).

### **I-3-3-1-2-7 Dosage des Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) et du Sodium ( $\text{Na}^+$ )**

#### **-Mode Opératoire**

- 1- Remplir le tube jusqu'à 10 ml de l'échantillon.
  - 2- Ajouter une pastille « Acidifying CD », écraser et remuer pour dissoudre.
  - 3- Ajouter une pastille « Chloridol », laisser la pastille se dissoudre pendant 2 minutes. Ecraser ensuite toutes particules restantes (Une solution nuageuse blanchâtre indique la présence de chlorure).
  - 4- Sélectionner Phot 46.
  - 5- Lire le résultat à la longueur d'onde de 520 nm.
  - 6- Le résultat s'affiche en milligramme de Chlorure par litre d'eau (mg/L)
  - 7- Aller à la concentration en mg/L de Chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ )
- Déduire la concentration de sodium par un calcul ( $[\text{Na}] = [\text{NaCl}] - [\text{Cl}]$ )



### **I-3-3-1-2-8 Dosage du Fer (Fe)**

#### **- Mode Opérateur**

Remplir le tube de 10 ml de l'échantillon à analyser.

Ajouter une pastille « Iron HR », écraser et remuer pour dissoudre.

Attendre une minute pour permettre le développement de la couleur. (Neutre à rouge foncé)

Sélectionner Phot 19.

Lire le résultat à la longueur d'onde de 520 nm.

Le résultat s'affiche en milligramme de fer par litre d'eau (mg/L Fe).

### **I-3-3-1-2-9. Dosage du Manganèse (Mn)**

#### **Mode Opérateur**

Dans un tube, introduire 10 ml d'eau à analyser.

Ajouter une pastille de manganèse N°1, écraser et remuer pour dissoudre.

Ajouter une pastille de manganèse N°2, écraser et remuer pour dissoudre.

Fermer le tube et attendre 20 minutes pour permettre le développement de la couleur. (Bleu)

Sélectionner Phot 20.

Lire le résultat par rapport à une longueur d'onde de 640 nm.

Le résultat s'affiche en milligramme de manganèse par litre d'eau (mg/L Mn).

### **I-3-3-1-2-10. Dosage des Fluorures (F-)**

Le dosage des fluorures s'effectue de la façon suivante:

Remplir le tube jusqu'à 10 ml de l'échantillon.

Ajouter une pastille « Fluorure N°1 », écraser et remuer pour dissoudre.

Ajouter une pastille « Fluorure N°2 », écraser et remuer pour dissoudre.

Attendre 5 minutes pour permettre le développement complet de la couleur (rouge foncé).

Sélectionner Phot 14.

Lire le résultat qui s'affiche en milligramme de fluorure par litre d'eau (mg/L F).

### **I-3-3-1-2-11.Dosage de l'Aluminium (Al)**

#### **- Mode Opératoire**

Prélever 10 ml de l'échantillon dans un tube ;

Ajouter une pastille « Aluminium N°1 », écraser et remuer pour dissoudre ;

Ajouter une pastille « Aluminium N°2 », écraser et remuer doucement pour dissoudre. Éviter d'agir vigoureusement ;

Attendre 5 minutes pour permettre le développement complet de la couleur (neutrea orangé).

Sélectionner Phot 3 ;

Lire le résultat par rapport à une longueur d'onde de 520 nm ;

Le résultat s'affiche en milligramme d'Aluminium par litre d'eau (mg/L Al.)

### **I-3-3-1-3Dosage des minéraux (Calcium, Potassium, Magnésium), des Sulfates, Phosphates, silice, silicate, soufre et zinc.**

#### **- Procédure de dosage du calcium**

Filtrer l'échantillon pour obtenir une solution claire.

Remplir le tube jusqu'à 10 ml de l'échantillon

Ajouter une pastille « Calcicol N°1 », écraser et remuer pour dissoudre.

Ajouter une pastille « Calcicol N°2 », écraser et remuer pour dissoudre.

Attendre 2 minutes pour permettre le développement complet de la couleur (rouge).

Sélectionner Phot 60.

Lire le résultat qui s'affiche en mg/L Ca.

**- Procédure de dosage du potassium**

Remplir le tube jusqu'à 10 ml de l'échantillon.

Ajouter une pastille « Potassium », écraser et remuer pour dissoudre et permettre le développement de la couleur (blanchâtre).

Sélectionner Phot 30.

Lire le résultat qui s'affiche en mg/L K.

.

**- Procédure de dosage du magnésium**

Remplir le tube jusqu'à 10 ml de l'échantillon.

Ajouter une pastille « Magnecol », écraser et remuer pour dissoudre et permettre le développement (orangé).

Attendre 5 minutes pour permettre à la couleur de se développer et à la turbidité de se dissiper.

Sélectionner Phot 21.

Lire le résultat s'affiche en mg/L Mg.

**- Procédure de dosage des sulfates et soufre**

Remplir le tube jusqu'à 10 ml de l'échantillon.

Ajouter une pastille « Sulphate Tub », écraser et remuer pour dissoudre.

Une solution nuageuse (blanchâtre) indique la présence de sulfate.

Attendre 5 minutes puis mélanger encore pour assurer l'homogénéité.

Sélectionner Phot 32.

Lire le résultat qui s'affiche en mg/L  $\text{SO}_4^-$ .

**- Procédure de dosage des phosphates**

Remplir le tube jusqu'à 10 ml de l'échantillon

Ajouter une pastille « Phosphate SR », écraser et remuer pour dissoudre.

Ajouter une pastille « Phosphate HR », écraser et remuer pour dissoudre.

Attendre 10 minutes pour permettre le développement complet de la couleur.

Sélectionner Phot 29.

Lire le résultat qui s'affiche en mg/L  $\text{PO}_4^-$ .

**- Procédure de dosage des silices et silicates**

- 1- Remplir le tube jusqu'à 10 ml de l'échantillon
- 2- Ajouter une pastille « Silica PR », écraser et remuer pour dissoudre.
- 3- Ajouter une pastille « Silica N 1 », écraser et remuer pour dissoudre.
- 4- Ajouter une pastille « Silica N 2 », écraser et remuer pour dissoudre
- 5 - Attendre 5 minutes pour permettre le développement complet de la couleur (violet).
- 6- Sélectionner Phot 56.
- 7- Lire le résultat qui s'affiche en mg/L  $\text{SiO}_2$ .

**- Procédure de dosage du zinc**

Remplir le tube jusqu'à 10 ml de l'échantillon

Ajouter une pastille «zinc», écraser et remuer pour dissoudre.

Ajouter une pastille «Dechlor », écraser et remuer pour dissoudre.

Attendre 5 minutes pour permettre le développement complet de la couleur (blanchâtre).

Sélectionner Phot 35.

Lire le résultat qui s'affiche en mg/L Zinc.

**I-3-3-1-4 Détermination du Titre Alcalimétrique Complet (TAC) et bicarbonate**

**- Mode Opératoire**

Remplir le tube jusqu'à 10 ml de l'échantillon.

Ajouter une pastille « Alkaphot », écraser et remuer pour dissoudre totalement la pastille.

Attendre une minute et mélanger encore pour permettre le développement de la couleur (blanchâtre).

Sélectionner Phot 2.

Lire le résultat qui s'affiche en mg/L  $\text{CaCO}_3$ .

### **I-3-3-1-5Détermination du Degré Hydrotimétrique Total (DHT)**

#### **- Mode Opératoire**

Filtrer l'échantillon pour obtenir une solution claire.

Remplir le tube jusqu'à 10 mL de l'échantillon.

Ajouter une pastille « Hardicol N°1 », écraser et remuer pour dissoudre.

Ajouter une pastille « Hardicol N°2 », écraser et remuer pour dissoudre.

Attendre 5 minutes pour permettre le développement de la couleur (jaune à vert).

Sélectionner Phot 15.

Lire le résultat qui s'affiche en mg/L  $\text{CaCO}_3$ .

#### **Remarque:**

$0 < \text{DHT} < 10^\circ\text{F}$  : eau très douce

$10^\circ\text{F} < \text{DHT} < 20^\circ\text{F}$  : eau douce

$20^\circ\text{F} < \text{DHT} < 30^\circ\text{F}$  : eau moyennement dure

$30^\circ\text{F} < \text{DHT} < 40^\circ\text{F}$  : eau dure

$\text{DHT} > 40^\circ\text{F}$  : eau très dure

### **I-3-3-1-6Détermination de la matière organique**

#### **- Mode opératoire**

Transférer 25 ml de l'échantillon dans un tube à essai et y ajouter 5 ml d'acide sulfurique 2 puis mélanger

Placer le tube dans un bain d'eau bouillante pendant 10 min + ou – 2 min

Ajouter 5 ml de la solution de permanganate de potassium (PP) et démarrer le chronomètre

Après 10 min + ou – 15 s ajouter 5 ml de la solution d oxalate de sodium et attendre que la solution se décolore

Titrer la solution avec PP jusqu'à une coloration rose pâle persistante pendant 30 s puis noter le volume V1 DE PP consommé

Effectuer parallèlement la détermination du volume V0 d'un blanc (eau distillée) avec PP

Conserver la solution (de l'essai à blanc) titrée pour l'étalonnage de la solution PP décrit comme suite:

Ajouter 5 ml de la solution d oxalate de sodium à la solution titrée conservée

Réchauffer si nécessaire, à environ 80 degré Celsius puis titrer avec le PP jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistante pendant 30 s puis noter le volume V2 DE PP consommé.

### **I-3-3-2.Analyse microbiologique**

#### **I-3-3-2-1.Description de la méthode par la membrane filtrante**

La méthode par la membrane filtrante est la plus utilisée au laboratoire et nécessite un appareil de filtration constitué :

D'un entonnoir cylindrique recevant le liquide ;

D'un poste de filtration en acier fritté sur lequel la membrane filtrante sera posée ;

D'un flacon à vide destiné à recueillir le filtrat et relié à une pompe à eau ou pompe à vide.

Les membranes filtrantes utilisées pour la filtration sont généralement en ester de cellulose et d'une porosité de 0,45µm.

#### **- Procédure de la membrane filtrante**

##### **• Activités préopératoires :**

Stéiliser l'unité de filtration (le poste de filtration et l'entonnoir cylindrique) de préférence par flambage soit à l'alcool ou à l'aide d'un camping gaz ;  
Étiqueter les milieux de culture en fonction du numéro des échantillons ;  
Sécher les milieux de cultures pour ramener leur température à 37°C ;  
Allumer le feu du bec Bunsen favorisant un environnement stérile;

- **Filtration :**

Ouvrir les robinets des postes de filtration (seuls les robinets des postes de filtration à utiliser sont ouverts) ;

Porter la membrane sur le poste de filtration et placer l'entonnoir cylindrique ;

Prélever 100 mL de l'échantillon d'eau à analyser et transvaser dans l'entonnoir ;

Ouvrir le robinet servant à faire le vide pour permettre la filtration ou mettre en marche le moteur relié au dispositif et au collecteur en verre

Ôter l'entonnoir cylindrique pour retirer la membrane du poste de filtration avec une paire de pinces stérilisée à nouveau puis porter la membrane sur le milieu de culture correspondant pour la recherche et le dénombrement d'une bactérie donnée ;

Incuber les milieux ainsi cultivés aux températures correspondantes pendant 18 heures à 24 heures ;

À la fin du temps d'incubation, procéder à la lecture du milieu pour dénombrement les bactéries ;

Si nécessaire, confirmer les résultats de la culture par des tests de confirmation.

L'analyse microbiologique a porté sur :

Le dénombrement des coliformes totaux et thermotolérants, *E.coli*, les entérocoques, les salmonelles, les staphylocoques, les vibrions, les Pseudomonas, les légionnelles;

La recherche et le dénombrement des levures et moisissures

### **I-3-3-2 Les coliformes totaux et thermotolérants**

- **Mode opératoire**

- 1 Filtration sur une membrane une prise d'essai (100 ml) de l'échantillon d'eau soigneusement homogénéisée à analyser. La membrane est ensuite placée à la surface de la gélose Rapid'E coli 2 ;
- 2 Incubation durant 18 à 24 heures à des températures de 30° C pour les Coliformes totaux et 44°C pour les coliformes thermotolérants. ;
- 3 Dénombrement des colonies :
  - Bleues vert : coliformes totaux et thermotolérants
  - Violettes : *Escherichia. Coli*

### **I-3-3-2.3. Dénombrement des Entérocoques**

La culture des Entérocoques s'est faite sur la gélose BEA (Bile-Esculine-Azide de sodium).

- **Mode opératoire**

- 1 Filtrer sur une membrane une prise d'essai (100 mL) de l'échantillon d'eau soigneusement homogénéisée à analyser. La membrane est ensuite placée à la surface de la gélose BEA
- 2 Incuber durant 18 à 24 heures à une température de 44°C
- 3 Dénombrer les petites colonies grises entourées d'un halo noir

### **I-3-3-2-4 Recherche des spores de micro- organismes anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) par filtration sur membrane**

- **Mode opératoire**



- 1- On sélectionne les spores bactériennes dans l'échantillon par un chauffage au bain-marie à  $75\pm 5^{\circ}\text{C}$  pendant 15 minutes, pour que les cellules végétatives soient détruites.
- 2- Filtration de 100 mL d'échantillon au travers d'une membrane filtrante stérile dont les pores présentent une dimension de  $0,45\ \mu\text{m}$  pour que les spores de bactéries soient retenues à l'intérieur de la membrane filtrante.
- 3- Dépôt de la membrane à l'envers sur un milieu de culture spécialement sélectif (gélose Tryptone Sulfite Néomycine : milieu TSN). L'anaérobiose est créée par une seconde couche de ce milieu sur la membrane.
- 4- Incubation des boîtes à  $46^{\circ}\text{C}$  pendant  $44\pm 4$  heures.
- 5- Dénombrement des spores de microorganismes ASR.

Durant l'incubation, il y a réduction du sulfite de sodium et production de sulfure de fer se manifestant par un halo noir autour des colonies. Seul ce type de colonie est compté

### **I-3-3-2-5 Dénombrement des vibrions**

#### **- Mode opératoire**

- 1 Filtration de 1000 ml d'échantillon à travers une membrane filtrante stérile dont les pores présentent une dimension de  $0,45\ \mu\text{m}$ .
- 2 Placer les membranes enroulées dans de l'eau peptonée alcaline
- 3 Incuber pendant 16 h à  $37^{\circ}\text{C}$
- 4 les vibrions se situent en surface (surnageant est un film blanchâtre à la surface)
- 5 Ensemencement sur milieu TCBS et Mueller-Hinton alcalin
- 6 Les colonies plates, lisses et de couleur jaune (*Vibrio cholerae*) ou verte (*Vibriopara haemolyticus*) sont dénombrées.

7 la recherche des caractères biochimiques par des tests complémentaires orientera l'identification vers *Vibrio cholerae* ou *Vibrioparahaemolyticus*.

### **I-3-3-2-6Dénombrement des salmonelles**

#### **- Mode opératoire**

- 1 Filtrer 250 ml d'eau
- 2 Faire le pré-enrichissement en eau peptonée tamponnée à 37 °C pendant 18 à 24 heures
- 3 Mettre 0,1 ml de subculture à l'aide d'une pipette stérile dans deux tubes du bouillon RappaportVassiliadis contenu dans chaque tube à vis stérile,
- 4 Incuber à l'étuve le 1<sup>er</sup> tube à 42°C pendant un temps de 04 heures puis le second à 37°C pendant 18 à 24 heures
- 5 Isoler sur géloses SS et Hektoen par technique de stries d'épuisement à partir du bouillon d'enrichissement
- 6 Incubation à l'étuve 37°C pendant 18 à 24 heures
- 7 Après 24 heures, les colonies isolées sur les géloses présentant les caractéristiques macroscopiques des salmonelles (colonies incolores à centre noir sur la gelose Salmonella-Shigella et colonies verdâtre ou bleuâtres à centre noir sur Hektoen)
- 8 Portoir réduit de Le Minor est utilisé pour l'identification biochimique

### **I-3-3-2-7Dénombrement des pseudomonas**

#### **✓ Mode opératoire**

- 1 Filtrer 100 ml d'eau
- 2 Placer les membranes sur le milieu pseudosel ou cétrimide
- 3 Après 18 à 24 heures dénombrer les colonies suspectes bleu vert

4 l'identification de *Pseudomonas aeruginosa* est faite à partir du portoir réduit de Le Minor.

### **I-3-3-2-8 Dénombrement des levures et moisissures**

#### **✓ Mode opératoire**

- 1 Filtre 100 ml d'eau
- 2 Placer les membranes sur le milieu YGC
- 3 après 24 à 48 heures dénombrer les colonies
- 5 Grosses colonies blanchâtres muqueuses : levures
- 6 Grosses colonies duveteuses : moisissures
- 7 L'identification des levures se fait à partir de l'auxanogramme et celle des moisissures par des examens :

Macroscopiques : recto et verso

Microscopiques : recherches des conidies et des têtes Aspergillaires

### **I-3-3-2-9. Dénombrement des staphylocoques**

#### **✓ Mode opératoire**

- 1 Filtre 100 ml d'eau
- 2 Placer les membranes sur le milieu Baird Parker
- 3 Incuber 24 à 48 heures à 37°C
- 4 Lecture des colonies noires entourées d'un halo translucide et d'un halo transparent
- 5 Coloration de Gram (Cocci Gram positif en amas ou en diplocoques)
- 6 Ensemencements des milieux Chapman mannité, du bouillon cœur cerveau la gélose à ADN et la gélose ordinaire
- 7 Les staphylocoques sont mannitol positif, staphylocoagulase libre positive, DNase positive, catalase positive et thermonucléase positive.

### **I-3-3-2-10 Culture et dénombrement des légionnelles**

#### **✓ Mode opératoire**

- 1 Traiter l'eau pour la débarrasser des bactéries interférentes

- 2 Filtrer 100 ml de l'échantillon
- 3 Placer le filtre sur deux milieux (milieux BCYE avec L cysteine et sans cysteine)
- 4 Incuber à 35°-36° C pendant 11 jours mais à partir du 4 e jour on recherche les colonies suspectes
- 5 Dénombrer les colonies blanchâtres qui pousseraient sur le milieu BCYE avec L cysteine

### **I-3-4-Les méthodes d'analyse statistique**

L'analyse statistique regroupe l'analyse descriptive permettant de présenter les données observées sous forme de tableau ou de graphique facilitant ainsi la lecture et la compréhension et l'analyse inductive. Les logiciels utilisés pour le traitement de nos données étaient Excel, et world 2013, ainsi que le logiciel R. La comparaison des moyennes s'est faite par le Test t Student et de Mann Whitney.

## II-RÉSULTATS ET DISCUSSION

### II-1-Résultats

Les résultats de notre étude seront présentés comme suit :

- présenter les zones de prélèvement
- analyser des paramètres organoleptiques et physico-chimiques ;
- analyser des paramètres microbiologique ;
- faire les comparaisons avec les normes d'eaux de baignade

#### II-1-1-Présentation des zones de baignade

Les coordonnées géographiques des zones de prélèvement sont : au niveau de la mer de Vridi une longitude de  $05^{\circ}15,145'$  et une latitude de  $004^{\circ}00,085'$  puis au niveau de Port-Bouët centre une longitude de  $05^{\circ}14,427'$  et une latitude de  $003^{\circ}54,555'$  (Figure5).



Figure 5: Vue de la plage de Vridi



Figure 6-Vue de la plage de Port-Bouëtcentre

## **II-1-2-Analyse des paramètres organoleptiques et physico chimiques des échantillons d'eaux**

### **II-1-2-1.Mer deVridi**

Les paramètres organoleptiques analysés étaient la couleur et la turbidité. La couleur était inférieure 15 UCV en dehors du mois de septembre, alors que la turbidité était inférieure 5 UTN en dehors des mois de juillet 9,35 UTN et septembre 7,31 UTN. Certains paramètres physico-chimiques tels que la conductivité était supérieure à 30000 µs/cm sur tous les mois. Le fer total était inférieur à 0,3 mg/l sauf le mois de juillet. Les fluorures étaient élevés (>1,5mg/l) aux mois d'août et de novembre (Tableau VIII).

La température moyenne était de 27,33°C tout au long de nos prélèvements et le pH moyen de 8,03.

### **II-1-2-2.Mer de Port-Bouëtcentre**

La couleur de l'eau était inférieure à 15 UCV durant les mois de prélèvements excepté le mois de septembre avec une valeur supérieure de 70 UVCLa turbidité était supérieure à 5 UTN aux mois de juillet, août et octobre (14,3/ 9, 95/11,9) supérieur à la norme de 5 UTN. La conductivité était élevée au cours des différents prélèvements avec un maximum de 51300µs/cm et un minimum de 30200µs/cm. Les fluorures étaient élevés excepté le mois de juin dont la valeur est inférieure à 1,5 mg/l). La dureté de l'eau était élevée avec une dureté moyenne de 6812,50mg/l, la température moyenne était de 27,95°C avec un pH moyen de 8,24 (Tableau IX)



Tableau VIII: Paramètres organoleptiques et physico-chimiques de la mer de VRIDI de Mai à Décembre 2018

Paramètres physico-chimiques	Mai-18	Juin-18	Juil-18	Aout-18	Sept-18	Oct-18	Nov-18	Dec-18	Moy	ecart type
Turbidité(UTN)	5,02	2,5	9,35	2,85	7,31	4,52	2,18	2,12	4,48	2,66
Couleur(UCV)	10	10	10	10	60	10	5	5	15,00	18,32
Conductivité (µS/cm)	51500	58200	47900	53300	49300	37100	36800	37100	46400	8355,15
pH	8,5	8,11	7,91	8,06	8	7,6	7,98	8,05	8,03	0,25
Température (°C)	28	29,4	23,7	23,6	25,1	28,6	31,1	29,1	27,33	2,82
Fer total (mg/L)	0,01	0,01	0,65	0,01	0,05	0,01	0,3	0,01	0,13	0,23
TAC (mg/L)	240	260	270	420	280	200	270	230	271,25	65,56
DHT (mg/L)	6500	5000	6000	4000	9000	8500	8500	4000	6437,50	2043,06
Chlorures (mg/L)	2400	3200	3400	4000	4000	2700	3400	3400	3312,50	559,18
Aluminium (mg/L)	0,01	0,01	0	0,11	0,02	0,05	0,01	0,01	0,03	0,04
Fluorures (mg/L)	3	6,8	7,5	11,3	9,5	8,5	11,8	8,7	8,39	2,77
Nitrites (mg/L)	0	0,01	0,01	0	0,05	0	0	0,02	0,01	0,02
Nitrates (mg/L)	1,34	0,75	0,4	1,1	0,44	0,4	1,98	0,48	0,86	0,57
Ammonium (mg/L)	6,3	3,6	18,5	7,68	8,72	9,7	7,3	2,5	8,04	4,88
Manganèse (mg/L)	0,029	0,001	0,001	0	0,002	0,001	0	0	0,00	0,01
Matières Organiques (mg/L)	4,8	3,35	5,44	4,87	4,49	3,82	6,6	3,82	4,65	1,04
Sodium (mg/L)	1600	2000	2200	2800	2600	1750	2200	2400	2193,75	407,46
Magnésium (mg/L)	4600	4000	4300	2600	7200	8500	4000	4800	5000,00	1910,12
Calcium (mg/L)	1800	1800	2200	1400	1200	1600	1800	1200	1625,00	345,38
Sulfates (mg/L)	116	120	122	140	155	108	155	155	133,88	19,64
Potassium (mg/L)	380	540	300	530	600	670	560	490	508,75	118,86
Phosphates (mg/L)	39,1	0,01	1,5	1,6	5,5	0,01	0,1	0,1	5,99	13,51
Bicarbonate (mg/L)	145	155	160	250	170	120	165	140	163,13	38,54
Soufre (mg/L)	38	40	40	46	50	36	50	50	43,75	5,90
Phosphores (mg/L)	12,8	0,01	0,5	0,5	1,8	0,01	0,1	0,1	1,98	4,41
Zinc (mg/L)	0,09	0,02	0,09	0,12	0,11	0,15	0,05	0,5	0,14	0,15
Silicates (mg/L)	0,1	1	2	3,6	7	3,7	3,5	1,8	2,84	2,13
Silice (mg/L)	0	0,5	0,9	1,7	3,5	1,7	1,6	0,8	1,34	1,07

Tableau IX: Paramètres organoleptiques et physico-chimiques de la mer de Port-Bouët centre de Mai à Décembre 2018

paramètres physico-chimiques	Mai-18	Juin-18	Juil-18	Aout-18	Sept-18	Oct-18	Nov-18	Dec-18	Moy	Ecart type
<b>Turbidité (UTN)</b>	4,47	5,8	14,3	9,95	7,92	11,9	6,26	4,53	8,14	3,60
<b>Couleur (UCV)</b>	10	10	15	10	70	5	5	5	16,25	22,00
<b>Conductivité (µS/cm)</b>	50600	44200	49900	51300	48200	30200	33600	37000	43125	8373,55
<b>pH</b>	8,7	8,36	8,04	8,07	8,07	8,18	8,22	8,29	8,24	0,22
<b>Température (°C)</b>	28,9	30,2	24,7	23,1	26	28,9	32	29,8	27,95	3,04
<b>Fer total (mg/L)</b>	0,01	0,01	1,5	0,15	0,15	0,01	0,1	0,2	0,27	0,50
<b>TAC (mg/L)</b>	250	205	260	270	265	260	275	275	257,50	22,83
<b>DHT (mg/L)</b>	7500	5500	4000	7500	10000	4500	8500	7000	6812,50	2034,30
<b>Chlorures (mg/L)</b>	23500	2750	3400	3800	3400	3200	3800	3600	5931,25	7107,09
<b>Aluminium (mg/L)</b>	0,01	0	0,04	0,01	0,1	0,01	0,03	0,01	0,03	0,03
<b>Fluorures (mg/L)</b>	4,6	0,01	7,6	8,3	7,8	6,7	8,8	7,2	6,38	2,87
<b>Nitrites (mg/L)</b>	0,03	0,11	0,03	0,01	0,04	0,05	0,03	0,01	0,04	0,03
<b>Nitrates (mg/L)</b>	1,4	1,64	0,4	0,96	0,48	0,84	1,44	0,58	0,97	0,48
<b>Ammonium (mg/L)</b>	4,9	1,25	16	6,88	8,4	9,8	11,2	2,8	7,65	4,78
<b>Manganèse (mg/L)</b>	0,017	0,001	0,001	0	0,002	0,001	0	0,001	0,00	0,01
<b>Matières Organiques (mg/L)</b>	3,2	4,01	6,47	4,64	3,79	4,86	5,56	6,6	4,89	1,24
<b>Sodium (mg/L)</b>	1550	1800	2200	2600	2000	2200	2400	2200	2118,75	331,60
<b>Magnésium (mg/L)</b>	2900	4200	3900	2500	10000	14000	8000	4000	6187,50	4092,31
<b>Calcium (mg/L)</b>	1800	3200	1800	1400	1400	2000	3600	2000	2150,00	812,40
<b>Sulfates (mg/L)</b>	102	104	150	145	138	92	142	150	127,88	24,20
<b>Potassium (mg/L)</b>	480	580	3900	520	490	560	630	450	951,25	1192,91
<b>Phosphates (mg/L)</b>	44	7,2	1,6	0,8	3	0,5	1,9	1,9	7,61	14,85
<b>Bicarbonate (mg/L)</b>	150	125	155	165	160	155	165	165	155,00	13,36
<b>Soufre (mg/L)</b>	34	34	50	50	46	30	48	50	42,75	8,55
<b>Phosphores (mg/L)</b>	15	2,4	0,5	0,3	1	0,2	0,6	0,6	2,58	5,07
<b>Zinc (mg/L)</b>	0,08	0,03	0,08	0,03	0,05	0,8	0,01	0	0,14	0,27
<b>Silicates (mg/L)</b>	0,1	1,2	3,8	4,7	38	4,7	3,2	1,5	7,15	12,58
<b>Silice (mg/L)</b>	0	0,6	1,8	2,2	18	2,2	1,5	0,8	3,39	5,96

### II-1-2-3.Évolution des paramètres en fonction de la période

La turbidité de la mer de Port-Bouët était supérieure à celle de Vridi avec un pic au mois de juillet (Figure 7). Les températures de la mer de Port-Bouët et Vridi étaient pratiquement pareil (Figure 8). L'eau de la mer de Vridi était plus colorée que celle de Port-Bouët avec un pic au mois de septembre 2018 (Figure 9). Les concentrations de chlorures à Vridi étaient supérieures à celles de

Port-Bouët (Figure 10). La concentration en nitrite était très élevée pour la mer de Vridi par rapport à celle de Port-Bouët au mois de mai, juin et juillet 2018 avec un pic au mois de juin. (Figure 11)

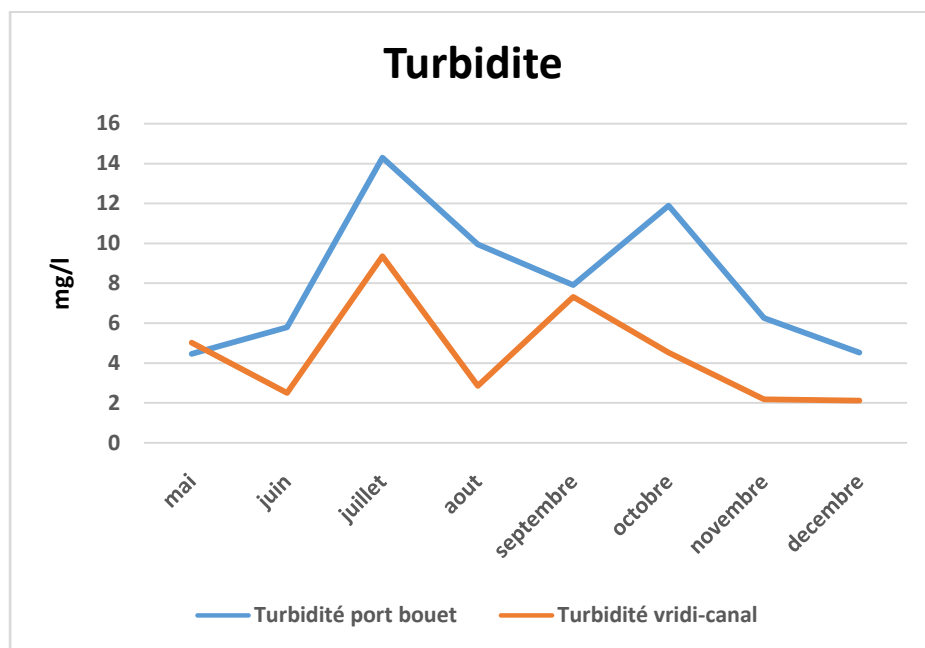


Figure 7:Évolution de la turbidité des eaux de baignade Vridi et Port-Bouët centre en fonction du temps

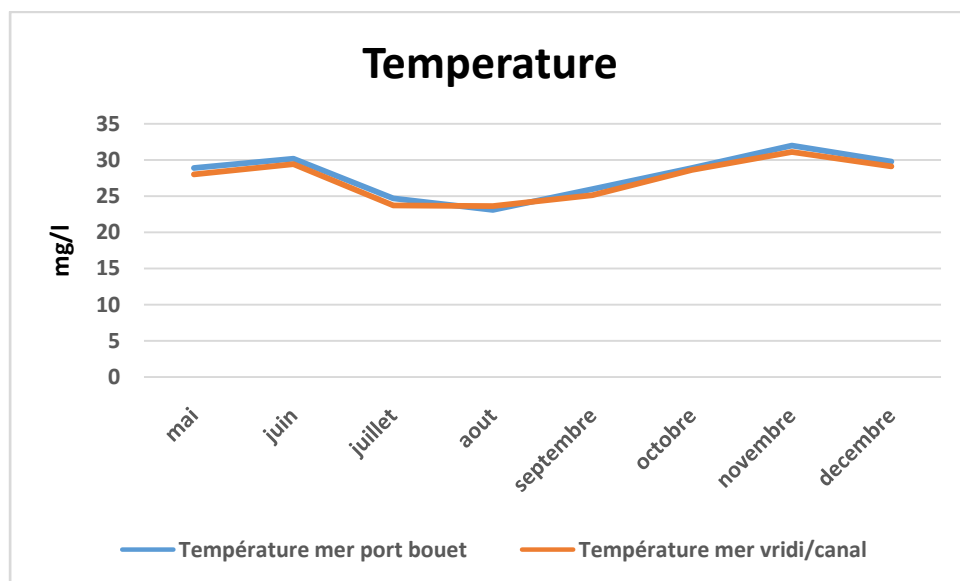


Figure 8:Évolution de la température des eaux de baignade Vridi et Port-Bouëtcentre en fonction du temps

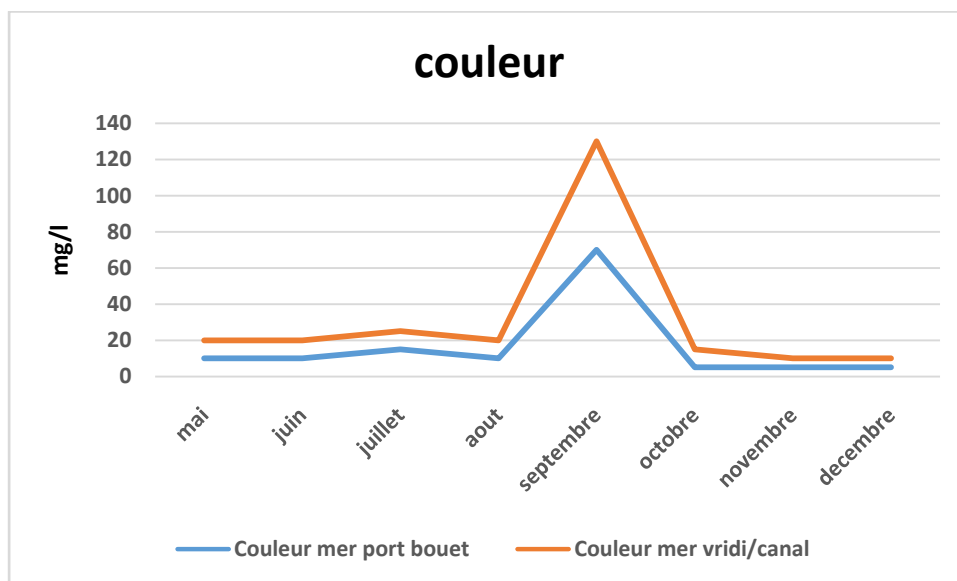


Figure 9:Évolution de la coloration des eaux de baignade Vridi et Port-Bouët centre en fonction du temps.

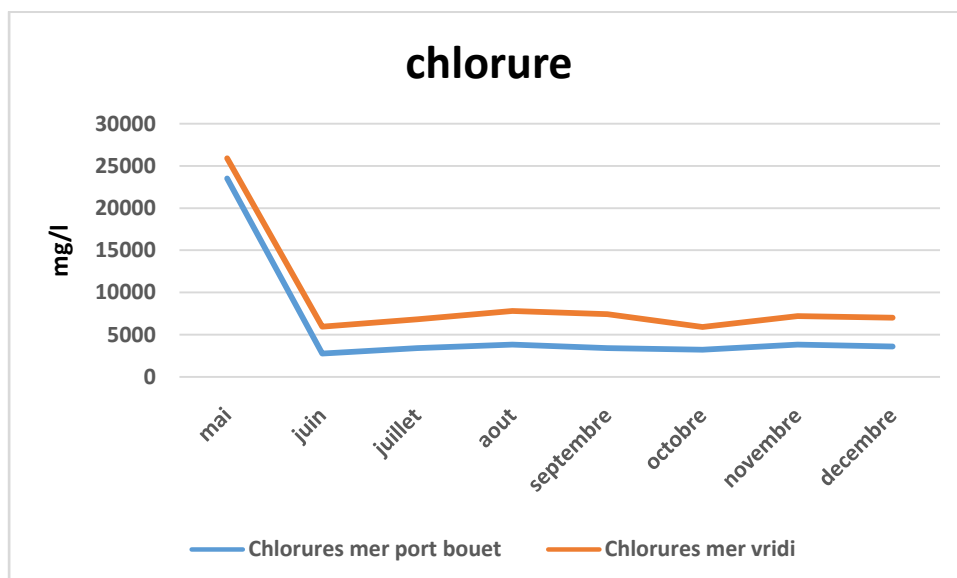


Figure 10:Évolution des chlorures des eaux de baignade Vridi et Port-Bouëtcentre en fonction du temps.

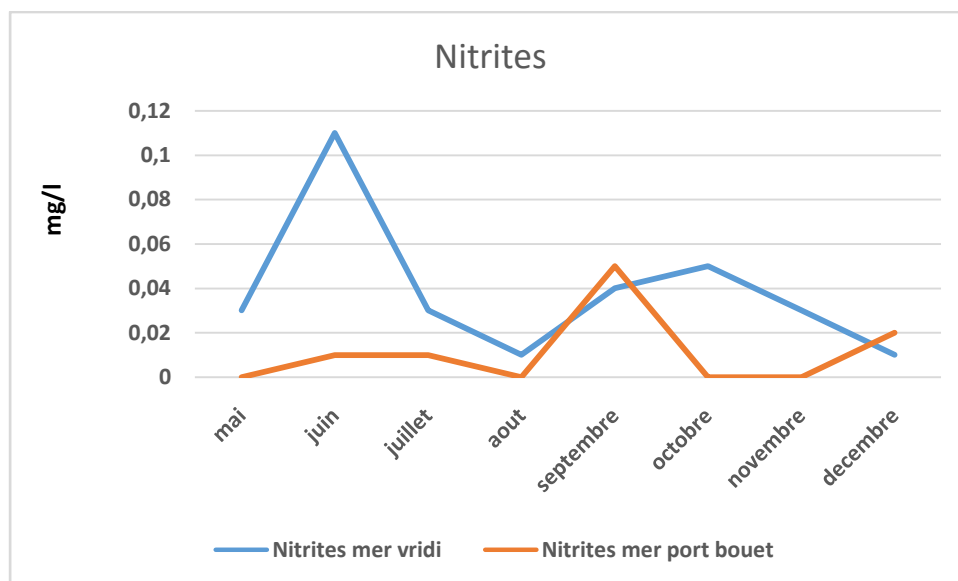


Figure 11:Évolution des nitrites des eaux de baignade Vridi et Port-Bouëtcentre en fonction du temps.

#### II-1-2-4.Comparaison desparamètres physicochimiques des deux eaux

La comparaison des moyennes de chacun des paramètres mesurés avait été faite avec le Test t-Studentet le test de Mann-whitney selon le cas.

**Tableau X :** Comparaison des valeurs des paramètres physicochimiques des deux eaux

Paramètres physico-chimique	Moyenne (Port Bouet)	Moyenne (Vridi)	Tests utilisés	Différence
Turbidité	8,149	4,477	t-S	S
Couleur	16,111	14,444	MW	NS
Conductivité	39335,56	40924,44	MW	NS
pH	8,232	8,061	t-S	NS
Température	28,21	27,57	t-S	NS
Fer total	0,264	0,122	MW	NS
TAC	256,1	275,6	t-S	NS
DHT	6778	6611	t-S	NS
Chlorures	5650	3344,44	MW	NS
Aluminium	0,026	0,0256	MW	NS
Fluorures	6,401	7,844	MW	NS
Nitrites	0,038	0,013	MW	S
Nitrates	0,8822	0,772	t-S	NS
Ammonium	7,314	7,733	t-S	NS
Manganèse	0,003	0,004	MW	NS
Matières Organiques	4,888	4,596	t-S	NS
Sodium	2106	2217	t-S	NS
Magnésium	5966,667	5000	MW	NS
Calcium	2200	1667	t-S	NS
Sulfates	132,6	136,8	t-S	NS
Potassium	876,667	482,222	MW	NS
Phosphates	8,267	9,113	MW	NS
Bicarbonate	154,4	165	MW	NS
Soufre	44,111	44,444	MW	NS
Phosphores	2,789	3,013	MW	NS
Zinc	0,131	0,137	MW	NS
Silicates	6,878	2,956	MW	NS
Silice	3,256	1,389	MW	NS

t-S : test de Student ; MW : test de Mann Whithney ; S : différence significative ; NS : différence non significative

## II-1-3-Analyse microbiologique

### II-1-3-1.Mer de Port-Bouëtcentre

Les concentrations en coliformes thermotolerants et *E.coli* étaient les mêmes pour tous les prélèvements. Les concentrations de *E.faecalis* variaient avec un maximum au mois de juillet de 1500UFC/100ml et un minimum de 100UFC/100ml au mois de novembre.

Tableau XI: Paramètres microbiologiques de l'eau de mer Port-Bouëtcentre

SOURCE D'EAU	PORT-BOUËTCENTRE							
Date de Prélèvement	mai-18	juin-18	juil18	aout18	sept18	oct-18	nov-18	dec-18
Heure de Prélèvement	11H 25	13H 45	10H 40	10H 37	11H 05	11H 25	10H 35	10H 30
Heure d'Analyse	12H 55	14H 45	11H 30	11H 50	11H 05	12H 00	11H 45	11H 45
Coliformes TH	81	148	200	500	111	800	100	53
<i>E. coli</i>	81	148	200	500	111	800	100	53
<i>E. faecalis</i>	1500	1700	1500	200	200	500	100	300
<i>S. aureus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
ASR	0	0	1	3	0	3	5	2
<i>P. aeruginosa</i>	5	0	100	0	1	1	0	0
Vibrio	0	0	0	0	0	0	0	0
Salmonella	0	0	0	0	0	0	0	0
Levures	0	0	0	0	0	0	0	0
Moisissures	0	0	0	0	1	0	0	0
Légionnelle	0	0	0	0	0	0	0	0

### II-1-3-2.Mer de VRIDI canal

Les concentrations en coliformes thermotolerants et *E.coli* étaient pratiquement les mêmes pour tous les prélèvements avec un maximum de 3200 UFC/100 ml au mois de juillet. Les concentrations de *E.faecalis* variaient avec un maximum

au mois de juillet 2018 de 1500 UFC/100ml et un minimum de 100UFC/100ml au mois de novembre.

Tableau XII: Paramètres microbiologiques de l'eau de mer VRIDI canal

SOURCE D'EAU	VRIDI CANAL							
Date de Prélèvement	mai-18	juin-18	juil-18	août-18	sept-18	oct-18	nov-18	Dec-18
Heure de Prélèvement	11H 25	13H 45	10H 40	10H 37	11H 05	11H 25	10H 35	10H 30
Heure d'Analyse	12H 55	14H 45	11H 30	11H 50	12H 10	12H 00	11H 45	11H 45
Coliformes TH	86	128	3200	48	700	200	40	115
<i>E. coli</i>	86	124	3200	48	700	200	40	115
<i>E. faecalis</i>	1500	120	1400	100	500	100	100	400
<i>S. aureus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
ASR	0	0	3	0	1	2	0	4
<i>P. aeruginosa</i>	19	0	300	0	0	3	0	0
Vibrio	0	0	0	0	0	0	0	0
Salmonella	0	0	0	0	0	0	0	0
Levures	0	0	0	0	4	0	0	0
Moisissures	0	0	0	0	0	0	0	0
Légionnelle	0	0	0	0	0	0	0	0



## II-1-4-Comparaison aux normes

### II-1-4-1-1 Comparaison aux normes ivoiriennes

Comparativement aux normes ivoiriennes, il y a eu une seule non-conformité de l'eau de baignade de la mer de Vridia au mois de juillet 2018. Le taux de coliformes thermotolérants était supérieure à 2000 UFC/100ml (Tableau XIV).

**Tableau XIII: Comparaison aux normes ivoiriennes**

Sources	Germes	Mai-18	Juin-18	Juil-18	Août-18	Sep-18	Oct-18	Nov-18	Déc-18	Normes UFC/100 ml
Mer de Port-Bouët	Coliformes totaux	81	148	200	500	111	800	100	53	<10000
	Coliformes thermotolérants	81	148	200	500	111	800	100	53	<2000
	Salmonelles	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Staphylocoques	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	pH	8,7	8,36	8,04	8,07	8,07	8,18	8,22	8,29	6-9
Mer de Vridi	Coliformes totaux	86	128	3200	48	700	200	40	115	<10000
	Coliformes thermotolérants	86	128	3200	48	700	200	40	115	<2000
	Salmonelles	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Staphylocoques	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	pH	8,5	8,11	7,91	8,06	8	7,6	7,98	8,05	6-9

## II-1-4-1-2 Comparaison aux normes algériennes

Comparativement aux normes algériennes, les eaux sont généralement de qualité non-conforme du fait des taux d'*E. faecalis* supérieures à 100 UFC/100 ml.

Tableau XIV : Comparaison aux normes algériennes

Source	Germes	Mai-18	Jui-18	Juil-18	Aoû-18	Sep-18	Oct-18	Nov-18	Déc-18	VG	VI
Mer de Port-Bouët	Coliformes totaux	81	148	200	500	111	800	100	53	500	10000
	<i>E. coli</i>	81	128	200	500	111	800	100	53	100	2000
	<i>E. faecalis</i>	1500	1700	1500	200	200	500	100	300	100	-
	pH	8,7	8,36	8,04	8,07	8,07	8,18	8,22	8,29		6-9
Mer de Vridi	Coliformes totaux	86	128	3200	48	700	200	40	115	500	10000
	<i>E. coli</i>	86	124	3200	48	700	200	40	115	100	2000
	<i>E. faecalis</i>	1500	120	1400	100	500	100	100	400	100	-
	pH	8,5	8,11	7,91	8,06	8	7,6	7,98	8,05		6-9

VG : valeur guide, VI : valeur impérative

## II-1-4-1-1 Comparaison aux normes OMS et européennes

Il y a eu une non-conformité des taux d'*E. coli* et *E. faecalis*

Tableau XV: Comparaison aux normes oms et européennes

Sources	Germes	95 <sup>ème</sup> Centiles	90 <sup>ème</sup> Centiles	Décision	Normes	
					95 <sup>ème</sup> Centiles	90 <sup>ème</sup> Centiles
Mer de Port-Bouët	<i>E. coli</i>	695	590	NC	<500	<500
	<i>E. faecalis</i>	1630	1560		<185	<200
Mer de Vridi	<i>E. coli</i>	2325	1450	NC	<500	<500
	<i>E. faecalis</i>	1465	1430		<185	<200

C : Conforme ; NC : Non Conforme

## **II-2-Discussion**

### **II-2-1-Caractérisation des eaux de baignade**

Une campagne de prélèvement d'échantillons d'eau de mer (sur deux points d'eaux) a été effectuée dans la commune de Port-Bouët sur une durée de 8 mois à raison d'un prélèvement mensuel sur chacune des eaux (mers de Port-Bouët centre et Vridi). Sur chaque échantillon d'eau, vingt-huit (28) paramètres physicochimiques et treize (13) paramètres microbiologiques ont été analysés. Il ressort de ces analyses que seulement les teneurs de deux (2) paramètres physicochimiques (la turbidité et les nitrites) de la mer de Port-Bouët centre étaient statistiquement supérieures de celles de Vridi. Les turbidités moyennes ont été de 8,14 UTN à Port-Bouët centre et de 4,48 UTN à Vridi. Ces résultats sont différents de ceux de Meless(5). Cette différence de turbidité pourrait être due à l'agitation de l'eau par les vagues. Quant aux autres paramètres physicochimiques, quelques variations temporelles ont pu être observées. La température a varié tout au long des prélèvements avec un minimum de 28°C en mai et un maximum de 32°C en novembre. Cette marge de température est logique des eaux estivales ou des pays tropicaux. En effet, la température des eaux marines en surface n'est pas constante, elle est liée étroitement à celle de l'atmosphère et par conséquent, elle varie en fonction des saisons(57). Le pH variait de 7,6 à 8,5 pour la mer de Vridi et de 8,04 à 8,36 pour celle de Port-Bouët centre. Ces valeurs sont comprises entre 7,3 et 8,2 excepté celle du mois de juin de Vridi qui était de 8,5. Ces pH sont favorables au développement de la vie aquatique et ne cause pas d'irritations cutanées pour les individus qui fréquentent ces plages(58). La conductivité moyenne de la mer de Port-Bouët était de 38152,50 µS/cm avec un pic de 50600 µS/cm au mois de mai 2018. Celle de la mer de Vridi avait une moyenne de 39852,50 µS/cm avec un pic de 51500 µS/cm en mai également. Ces valeurs sont supérieures à 30000 µS/cm.

Au plan microbiologique les germes indicateurs de pollution fécale rencontrés dans tous les prélèvements sont *E. coli* et *E. faecalis*. De mai à décembre 2018, la mer de Port-Bouët-centre était plus polluée en juin avec un taux d'*E. faecalis* de 1700 UFC/100ml tandis que celle de Vridi était plus polluée en juillet avec des taux de 3200 UFC/100ml d'*E. coli* et de 1400 UFC/100ml d'*E. faecalis*.

### **II-2-2-Comparaison aux normes des eaux de baignade de Vridi et Port-Bouëtcentre**

La qualité des eaux de baignades est une condition requise pour assurer la santé des individus qui s'y baignent. Cette qualité est basée sur la détermination des paramètres physico-chimiques et microbiologiques.

Concernant les paramètres physico-chimique, la couleur de la mer de Vridi était conforme la norme de 15 UCV tandis que celle de Port-Bouët était non conforme car la moyenne était de 16,25 UCV avec un pic de 70 UCV au mois de septembre. Les taux de nitrates avaient une moyenne de 0,97mg/l pour la mer de Port-Bouët centre et 0,86 mg/l pour la mer de Vridi, les nitrites 0,04mg/l pour Port-Bouët et 0,01mg/l pour Vridi étaient relativement faibles par rapport aux normes de l'OMS qui sont de 50mg/l pour les nitrates et 0.1mg/l pour les nitrites. Les résultats microbiologiques des eaux de baignade de Port-Bouët et Vridi ont été comparés aux normes ivoiriennes, algériennes, européennes; à celle de l'OMS. Pour une eau de baignade de qualité satisfaisante, la norme ivoirienne recommande qu'il y ait une absence de salmonelles, vibrions, shigelles et moins de 10000 UFC/100 ml de coliformes totaux et 2000 UFC/100 ml de coliformes fécaux. Pour cette norme, l'eau de baignade de la mer de Port-Bouët était conforme durant toute la durée des prélèvements avec un taux de coliformes thermotolérants inférieure à 2000 UFC/100ml.

La mer de Vridi a montré une non-conformité au mois de juillet avec un taux de coliformes thermotolérants de 3200UFC/100ml supérieur à la norme ivoirienne de 2000UFC/100ml

La norme algérienne, prend en compte le taux d'*Enterococcus faecalis* en plus des critères spécifiés dans la norme ivoirienne. Sur cette base les deux eaux sont non-conformes du fait des taux d'*E. faecalis* supérieures à 100 UFC/100 ml.

Ces taux élevés de ces germes indicateurs de contamination fécale pourraient s'expliquer par le fait que les populations riveraines défèquent directement ou indirectement dans les eaux de baignades. Ils peuvent être aussi dus à la saison pluvieuse qui entraîne les eaux issues des fosses septiques mal entretenues des ménages vivants près des sites de baignades. La norme européenne prend en compte les 90<sup>ème</sup> et 95<sup>ème</sup> centiles alors que l'OMS ne prend en compte que le 90<sup>ème</sup> centile. Notons que par rapport aux normes fixées par l'OMS les taux des deux mers étaient supérieurs à cette norme, les classant ainsi dans la classe D (annexe3). Il faut dire que ces résultats se rapprochent de ceux de M Hounsou et al(57), et de ceux de Meless(5).

## CONCLUSION

L'objectif de notre étude était de caractériser les eaux de baignades de la commune de Port-Bouët. La stratégie adoptée était :

- d'analyser les paramètres physicochimiques ;
- de dénombrer les germes microbiologiques ;
- de comparer aux normes.

Les campagnes de prélèvement se sont déroulées sur une période de 8 mois, de mai à décembre 2018. Les points de prélèvements des échantillons d'eaux de Vridi ont été géoréférencés à une longitude de 05°15,145' et une latitude de 004°00,085' puis ceux de Port-Bouët à une longitude de 05°14,427' et une latitude de 003°54,555'.

Au plan physico-chimique, les teneurs des différents paramètres sont similaires à l'exception de la turbidité respectivement de  $8,14 \pm 3,60$  UTN pour la mer de Port-Bouët et de  $4,48 \pm 2,65$  UTN pour celle de Vridi.

Au plan microbiologique, *E. coli* et *E. faecalis* ont été les germes retrouvés sur toutes la période de l'étude. Les taux les plus élevés ont été observés en mai pour *E. faecalis* et en juillet pour *E. coli* à Vridi, en octobre pour *E. coli* et juillet pour *E. faecalis* à Port-Bouët.

La comparaison de la qualité des eaux de baignades aux critères spécifiés dans la norme ivoirienne montre qu'elles sont de qualité acceptable pour la baignade. Comparativement aux normes algériennes et à celles de l'OMS, les deux eaux étaient de qualité non satisfaisante pour la baignade.

## RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

### RECOMMANDATIONS :

#### ➤ AUX AUTORITES

- Faire des campagnes de sensibilisations sur le danger que représente une eau de mauvaise qualité pour la sante des baigneurs ;
- Actualise la norme ivoirienne
- Surveiller régulièrement les sites de baignades
- Aménager les sites de baignades

### PERSPECTIVES :

- Etendre l'étude aux eaux de surface utilisée comme baignade
- Installer des stations d'épurations au niveau de chaque point de déversement qui reçoit une grande quantité des eaux usées ;
- Doser les métaux lourds.
- Poursuivre l'étude a l'identification des germes.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Bienfaits\_bain\_de\_mer.pdf** [Internet]. [Cité 8 sept 2019]. Disponible sur: <http://cuisine.tregor.org/> consulté le 8/9/2019
2. **Brisouet Denis, Gaujous.** Contribution au suivi de l'influence du cadre de vie et des diverses activités exercées sur la qualité de l'eau de mer et l'impact sur la santé humaine dans la wilaya de Bejaia. Université a. Mira-bejaia These. 2016
3. **Bouzit T, Hammouche A, Mankou NE.** Contribution au suivi de l'influence du cadre de vie et des diverses activités exercées sur la qualité de l'eau de mer et l'impact sur la santé humaine dans la wilaya de Bejaia. Université A. MIRA-Bejaia 2016;
4. **Ministère de la santé et de la protection sociale.** ARRETE N°74/MSPS/INHP. Vol. 74. N.d.
5. **Melessdjedjro.** Caractérisation des eaux de baignade en océan atlantique : cas de la plage de Vridi et Port- Bouët Centre (Abidjan-Côte d'Ivoire) [these]. 2018
6. **Blesiallou,** éditeur. Evaluation de la qualité des eaux de baignade de Jacqueville en côte d'ivoire. [Thèse] 2018. 145 p.
7. **Avenard JM.** Le Milieu naturel de la Côte d'Ivoire. IRD Editions; 1971. 396 p.
8. **Kipré P.** Sur la périodisation de l'histoire de l'Afrique de l'Ouest: le Golfe de Guinée. Afr Hist. 2004;2(1):85–96.
9. **Tape JB.** Géographie humaine du littoral ivoirien. - Recherche Google [Internet]. [cité 1 févr 2019]. Disponible sur: <https://www.google.com/>.
10. **Equinoxe, L:** Le magazine des ressources vivantes... - Google Scholar [Internet]. [cité 21 avr 2019]. Disponible sur: <https://scholar.google.fr/>
11. **Ordure ménagère Archives** [Internet]. Lome Infos | Actualité du Togo, Information de Lome, Lome Nachrichten. [cité 8 sept 2019]. Disponible sur: <https://www.lomeinfos.com/tag/ordure-menagere/>
12. **Latfaoui H.** Impact de la pollution marine par organochlorés chez les oursins (*Paracentrotus lividus*) au niveau de la station de Béni-Saf (Wilaya d'Ain-Temouchent) [Thesis].



13. **Bruslé J, Quignard J-P.** Biologie des poissons d'eau douce européens. Lavoisier; 2001.
14. **Hoefnagel LD, van de Vijver MJ, Van Slooten H-J, Wesseling P, Wesseling J, Westenend PJ, et al.** Receptor conversion in distant breast cancer metastases. *Breast Cancer Res.* 2010;12(5):R75.
15. **Mokdadi h, messaiahmed n.** Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilaya d'El-Oued (Cas du lac Ayata, chott Marouan, lac Sif El-Menadi et chott Halloufa). 2015;
16. **Gérin M, Gosselin P, Cordier S, Viau C, Quénel P, Dewailly E.** Environnement et santé publique-Fondements et pratiques. Édisem/Tec & Doc; 2003.
17. **Ifremer** [Internet]. [cité 11 sept 2019]. Disponible sur: <https://wwz.ifremer.fr/>
18. **Bouzit T, Hammouche A, Mankou N** (Encadreur). Contribution au suivi de l'influence du cadre de vie et des diverses activités exercées sur la qualité de l'eau de mer et l'impact sur la santé humaine dans la wilaya de Bejaia. 2016 [cité 21 mars 2019]; Disponible sur: <http://172.17.1.105:8080/handle/123456789/948>
19. **Festy B, Hartemann P, Ledrans M, Levallois P, Payment P, Tricard D.** Qualité de l'eau. *Environ Santé Publique-Fond Prat.* 2003;333–368.
20. **Servais P, Billen G, Garcia Armisen T, George I, Goncalves A, Thibert S.** La contamination microbienne dans le bassin de la Seine, 8. *Fasc PIREN.* 2009;8.
21. **El Attiffi El Ouadrassi A.** La qualite microbiologique des eaux de baignade. [Thesis].Université Mohammed v faculté de médecine et de pharmacie -rabat 2011.
22. **Kamizoulis G, Saliba L.** Development of coastal recreational water quality standards in the Mediterranean. *Environ Int.* 2004;30(6):841–854.
23. **Rambaud L.** Lutte contre la pollution des sites de baignade en eaux douces sur le bassin Loire Bretagne. *Méml'école Natl Santé Publique Pour Titre d'ingénieur Génie Sanit.* 2004;
24. **Rompré A, Servais P, Baudart J, de-Roubin M-R, Laurent P.** Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current

- methods and emerging approaches. *J Microbiol Methods*. Mars 2002;49(1):31-54.
25. **Tissier A.** Evaluation de l'état de viabilité et du pouvoir d'infectiosité de trois micro-organismes pathogènes pour l'homme (bactérie: *Campylobacter*, virus: *Adenovirus* et parasite: *Cryptosporidium*) détectés dans des échantillons d'eaux destinées à des fins alimentaires [phdThesis]. Université de Lorraine; 2012.
26. **Lecellier A.** Détection, caractérisation et identification des moisissures par spectroscopie vibrationnelle infrarouge et Raman. [phdThesis]. Reims; 2013.
27. **Rodier J.** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer: chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie. Dunod; 1984.
28. **Prescott LM, Harley JP, Klein DA, Bacq-Calberg CM, Dusart J.** Microbiologie. 2ème Édition française. Éditions Boeck Univ Brux Belg. 2003;
29. **Association APH, Association AWW, Federation WPC, Federation WE.** Standard methods for the examination of water and wastewater. Vol. 2. American Public Health Association.; 1915.
30. **Chorus I, Falconer IR, Salas HJ, Bartram J.** Health risks caused by freshwater cyanobacteria in recreational waters. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2000;3(4):323–347.
31. **Soufleros EH, Mygdalia SA, Natskoulis P.** Production process and characterization of the traditional Greek fruit distillate “Koumaro” by aromatic and mineral composition. *J Food Compos Anal*. Nov2005;18(7):699-716.
32. **Charron D.** Impact des différents types de robinets sur l'occurrence de *pseudomonasaeruginosa* dans l'eau des grands bâtiments [phdThesis]. École Polytechnique de Montréal; 2014.
33. **Benbouzid H.** Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau de source dans la localité de «AbdelmelekRamdane». 2017;
34. **Heriarivony C, Razanamparany B, Rakotomalala JE.** Caractères physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de consommation (puits) de la commune rurale d'antanifotsy, région vakinankaratra, Madagascar. *LARHYSS J* ISSN 1112-3680. 2015;(24):7–17.

35. **Straub TM, Chandler DP.** Towards a unified system for detecting waterborne pathogens. *J Microbiol Methods*. 2003;53(2):185–197.
36. **Edberg SC, Rice EW, Karlin RJ, Allen MJ.** Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. *SympSerSocApplMicrobiol*. 2000;(29):106S-116S.
37. **Fewtrell L, Bartram J.** Water quality: guidelines, standards, and health : assessment of risk and risk management for water-related infectious disease [Internet]. London: IWA Pub.; 2001 [cité 20 mars 2019]. Disponible sur: <http://site.ebrary.com/id/10039193>
38. **McLellan SL, Daniels AD, Salmore AK.** Clonal Populations of thermotolerant enterobacteriaceae in Recreational Water and Their Potential Interference with Fecal Escherichia coli Counts. *ApplEnvMicrobiol*. 2001;67(10):4934–4938.
39. **Gauthier F, Archibald F.** The ecology of “fecal indicator” bacteria commonly found in pulp and paper mill water systems. *Water Res*. 2001;35(9):2207–2218.
40. **Contreras-Coll N, Lucena F, Mooijman K, Havelaar A, Pierzo V, Boque M, et al.** Occurrence and levels of indicator bacteriophages in bathing waters throughout Europe. *Water Res*. 2002;36(20):4963–4974.
41. **Tallon P, Magajna B, Lofranco C, Leung KT.** Microbial indicators of faecal contamination in water: a current perspective. *Water Air Soil Pollut*. 2005;166(1-4):139–166.
42. **Kinzelman JL, Pond KR, Longmaid KD, Bagley RC.** The effect of two mechanical beach grooming strategies on Escherichia coli density in beach sand at a southwestern Lake Michigan beach. *AquatEcosyst Health Manag*. 2004;7(3):425–432.
43. **Leclerc H, Mossel DAA, Edberg SC, Struijk CB.** Advances in the bacteriology of the coliform group: their suitability as markers of microbial water safety. *Annu Rev Microbiol*. 2001;55(1):201–234.
44. **Rivera SC, Hazen TC, Toranzos GA.** Isolation of fecal coliforms from pristine sites in a tropical rain forest. *ApplEnvMicrobiol*. 1988;54(2):513–517.
45. **Carrillo M, Estrada E, Hazen TC.** Survival and enumeration of the fecal indicators *Bifidobacterium adolescentis* and *Escherichia coli* in a tropical rain forest watershed. *ApplEnvMicrobiol*. 1985;50(2):468–476.

46. **Pommepuy M, Guillaud JF, Dupray E, Derrien A, Le Guyader F, Cormier M.** Enteric bacteria survival factors. *Water Sci Technol.* 1992;25(12):93–103.
47. **Edberg SC, leclercH, Robertson J.** Natural Protection of Spring and Well Drinking Water Against Surface Microbial Contamination. II. Indicators and Monitoring. Parameters for Parasites. *Crit Rev Microbiol.* 1997;23(2):179–206.
48. **OMS.** Directives de qualité pour l'eau de boisson: critères d'hygiène et documentation à l'appui. In: Directives de qualité pour l'eau de boisson: critères d'hygiène et documentation à l'appui. 1986.
49. **Gleeson C, Gray NF.** The coliform index and waterborne disease: problems of microbial drinking water assessment. 1st ed. London; New York: E & FN SPON; 1997. 194 p.
50. **Borrego AF, Romero P.** Study of the microbiological pollution of a Malaga littoral area II. RelationschipFecalColiformsFecalStreptococcivièJourn Étude Pollut Cannes Fr. 1982;561–569.
51. **Noble RT, Fuhrman JA.** Enteroviruses detected by reverse transcriptase polymerase chain reaction from the coastal waters of Santa Monica Bay, California: low correlation to bacterial indicator levels. In: Porter JW, éditeur. *The Ecology and Etiology of Newly Emerging Marine Diseases* [Internet]. Dordrecht: Springer Netherlands; 2001 [cité 20 mars 2019]. P. 175-84. Disponible sur: [http://link.springer.com/10.1007/978-94-017-3284-0\\_16](http://link.springer.com/10.1007/978-94-017-3284-0_16)
52. **Baggi F, Demarta A, Peduzzi R.** Persistence of viral pathogens and bacteriophages during sewage treatment: lack of correlation with indicator bacteria. *ResMicrobiol.* Oct2001;152(8):743-51.
53. **Ashbolt CG F Lucena, L Schwartzbrod, J Jofre, Snozzi M.** Indicateurs de contamination virale du milieu hydrique. 1998;117-25.
54. **Gantzer C, Lucena F, Schwartzbrod L, Jofre J.** Indicateurs de contamination virale du milieu hydrique: mythe ou réalité? *Virologie.* 1998;2(2):117–25.
55. **Hazourli S, Boudiba L, Ziat M.** Caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la zone industrielle d'El-Hadjar, Annaba. *LARHYSS J* ISSN 1112-3680. 2007;(6).

56. **El attiffi el ouadrassi a.** La qualite microbiologique des eaux de baignade. [phdThesis]. 2011.
57. **Hounsou M, Agbossou E, Ahamide B, Akponikpe I.** Qualité bactériologique de l'eau du bassin de l'Ouémé: cas des coliformes totaux et fécaux dans les retenues d'eau de l'Okpara, de Djougou et de Savalou au Bénin. Int J BiolChem Sci. 2010;4(2).
58. **Dhage SS, Chandorkar AA, Kumar R, Srivastava A, Gupta I.** Marine water quality assessment at Mumbai West Coast. Environ Int. 2006;32(2):149–158.

## TABLES DES MATIERES

DEDICACES.....	XIV
SOMMAIRE .....	XXIV
ABREVIATION-ACRONYMES .....	XXVI
LISTE DES TABLEAUX.....	XXVIII
LISTE DES FIGURES.....	XXIX
INTRODUCTION.....	1
Première partie : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE .....	4
I- PRESENTATION DES EAUX DE BAINADES .....	5
I-1- Définition.....	5
I-2- Les différents types de baignades .....	5
I-3- Présentation du littoral ivoirien .....	5
I-4- Pollution des eaux de baignades .....	6
II- RISQUES SANITAIRES LIES A LA BAINADE DANS LES EAUX POLLUEES :.....	10
II-1- Les bactéries : .....	11
II-2- Les virus :.....	12
II-3- Les champignons : .....	13
II-4- Les protozoaires :.....	13
II-5- Micro-algues et cyanobactéries : .....	13
III- CONTROLE SANITAIRE .....	14

III-1- Contrôles microbiologiques.....	14
III-2- Contrôles physico-chimiques .....	14
III-3- Les normes de qualité des eaux de baignade.....	26
Deuxième partie : ETUDE EXPERIMENTALE.....	33
I- MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	34
I-1- Type et cadre de l'étude .....	34
I-2- Matériels .....	34
I-3- Méthodes .....	37
II- RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	56
II-1- Résultats .....	56
II-2- Discussion .....	69
CONCLUSION .....	72
RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES .....	73
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	74
TABLES DES MATIERES .....	80
ANNEXES .....	82

## ANNEXES

### Annexe 1 : Qualité requise des eaux de baignades (Journal officiel de la république Algérienne, 1993)

PARAMETRES	UNITES	VALEURS GUIDES	VALEURS LIMITES
<b>MICROBIOLOGIQUES</b>			
1. Coliformes totaux	/ 100 ml	500	10.000
2. Coliformes fécaux	/ 100 ml	100	2.000
3. Streptocoques fécaux	/ 100 ml	100	—

### Annexe 2 : Indice de la qualité de l'eau de baignade (germe/ml) (Selon l'OMS).

INDICE DE LA QUALITE DE L'EAU DE BAINADE				
PARAMETRES	CLASSES			
	A	B	C	D
	Excellente	Bonne	Acceptable	Mauvaise
Coliformes totaux	0 à 100	101 à 500	501 à 1000	1000 et +
Coliformes fécaux	0 à 20	21 à 100	101 à 199	200 et +
Streptocoques fécaux	0 à 10	11 à 50	51 à 100	100 et +



**Annexe 3 : extrait de l'arrêté N°74/MSPS/INHP fixant les normes d'hygiène, dans le cadre des baignades aménagées et bassins ouverts au public.**

**II - BASSINS DE NATATION ET Baignades Aménagées**

L'eau des bassins de natation et des baignades aménagées doit répondre aux normes suivantes :

- Sa couleur ne subit pas de changement anormal ;
- Elle n'est pas irritante pour les yeux, la peau et les muqueuses ;
- Elle ne comporte pas de mousse persistante ;
- Les huiles minérales ne doivent engendrer ni odeur, ni film visible à la surface de l'eau ;
- Il y a absence d'odeur spécifique de phénols, son pH est compris entre 6 et 9 ;
- Sa transparence au repos est supérieure à 1 m ;
- Elle ne contient pas de substance dont la qualité serait susceptible de nuire à la santé des baigneurs ;
- Elle ne contient pas plus de 2 000 coliformes fécaux ni plus de 10 000 coliformes totaux pour 100 ml ;
- Elle ne contient pas de salmonelles, staphylocoques et de shigelles dans 1 litre, ni d'entéro-virus dans 10 litres (zéro unité formant plaque).

## RESUME

Les eaux de baignade regroupent toutes les eaux où l'activité de baignade est autorisée, c'est-à-dire, aussi bien la baignade en eau douce (rivières, lacs et plans d'eau naturels, barrages.) que la baignade en mer. La présente étude concerne les eaux marines de baignade de Vridi et de Port-Bouëtcentre. Le but de cette étude était de caractériser ces eaux de baignades.

La méthodologie a consisté à réaliser huit campagnes de prélèvement d'échantillons de ces eaux de mai à décembre 2018. Sur ces échantillons, les paramètres physico-chimiques classiques ont été déterminés par des méthodes électrochimiques et spectrophotométriques. L'analyse microbiologique a été réalisée par la technique de filtration sur membrane.

Les points de prélèvement des échantillons d'eau sont localisés selon une longitude de  $05^{\circ}15,145'$  et une latitude de  $004^{\circ}00,085'$  pour la mer de Vridi et selon une longitude de  $05^{\circ}14,427'$  et une latitude de  $003^{\circ}54,555'$  pour celle de Port-Bouët centre.

Au plan physico-chimique, les teneurs des différents paramètres sont similaires à l'exception de la turbidité respectivement de  $8,14 \pm 3,60$ UTN pour la mer de Port-Bouët centre et de  $4,48 \pm 2,65$ UTN pour celle de Vridi. En dehors de ce paramètre, les eaux sont caractérisées par une conductivité comprise entre 30200 et 58200  $\mu$ S/cm, un pH variant de 7,6 à 8,7.

Au plan microbiologique, *E. coli* et *E. faecalis* ont été les germes retrouvés sur toutes la période de l'étude. Les taux les plus élevés ont été observés en juin pour *E. coli* et en juillet pour *E. faecalis*.

La comparaison de la qualité des eaux de baignades aux critères spécifiés dans la norme ivoirienne montre qu'elles sont de qualité acceptable pour la baignade. Par contre comparativement aux normes algériennes et à celles de l'OMS, les deux eaux étaient de qualité non satisfaisante pour la baignade

**Mots clés :** Océan atlantique, Eaux de baignade, Physicochimie, Microbiologie, Abidjan