

**REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE**

UNION – DISCIPLINE – TRAVAIL

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



**UFR DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES ET BIOLOGIQUES**

Année : 2015 – 2016

THESE

N° 1747/16

Présentée en vue de l'obtention du

**DIPLOME D'ETAT DE  
DOCTEUR EN PHARMACIE**

**Surveillance sanitaire de l'eau d'adduction publique  
des villes de l'intérieur de la Côte d'Ivoire :  
cas de la ville de Yamoussoukro de 2010 à 2014**

*Soutenue publiquement le 26 Avril 2016*

**Composition du jury**

*Président* : Monsieur **ATINDEHOU EUGENE**, *Professeur Titulaire*

*Directeur de thèse* : Monsieur **KOUADIO KOUAKOU LUC**, *Professeur Titulaire*

*Assesseurs* : Monsieur **DAGNAN N'CHO SIMPLICE**, *Professeur Titulaire*

Monsieur **OGA AGBAYA SERGE**, *Maître de Conférences Agrégé*

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

## I-HONORARIAT

Directeurs/Doyens Honoraires :	Professeur RAMBAUD André
	Professeur FOURASTE Isabelle
	Professeur BAMBA Moriféré
	Professeur YAPO Abbé †
	Professeur MALAN Kla Anglade
	Professeur KONE Moussa †

## II- ADMINISTRATION

Directeur	Professeur ATINDEHOU Eugène
Sous-Directeur Chargé de la Pédagogie	Professeur Ag INWOLEY Kokou André
Sous-Directeur Chargé de la Recherche	Professeur Ag OGA Agbaya Serge
Secrétaire Principal	Madame NADO-AKPRO Marie Josette
Documentaliste	Monsieur N'GNIMMIEN Koffi Lambert
Intendant	Monsieur GAHE Alphonse
Responsable de la Scolarité	Madame DJEDJE Yolande

## III- PERSONNEL ENSEIGNANT PERMANENT

### 1- PROFESSEURS TITULAIRES

Mme AKE Michèle	Chimie Analytique, Bromatologie
M ATINDEHOU Eugène	Chimie Analytique, Bromatologie
Mme ATTOUNGBRE HAUHOUOT M.L.	Biochimie et Biologie Moléculaire
M DANO Djédjé Sébastien	Toxicologie.
Mme KONE BAMBA Diéneba	Pharmacognosie
MM KOUADIO Kouakou Luc	Hydrologie, Santé Publique
MALAN Kla Anglade	Chimie Ana., contrôle de qualité

	MENAN Eby Ignace	Parasitologie - Mycologie
	MONNET Dagui	Biochimie et Biologie Moléculaire
Mme	SAWADOGO Duni	Hématologie
M	YOLOU Séri Fernand	Chimie Générale

## 2- MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

MM	ABROGOUA Danho Pascal	Pharmacie Clinique
	AHIBOH Hugues	Biochimie et Biologie moléculaire
Mme	AKE EDJEME N <sup>o</sup> guessan Angèle	Biochimie et Biologie moléculaire
MM	AMARI Antoine Serge G.	Législation
	AMIN N <sup>o</sup> Cho Christophe	Chimie analytique
	DEMBELE Bamory	Immunologie
	GBASSI K. Gildas	Chimie Physique Générale
	INWOLEY Kokou André	Immunologie
	KOFFI Angely Armand	Pharmacie Galénique
Mme	KOUAKOU-SIRANSY Gisèle	Pharmacologie
MM	KOUASSI Dinard	Hématologie
	LOUKOU Yao Guillaume	Bactériologie-Virologie
	OGA Agbaya Stéphane	Santé publique et Economie de la santé
	OUASSA Timothée	Bactériologie-Virologie
	OUATTARA Mahama	Chimie organique, Chimie thérapeutique
	YAPI Ange Désiré	Chimie organique, chimie thérapeutique
	YAVO William	Parasitologie - Mycologie
	ZINZENDORF Nanga Yessé	Bactériologie-Virologie

**3- MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE**

M	DIAFOUKA François	Biochimie et Biologie de la Reproduction
---	-------------------	--

**4-MAITRES ASSISTANTS**

Mme	AFFI-ABOLI Mihessé Roseline	Immunologie
M	ANGORA Kpongbo Etienne	Parasitologie - Mycologie
Mme	BARRO KIKI Pulchérie	Parasitologie - Mycologie
MM	BONY François Nicaise	Chimie Analytique
	CLAON Jean Stéphane	Santé Publique
	DALLY Laba	Pharmacie Galénique
	DJOHAN Vincent	Parasitologie -Mycologie
Mme	FOFIE N'Guessan Bra Yvette	Pharmacognosie
Mme	IRIE N'GUESSAN Amenan	Pharmacologie
M	KASSI Kondo Fulgence	Parasitologie-Mycologie
Mmes	KONATE Abibatou	Parasitologie-Mycologie
	KOUASSI AGBESSI Thérèse	Bactériologie-Virologie
M	MANDA Pierre	Toxicologie
Mmes	POLNEAU VALLEE Sandrine	Mathématiques-Statistiques
	SACKOU KOUAKOU Julie	Santé Publique
	SANGARE Mahawa	Biologie Générale
	SANGARE TIGORI Béatrice	Toxicologie
	VANGA ABO Henriette	Parasitologie-Mycologie
M	YAYO Sagou Eric	Biochimie et Biologie moléculaire

**5-ASSISTANTS**

MM	ADJAMBRI Adia Eusebé	Hématologie
	ADJOUNGOUA Attoli Léopold	Pharmacognosie
Mme	AKA-ANY-GRA Armelle Adjoua S.	Pharmacie Galénique
M	AMICHIA Attoumou Magloire	Pharmacologie
Mmes	ALLOUKOU-BOKA Paule-Mireille	Législation
	APETE Sandrine	Bactériologie-Virologie
	AYE YAYO Mireille	Hématologie
MM	BROU Amani Germain	Chimie Analytique
	BROU N <sup>o</sup> Guessan Aimé	Pharmacie clinique
	CABLAN Mian N <sup>o</sup> Ddey Asher	Bactériologie-Virologie
	COULIBALY Songuigama	Chimie Thérapeutique
Mme	DIAKITE Aïssata	Toxicologie
M	DJADJI Ayoman Thierry Lenoir	Pharmacologie
Mme	DOTIA Tiepordan Agathe	Bactériologie-Virologie
M	EFFO Kouakou Etienne	Pharmacologie
Mme	HOUNSA Annita Emeline Epse Alla	Sante Publique
MM	KABRAN Tano Kouadio Mathieu	Immunologie
	KACOU Alain	Chimie Thérapeutique
	KAMENAN Boua Alexis Thierry	Pharmacologie
	KOFFI Kouamé	Santé publique
	KONAN Konan Jean Louis	Biochimie et Biologie moléculaire
Mme	KONE Fatoumata	Biochimie et Biologie moléculaire
MM	KOUAKOU Sylvain Landry	Pharmacologie
	KOUAME Denis Rodrigue	Immunologie

	KPAIBE Sawa Andre Philippe	Chimie Analytique
	LATHRO Joseph Serge	Bactériologie-Virologie
	N'GBE Jean Verdier	Toxicologie
	N'GUESSAN Alain	Pharmacie Galénique
Mme	N'GUESSAN-BLAO Amino Rebecca J.	Hématologie
M	N'GUESSAN Déto Ursul Jean-Paul	Chimie Thérapeutique
Mmes	N'GUESSAN Kakwokpo Clémence	Pharmacie Galénique
	OUAYOGODE-AKOUBET Aminata	Pharmacognosie
	SIBLI-KOFFI Akissi Joëlle	Biochimie et Biologie moléculaire
M	TRE Eric Serge	Chimie Analytique
Mmes	TUO Awa	Pharmacie Galénique
	YAO ATTIA Akissi Régine	Santé publique
M	YAPO Assi Vincent De Paul	Biologie Générale

## 6- ATTACHES DE RECHERCHE

Mme	ADIKO N'dri Marcelline	Pharmacognosie
M	LIA Gnahoré José Arthur	Pharmacie Galénique

## 7- IN MEMORIUM

Feu	KONE Moussa	Professeur Titulaire
Feu	YAPO Abbé Etienne	Professeur Titulaire
Feu	COMOE Léopold	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

## IV- ENSEIGNANTS VACATAIRES

### 1-PROFESSEURS

MM	ASSAMOI Assamoi Paul	Biophysique
	DAINE Charles	Biophysique
	OYETOLA Samuel	Chimie Minérale
	ZOUZOU Michel	Cryptogamie

### 2-MAITRES DE CONFERENCES

MM	KOUAKOU Tanoh Hilaire	Botanique et Cryptogamie
	SAKO Aboubakar	Physique (Mécanique des fluides)
Mme	TURQUIN née DIAN Louise	Biologie Végétale
M	YAO N'Dri Athanase	Pathologie Médicale

### 3- MAITRE-ASSISTANT

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

### 4- NON UNIVERSITAIRES

MM.	AHOUSSE Daniel Ferdinand	Secourisme
	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 DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES ET BIOLOGIQUES**

**I- BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE**

Professeur	LOUKOU Yao Guillaume	Maître de Conférences Agrégé Chef du département
Professeurs	ZINZENDORF Nanga Yessé	Maître de Conférences Agrégé
	OUASSA Timothée	Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	KOUASSI AGBESSI Thérèse	Maître- assistante
	CABLAN Mian N°Dédey Asher	Assistant
	DOTIA Tiepordan Agathe	Assistante
	LATHRO Joseph Serge	Assistant
	APETE yah sandrine épse TAHOU	Assistante

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

Professeur	MONNET Dagui	Professeur Titulaire Chef du Département
Professeurs	HAUHOUOT épse ATTOUNGBRE M. L.	Professeur Titulaire
	AHIBOH Hugues	Maître de Conférences Agrégé
	AKE EDJEME N'Guessan Angèle	Maître de Conférences Agrégé
	DIAFOUKA François	Maître de Conférences
Docteurs	YAYO Sagou Eric	Maître-assistant
	KONAN Konan Jean Louis	Assistant
	KONE Fatoumata	Assistante
	KOFFI Akissi Joelle épse SIBLI	Assistante

### III- BIOLOGIE GENERALE, HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE

Professeur	SAWADOGO Duni	Professeur Titulaire
		Chef du Département
Professeurs	INWOLEY Kokou André	Maître de Conférences Agrégé
	KOUASSI Dinard	Maître de Conférences Agrégé
	DEMBELE Bamory	Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	SANGARE Mahawa	Maitre-assistante
	AFFI-ABOLI Mihessé Roseline	Maître-Assistante
	ADJAMBRI Adia Eusebé	Assistant
	AYE YAYO Mireille	Assistante
	KABRAN Tano K. Mathieu	Assistant
	KOUAME Denis Rodrigue	Assistant
	N°GUESSAN-BLAO R. S.	Assistante
	YAPO Assi Vincent De Paul	Assistant

**IV- CHIMIE ANALYTIQUE, CHIMIE MINERALE ET GENERALE,  
TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE**

Professeur	ATINDEHOU Eugène	Professeur Titulaire
		Chef du Département
Professeurs	MALAN Kla Anglade	Professeur Titulaire
	AKE Michèle Dominique	Professeur Titulaire
	YOLOU Séri Fernand	Professeur Titulaire
Professeurs	AMIN N'Cho Christophe	Maître de Conférences Agrégé
	GBASSI K. Gildas	Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	BONY Nicaise François	Maître-assistant
	BROU Amani Germain	Assistant
	KPAIBE Sawa Andre Philippe	Assistant
	TRE Eric Serge	Assistant

**V- CHIMIE ORGANIQUE ET CHIMIE THERAPEUTIQUE**

Professeur	YAPI Ange Désiré	Maître de Conférences Agrégé
		Chef du Département
Professeur	OUATTARA Mahama	Maître de Conférences Agrégé
Docteur	KACOU Alain	Assistant
	N <sup>o</sup> GUESSAN Deto Jean-Paul	Assistant
	COULIBALY Songuigama	Assistant

## VI- PARASITOLOGIE, MYCOLOGIE, BIOLOGIE ANIMALE ET ZOOLOGIE

Professeur	MENAN Eby Ignace H.	Professeur Titulaire Chef du Département
Professeur	YAVO William	Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	BARRO KIKI Pulchérie	Maître-assistante
	DJOHAN Vincent	Maître-assistant
	KASSI Kondo Fulgence	Maître-assistant
	VANGA ABO Henriette	Maître-assistante
	ANGORA Kpongbo Etienne	Maître-Assistant
	KONATE Abibatou	Maître-Assistante

## VII- PHARMACIE GALENIQUE, BIOPHARMACIE, COSMETOLOGIE, GESTION ET LEGISLATION PHARMACEUTIQUE

Professeur	KOFFI Armand A.	Maître de Conférences Agrégé Chef du Département
Professeur	AMARI Antoine Serge G.	Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	DALLY Laba Ismaël	Maître-assistant
	AKA-ANY Grah Armelle A.S.	Assistante
	N°GUESSAN Alain	Assistant
	BOKA Paule Mireille épouse A.	Assistante
	N°GUESSAN Kakwopko C.	Assistante
	TUO Awa Nakognon	Assistante

**VIII- PHARMACOGNOSIE, BOTANIQUE, BIOLOGIE VEGETALE,  
CRYPTOGAMIE,**

Professeur	KONE BAMBA Diénéba	Professeur Titulaire Chef du Département
Docteurs	ADJOUNGOUA Attoli Léopold FOFIE N°Guessan Bra Yvette OUAYOGODE-AKOUBET Aminata	Assistant Maître-Assistante Assistante

**IX- PHARMACOLOGIE, PHARMACIE CLINIQUE ET  
THERAPEUTIQUE, ET PHYSIOLOGIE HUMAINE**

Professeurs	KABLAN Brou Jérôme ABROGOUA Danho Pascal KOUAKOU SIRANSY N°doua G.	Maître de Conférences Agrégé Chef du Département Maître de Conférences Agrégé Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	IRIE N°GUESSAN Amenan G. AMICHIA Attoumou M. DJADJI Ayoman Thierry Lenoir EFFO Kouakou Etienne KAMENAN Boua Alexis KOUAKOU Sylvain Landry BROU N°GUESSAN Aime	Maître-assistante Assistant Assistant Assistant Assistant Assistant Assistant

**X- PHYSIQUE, BIOPHYSIQUE, MATHEMATIQUES,  
STATISTIQUES ET INFORMATIQUE**

Professeur	ATINDEHOU Eugène	Professeur Titulaire Chef de Département
Docteur	POLNEAU VALLEE Sandrine	Maître-assistante

**XI- SANTE PUBLIQUE, HYDROLOGIE ET TOXICOLOGIE**

Professeur	KOUADIO Kouakou Luc	Professeur Titulaire Chef du département
	DANO Djédjé Sébastien	Professeur Titulaire
	OGA Agbaya Stéphane	Maître de Conférences Agrégé
Docteurs	CLAON Jean Stéphane	Maître-assistant
	MANDA Pierre	Maître-assistant
	SANGARE TIGORI B.	Maître-assistante
	SACKOU KOUAKOU J.	Maître-assistante
	DIAKITE Aissata	Assistante
	HOUNSA-ALLA Annita Emeline	Assistante
	YAO ATTIA Akissi Régine	Assistante
	N'GBE Jean Verdier	Assistant
	KOFFI Kouamé	Assistant

A nos maîtres et juges

## A NOTRE MAITRE ET PRESIDENT DE JURY

### Monsieur le Professeur ATINDEHOU EUGENE

- Professeur titulaire de Chimie Analytique, Bromatologie, à l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques d'Abidjan
- Doyen à l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques d'Abidjan
- Chef du département de Chimie Analytique, Bromatologie à l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques d'Abidjan
- Membre de la Société des experts chimistes de France
- Chevalier de l'ordre des palmes académiques de France
- Chevalier de l'ordre de l'éducation de Côte d'Ivoire

*Cher maître,*

*Durant notre parcours universitaire, nous avons pu observer l'homme aux grandes qualités humaines et professionnelles que vous êtes.*

*Vous avez accepté avec spontanéité de présider ce jury malgré vos nombreuses occupations.*

*L'honneur est immense pour nous, de vous voir présider ce jury de thèse.*

*Permettez-nous de vous témoigner notre profonde gratitude et l'expression de nos sentiments les plus respectueux.*

## A NOTRE MAITRE ET DIRECTEUR DE THESE

### Monsieur le Professeur KOUADIO KOUAKOU LUC

- Professeur titulaire d'hydrologie et de santé publique à l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques d'Abidjan
- Chef du laboratoire d'analyse médicale et du service du contrôle des eaux de l'INHP
- Responsable du DEU d'homéopathie à l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques d'Abidjan
- Responsable du DESS d'hygiène alimentaire à l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques d'Abidjan
- Responsable de la filière santé publique : DEA/DESS, MP SP

*Cher Maitre,*

*Par la richesse de vos connaissances, par votre disponibilité constante et votre rigueur vous avez été d'une aide précieuse dans l'avancé de cette œuvre.*

*Soyez assuré de notre profonde admiration et notre respect à votre égard.*

*Que Dieu vous bénisse*

## A NOTRE MAITRE ET JUGE

### Monsieur le Professeur OGA AGBAYA SERGE

- Docteur en pharmacie diplômé de l'université de Cocody,
- Professeur Agrégé chargé de cours au département de santé publique hydrologie et toxicologie,
- Sous-Directeur chargé de la recherche et de l'équipement à l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de l'Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan
- Chargé de la recherche épidémiologique et statistique à l'institut national de la santé publique,
- Ancien interne des hôpitaux,
- Membre du secrétariat des rédactions de la revue CAHIER SANTE PUBLIQUE,
- Membre de l'association des épidémiologistes de langue française (ADELF).

*Cher Maître*

*C'est avec une grande joie que nous vous comptons parmi les membres de ce jury. Merci pour l'enseignement de qualité et tous les conseils dont nous avons bénéficiés. Nous avons de toujours été impressionnés par votre gentillesse et votre simplicité. Puisse Dieu vous garder et vous bénir.*

## A NOTRE MAITRE ET JUGE

## **Monsieur le Professeur DAGNAN N'CHO SIMPLICE**

- Doctorat en médecine
- Directeur de l'Institut national d'hygiène publique
- Professeur agrégé au département de santé publique et informatique de l'UFR des sciences médicales d'Abidjan
- DESS en gestion de l'information médicale à l'hôpital et dans les filières de soins (université de Nancy France)
- DESS „informatique double compétence“ Université de Nancy
- Certificat d'étude spécialisée en santé publique
- Assistant chef de clinique en santé publique à la faculté de médecine d'Abidjan

*Cher maître,*

*C'est avec une grande joie que nous vous avons compté parmi le jury de notre thèse. Cet honneur que vous nous faites en acceptant de juger ce modeste travail est pour nous l'occasion de vous témoigner notre respect, notre admiration et nos remerciements.*

*Que Dieu vous bénisse.*

# TABLE DES MATIERES

<b>ABREVIATIONS</b> -----	5
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> -----	6
<b>LISTE DES FIGURES</b> -----	7
<b>INTRODUCTION</b> -----	8
<b>PREMIERE PARTIE : REVUE DE LITTERATURE</b> -----	11
<b>CHAPITRE I : APPROVISIONNEMENT EN EAU</b> -----	12
<b>I. L'EAU ET RESSOURCES</b> -----	13
I.1. Définition de l'eau-----	13
I.2. Répartition-----	13
I.3.- Approvisionnement en eau-----	14
I.3.1. Les ressources-----	14
I.3.1.1. Les eaux souterraines-----	14
I.3.1.2. Les eaux de surface-----	16
I.3.2. Le captage de l'eau-----	17
I.3.2.1. Eau de sources-----	17
I.3.2.2. Puits traditionnels-----	17
I.3.2.3. Forages-----	17
I.3.3. Le traitement de l'eau-----	18
I.3.3.1. Les prétraitements-----	18
I.3.3.2. La peroxydation-----	18
I.3.3.3. La clarification -----	19
I.3.3.4. La désinfection-----	20
<b>CHAPITRE II : GENERALITES SUR L'APPROVISSIONNEMENT EN EAU PAR UN RESEAU DE DISTRIBUTION</b> -----	22
II.1.Le réseau de distribution-----	23
II .1 .1-Définition-----	23
II.1.2-Classification des réseaux de distribution d'eau-----	25

II.1.3-Structure des réseaux-----	27
II-2 Facteurs à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau du réseau d'adduction-----	28
II-2.1 Introduction-----	28
II-2.2 Les phénomènes biologiques -----	28
II-2.2.1 D'où viennent les microorganismes ?-----	28
II.2.2.2 Conséquences du développement d'un biofilm dans les réseaux -----	29
II.2.2.3 Conséquences de la présence d'un biofilm sur le réseau de distribution-----	30
II.2.2.4 Conséquences du développement de biofilm pour les Consommateurs-----	30
II.3 Facteurs physicochimiques influençant la dégradation de la qualité de l'eau---	31
II.3-1 pH et minéralisation -----	31
II.3-2 Température-----	32
II.3-3 Oxygène dissous-----	32
II.3-4 Turbidité -----	33
II.3-5 Ammonium-----	33
II.3-6 Matières organiques-----	34
II.3-7 Désinfectant résiduel-----	34
II.3-8 Les facteurs organoleptiques-----	34
II.4 Influence des phénomènes de corrosions sur la qualité de l'eau-----	35
<b>CHAPITRE III : SURVEILLANCE SANITAIRE DES EAUX</b>	
<b>D'APPROVISIONNEMENT PUBLIC-----</b>	<b>36</b>
III.1 Justification-----	37
III.2. Définition-----	37
III.3. Organisation-----	38
III.4. Le contrôle de la qualité-----	39
III.4.1. Définition-----	39

III.4.2. Les niveaux de contrôle selon la réglementation européenne-----	39
III.4.3. Notion de directives et normes-----	40
III.4.3.1. Les directives de l'OMS -----	41
III.4.3.2. Les directives de l'Union Européenne -----	44
III.4.4. Paramètres d'analyse des eaux fournies par un réseau de Distribution-----	46
III.4.4.1. Les paramètres organoleptiques-----	46
III.4.4.2 Les paramètres physicochimiques -----	48
II.4.4.3. Les paramètres de qualité bactériologique de l'eau de boisson--	50
<b>CHAPITRE IV : LES MALADIES HYDRIQUES-----</b>	<b>56</b>
IV.1. Définition-----	57
IV.2. Maladies transmises par l'eau-----	57
IV.3. Maladies liées à l'eau-----	58
IV.4. Maladies dues à un manque d'eau pour l'hygiène corporelle -----	58
IV.5. Maladies liées à des insectes vecteurs-----	58
IV.6. Maladies liées à un défaut d'assainissement-----	59
<b>CHAPITRE V : LES INSPECTIONS SANITAIRES-----</b>	<b>60</b>
V.1 Définition-----	61
V.2-Organisation des inspections sanitaires -----	61
V.3 Les systèmes à inspecter-----	61
<b>DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE-----</b>	<b>62</b>
<b>CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES -----</b>	<b>63</b>
I.1- CADRE DE L'ETUDE -----	64
I.1.1- contexte -----	64
I.1.2 Cadre géographique-----	64
I. 2 TYPE ET DUREE D'ETUDE-----	65
I.3 METHODES D'INVESTIGATIONS-----	65
I.3.1 Inspection sanitaire-----	65
I.3.1.1 Analyse des rapports d'inspection sanitaire-----	66

I.3.2 Analyse des résultats du contrôle de qualité-----	66
I.4 ETUDE STATISTIQUE-----	67
<b>CHAPITRE II : RESULTATS</b> -----	68
II.1 DONNEES DE L'INSPECTION SANITAIRE-----	70
II.1 Les fréquences des inspections réalisées -----	70
II.2 Inspection sanitaire sur réseau d'adduction d'eau-----	71
II.2 CONTROLE QUALITE-----	73
II.2.1 Nombre d'échantillons prélevés et leur répartition selon l,année---	73
II.2.2 Qualité de l'eau distribuée pendant les cinq années-----	74
II.3 PARAMETRES EN CAUSE DANS LA NON-CONFORMITE DES ECHANTILLONS PRELEVES-----	74
II.4 LES PARAMETRES DE POLLUTION ORGANOLEPTIQUES DU RESEAU-----	75
II.5 LES PARAMETRES DE POLLUTION PHYSICO CHIMIQUES -----	76
II.6 LES PARAMETRES DE POLLUTION MICROBIOLOGIQUES -----	78
<b>DISCUSSION</b> -----	80
<b>CONCLUSION</b> -----	85
<b>RECOMMANDATIONS</b> -----	87
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> -----	89

## ABREVIATIONS

<b>APHA</b>	: American Public Health Association
<b>AWWA</b>	: American Water Works Association
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	: Carbonate de calcium
<b>CF</b>	: Coliformes Fécaux ou Thermo tolérants
<b>CMA</b>	: Concentration maximale admissible
<b>CMR</b>	: Concentration minimale requise
<b>CT</b>	: Coliformes Totaux
<b>CT</b>	: Coliformes totaux
<b>CTT</b>	: Coliformes thermo-tholérants
<b>DHT</b>	: Degré hydrotimétrique
<b>DIEPA</b>	: Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement
<b>EPN</b>	: Etablissement Public National
<b>INHP</b>	: Institut national d'hygiène publique
<b>Km</b>	: kilomètres
<b>MES</b>	: Matières En Suspension
<b>MI</b>	: mètres linéaire
<b>N</b>	: Azote de kjeldahl
<b>NG</b>	: niveau guide
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	: Ammonium
<b>NO<sub>2</sub></b>	: Nitrite
<b>NO<sub>3</sub></b>	: Nitrates
<b>OMD</b>	: Objectifs du Millénaire pour le Développement
<b>OMS</b>	: Organisation Mondiale de la Santé
<b>pH</b>	: potentiel hydrogène
<b>PVC</b>	: Polychlorure de vinyle

- RGPH** : Recensement general de la population
- SODECI** : Societé De Distribution D'eau En Côte d'Ivoire
- TAC** : Titre alcalimétrique complet
- TH** : Titre Hydrotimétrique
- UN** : United nations
- UNICEF** : Fond des nation unies pour l'enfance
- UNT** : Unité Néphélométrique
- US EPA** : United States Environmental Protection Agency
- WEF** : Work association and Water Environment Federation
- WHO** : World Health organization

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Nombres d'échantillons minimaux recommandés pour le dosage des indicateurs fécaux dans les réseaux de distribution-----	<b>41</b>
Tableau II: Valeurs indicatives de quelques paramètres proposées par les Directives de l'OMS -----	<b>42</b>
Tableau III: Qualité microbiologique de l'eau de boisson (OMS, 2000)-----	<b>43</b>
Tableau IV : Directives de qualité des CMA*-----	<b>45</b>
Tableau V : fréquence des inspections-----	<b>70</b>
Tableau VI : différents constats observés au niveau de la source-----	<b>71</b>
Tableau VII: différents constats observés au niveau du système de captage et de la station de traitement -----	<b>71</b>
Tableau VIII : répartition des échantillons selon la conformité -----	<b>74</b>
Tableau IX : Les paramètres analytiques de pollution en causes dans la non-conformité des échantillons d'eau-----	<b>75</b>
Tableau X : fréquences de non-conformité des paramètres organoleptiques des prélèvements d'eau-----	<b>76</b>
Tableau XI: résultats des paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau-----	<b>77</b>
Tableau XII: résultats des paramètres microbiologiques des échantillons d'eau-----	<b>78</b>

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : schéma d'un système d'alimentation en eau potable -----	<b>24</b>
Figure 2 : différents types de réseaux-----	<b>25</b>
Figure 3 : matériaux constitutifs des canalisations du réseau de distribution d'eau de Yamoussoukro-----	<b>72</b>
Figure 4 : Répartition des échantillons prélevés selon l'année-----	<b>73</b>

# INTRODUCTION

L'accès à une eau potable est un droit humain fondamental et essentiel à la santé humaine, au bien-être, à la production économique et au développement durable d'un pays (**World Health Organization, 2011**). Il est donc fondamental pour le bien-être et la santé des populations que l'eau potable soit disponible et accessible à tous les ménages que ce soit pour la boisson, pour un usage domestique ou pour la production alimentaire (**World Health Organization, 2011**). Ainsi tout manquement à la potabilité de l'eau peut exposer la population au risque de maladies hydriques particulièrement les pathologies infectieuses **Organisation Mondiale de la Santé 5**.

Les efforts consentis et déployés dans les années 80, notamment pendant la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (DIEPA) lancée par l'Organisation des Nations Unies ont permis d'assurer un approvisionnement en eau et des systèmes d'assainissement adéquats à des centaines de millions de personnes privées de ce droit [**OMS, 2004**].

Dans le cadre des objectifs du millénaire pour le développement (OMD), la communauté internationale s'était engagée à réduire de moitié d'ici 2015 le nombre de personnes dans le monde n'ayant pas un accès sûr à l'eau potable et à un système d'assainissement de base.

Cependant, la présence d'un système d'alimentation en eau potable n'est pas ipso facto une garantie de la qualité de l'eau qui en résulte [**Bain, Cronk, Wright, et al. 2014**]. C'est le cas par exemple à Kitwe en Zambie où une épidémie de choléra et de dysenterie a fait en deux semaines 500 décès. Cette épidémie était due à une contamination du réseau par l'eau usée suite à une défaillance de l'assainissement et une détérioration des infrastructures du système d'alimentation en eau potable [**Anne bousquet, 2004**].

Par ailleurs une étude réalisée sur le réseau ivoirien d'adduction en eau potable a mis en évidence des risques sanitaires liés à la présence d'*E coli* [**Amin et al. 2008**].

La qualité de l'eau est dynamique et peut varier de la source au robinet du consommateur en fonction de plusieurs facteurs (la source d'approvisionnement, les traitements subis par l'eau, les conditions de stockage, l'état des réseaux de distribution). Dès lors la surveillance de l'eau de boisson est primordiale si l'on veut garantir la qualité hygiénique de l'eau et assurer la sécurité des consommateurs.

Selon l'OMS, la surveillance de l'eau de boisson est un processus continu et vigilant d'évaluation et d'examen sous l'angle sanitaire de la salubrité et de l'acceptabilité de l'eau de boisson. Cette surveillance contribue à la protection de la santé publique à travers la promotion de l'amélioration des approvisionnements en eau en termes de qualité [OMS, 2004].

En Côte d'Ivoire, 81% de la population a accès à l'eau potable avec 92% en zone urbaine contre 69% en zone rurale [Komenan, 2008].

Cependant malgré une situation sanitaire dominée par les maladies infectieuses et parasitaires, la surveillance de la qualité de l'eau reste reléguée au second plan.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la mission de surveillance sanitaire par l'INHP des eaux de boissons de la ville d'Abidjan et des agglomérations urbaines de l'intérieur du pays. Il a porté particulièrement sur l'évaluation de la qualité de l'eau d'adduction distribuée dans la ville de Yamoussoukro capitale politique et administrative de la Côte d'Ivoire.

**L'objectif général** de ce travail était d'évaluer la qualité de l'eau d'adduction publique desservie de 2010 à 2014 du réseau dans la ville de Yamoussoukro.

Les objectifs spécifiques qui en découlaient étaient :

- examiner les données relatives aux inspections sanitaires effectuées sur le réseau;
- analyser les résultats du contrôle de qualité des échantillons d'eau prélevés de 2010 à 2014.

# **PREMIERE PARTIE : REVUE DE LITTERATURE**

# CHAPITRE I : APPROVISIONNEMENT EN EAU

## **I. L'EAU ET RESSOURCES**

### **I.1. Définition de l'eau**

L'eau est un composé chimique ubiquitaire sur la terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. Nécessaire à toute forme de vie, l'eau est également un élément de promotion de la santé des individus et du développement socio-économique des collectivités humaines. L'eau est ainsi donc indispensable à la vie et tous les hommes qui doivent disposer d'un approvisionnement satisfaisant en eau (suffisant, sûr et accessible).

### **I.2. Répartition**

Près de 97% de l'eau planétaire se trouve dans les mers et les océans. Cette eau est trop salée pour pouvoir être consommée [**Chantal tissier et al, 1994**] .

En effet, l'homme ne boit et n'utilise que de l'eau douce, c'est à dire non salée. L'eau douce est représentée par l'eau des fleuves, de la pluie, des rivières, des lacs et des nappes souterraines. C'est cette eau que l'homme utilise pour boire et s'alimenter. Mais sa quantité disponible ne représente qu'un millionième de l'eau sur Terre, c'est à dire 1 million de m<sup>3</sup>/habitant/J. Un peu plus des trois-quarts de la réserve d'eau douce de la planète est retenue dans les glaces des régions polaires [**Chantal tissier et al, 1994**] .

## **I.3.- Approvisionnement en eau**

### **I.3.1. Les ressources**

Les ressources en eau destinées à la consommation humaine sont représentées par les eaux de pluie, les eaux de surface et les eaux souterraines. Cette classification est basée sur des caractéristiques et des méthodes d'exploitation.

#### **I.3.1.1. Les eaux souterraines**

##### **I.3.1.1.1. Définition**

Les eaux souterraines proviennent de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol. Celles-ci s'insinuent par gravité dans les pores, les microfissures et les fissures des roches, humidifiant des couches de plus en plus profondes, jusqu'à rencontrer une couche imperméable. Là, elles s'accumulent, remplissant le moindre vide, saturant d'humidité le sous-sol, formant ainsi un réservoir d'eau souterraine appelé aquifère. La nappe circule en sous-sol sur la couche imperméable, en suivant les pentes, parfois pendant des dizaines voire des centaines de kilomètres, avant de ressortir à l'air libre, alimentant une source ou un cours d'eau.

##### **I.3.1.1.2 Origine**

La plupart des eaux souterraines ont pour origine les eaux pluviales (pluie ou neige). Si elles ne sont pas perdues par évaporation, transpiration ou écoulement, l'eau de ces sources peut s'infiltrer dans les sols. Les quantités d'eau des précipitations sont retenues très difficilement sur le sol sec formant un film sur la surface et dans les micros pores des particules du sol. Aux niveaux intermédiaires, les films de l'eau recouvrent les particules solides, mais de l'air est encore présent dans les sols (vides). Cette région s'appelle une zone non

saturée ou zone d'aération, et l'eau présente est dite vadose. En profondeur et en présence de quantités adéquates d'eau, tous les vides sont remplis pour produire une zone de saturation, le niveau supérieur représente la table de l'eau. L'eau présente dans une zone de saturation est appelée eau souterraine.

### **I.3.1.1.3 Qualité des eaux souterraines**

Les eaux souterraines sont qualitativement plus stables que l'eau de surface étant moins exposée aux phénomènes polluants et jouissant d'un cycle de renouvellement beaucoup plus lent. Elles sont néanmoins plus chargées en sels minéraux dissous que les eaux de surface parce qu'elles ont été intimement et pendant longtemps en contact avec les particules du sol et des roches encaissantes. Ainsi, la composition des eaux souterraines dépend de la nature et des substances organiques présentes dans la roche hôte.

Les eaux souterraines ont généralement un indice de couleur, turbidité faible et une température constante.

Les eaux souterraines aux caractéristiques physico-chimiques particulières sont celles qui proviennent des régions où le volcanisme est récent ou encore actif. Ces eaux sont chaudes et ont une teneur élevée en  $\text{SiO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , bore et traces de métaux lourds (Hg, Pb, Cd).

Sur le plan bactériologique, la qualité des eaux souterraines est la plupart du temps supérieure à celle des eaux de surface. La présence des bactéries pathogènes est généralement un indice que l'eau est prélevée à une profondeur insuffisante, près de son aire d'infiltration ou d'une source de contamination ou simplement que le forage est mal aménagé ou mal protégé contre les infiltrations d'eaux de surface.

## **I.3.1.2. Les eaux de surface**

### **I.3.1.2.1. Définition**

Les eaux de surfaces sont toutes les eaux qui s'écoulent ou stagnent à la surface de l'écorce terrestre.

### **I.3.1.2.2. Origine**

Elles ont pour origine soit des nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau ou de rivière, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau caractérisé par une surface de contact eau –atmosphère en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockés en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau- atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable.

### **I.3.1.2.3. Caractéristiques générales**

La composition chimique des eaux de surface dépend des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son acheminement, l'eau dissout les éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau-atmosphère, ces eaux se charge en gaz dissous (oxygène, azote, gaz carbonique).

### **I.3.1.2.4 Qualité des eaux de surface**

Elles sont rarement potables sans aucun traitement et sont généralement polluées sur le plan bactériologique.

### **I.3. . Le c p t ge de l'e u**

Le captage est l'opération de prélèvement de l'eau brute dans le milieu naturel à partir d'un dispositif approprié. Cette opération ne concerne que les eaux souterraines. Les eaux superficielles n'ont pas besoin d'être captées, leur prélèvement se fait par simple pompage.

#### **I.3.2.1. Eau de sources**

Une eau de source est une eau d'origine souterraine, protégée de la pollution, et n'ayant subi ni traitement chimique, ni aucune adjonction d'ingrédients quelconques. Elle est naturellement conforme et doit être potable.

#### **I.3.2.2. Puits traditionnels**

Le puits traditionnel est un ouvrage de surface d'un diamètre de 1 à 1,20 mètres et de 5 à 10 mètres de profondeur.

L'environnement d'un puits traditionnel doit être protégé car l'origine de son alimentation est éminemment polluable (couvercle, joints, etc.).

#### **I.3.2.3. Forages**

Ce sont des ouvrages de captage de faible diamètre (généralement moins de 60cm) forés à la tarière ou au trépan. Les caractéristiques techniques de ce type de sondage d'exploitation sont fixés en fonction du débit et des caractéristiques de la couche aquifère, notamment ; la granulométrie, la profondeur du gisement, les niveaux piézométrique et dynamique et de la puissance recherchée. Les forages comportent une pompe, des tubes et des crépines permettant d'éviter un ensablement du trou de sonde, de maintenir ses parois et former un massif filtrant.

### I.3.3. Le traitement de l'eau

#### I.3.3.1. Les prétraitements

Avant de procéder à un traitement d'une eau il faut la débarrasser de façon simple des éléments les plus grossiers qui pourraient gêner la mise en œuvre des procédés plus complexes. On utilise pour cela des moyens mécaniques :

- le grillage qui sert à protéger les pompes et canalisations contre les corps flottants grâce à des barreaux espacés de 5 à 10 centimètres ;
- le tamisage qui permet grâce à des grilles de mailles de 0,3 à 3 mm (macro-tamis ou 25 à 100 microns (micro-tamis), de retenir des éléments fins : MES (matières en suspension), débris végétaux et animaux, insectes mollusques, alluvions, algues, herbes ;
- le dessablage qui a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, sables et particules minérales plus ou moins fines pour éviter les dépôts, protéger les tamis, pompes et autres appareils contre l'abrasion.
- le débouillage qui est l'étape de traitement qui précède la clarification dans le cas d'eau très chargée en limons ou sable fin. Il est utilisé en amont des décanteurs principaux quand la teneur en MES de l'eau brute est supérieure à 2g/j [lyonnaise des eaux, 1994].

#### I.3.3.2. La peroxydation

Si les eaux à traiter contiennent beaucoup de matières organiques, ou encore de l'ammoniaque, du fer ou du manganèse, une étape d'oxydation préalable est nécessaire. Elle permet d'éliminer plus facilement ces substances au cours de l'étape de clarification. On utilise pour cela un oxydant comme le chlore ou l'ozone.

### I.3.3.3. La clarification

C'est une étape qui est toujours nécessaire dans le traitement des eaux de surface et qui est peu fréquente dans le traitement des eaux souterraines. C'est au cours de cette étape que les matières en suspension et les matières colloïdales, responsables de la turbidité de l'eau, sont extraites de l'eau brute.

La clarification peut combiner les procédés suivants :

- **Coagulation/floculation :**

C'est un procédé physico-chimique qui a pour but d'éliminer les matières colloïdales (particules qui ne s'agglomèrent pas naturellement). L'eau reçoit un réactif destiné à provoquer l'agglomération de ces particules en suspension en agrégats floconneux, dont l'ensemble forme une masse qu'on appelle le "floc". Les réactifs utilisés sont généralement des sels de fer ou d'aluminium. Chaque réactif coagulant n'étant actif que dans une certaine zone de pH, un ajustement du pH peut s'avérer nécessaire.

- **Décantation ou flottation :**

Ce sont des procédés physiques.

Dans la décantation l'eau coagulée entre dans le décanteur à vitesse réduite de façon à éviter les turbulences. Les coagulats se déposent au fond de l'ouvrage et l'eau clarifiée est récupérée en surface.

A l'inverse, la *flottation* consiste à favoriser la clarification par entraînement des particules en surface, grâce à la génération de bulles d'air, qui s'accrochent aux matières en suspension et aux flocons. Les flottants sont récupérés en surface par bras racleur.

- **Filtration**

La filtration permet de retenir les matières en suspension qui n'ont pas été piégées lors des étapes précédentes ou qui ont été formées lors de la pré-oxydation. Elle est réalisée sur matériaux classiques (sable) ou sur membranes (cas des eaux souterraines karstiques). La plus répandue est la filtration sur *lit de sable* (lit filtrant) : une couche de sable retient les particules et laisse passer l'eau filtrée. Le filtre peut jouer un double rôle suivant les conditions d'exploitation : d'une part, il retient les matières en suspension par filtration et d'autre part, il constitue un support bactérien permettant un traitement biologique, c'est à dire une consommation des matières organiques et de l'ammoniac, ou du fer et du manganèse, par les bactéries qui sont développées sur le sable.

- Le filtre à sable nécessite un nettoyage périodique afin d'éliminer les matières retenues entre les grains qui ralentissent le passage de l'eau. La filtration sur lit de sable, efficace, simple et peu coûteuse, s'est imposée, en raison des énormes volumes d'eau à filtrer.

La *filtration sur membranes* (microfiltration notamment) est de plus en plus fréquemment utilisée

#### I.3.3.4. La désinfection

La désinfection a pour objectif la destruction de tous les micro-organismes pathogènes.

Son efficacité dépend de plusieurs facteurs dont :

- le pouvoir létal du désinfectant considéré (chlore, bioxyde de chlore, ozone) ;
- le temps de contact réel du réactif avec l'eau à traiter ;

- Les conditions physico chimiques ambiantes (pH, température, turbidité) ;
- la qualité des traitements en amont [**lyonnaise des eaux, 1994**].

Les agents désinfectants utilisés sont :

- le chlore et ses dérivés : leur utilisation est la plus répandue en raison d'une grande efficacité à faible dose et de leur facilité d'emploi. On distingue le chlore gazeux, les hypochlorites et le bioxyde de chlore ;
- l'ozone : en plus de son pouvoir bactéricide puissant, c'est un agent désodorisant, un agent de décomposition des détergents et il possède un certain pouvoir de décoloration .La désinfection par l'ozone est un procédé rapide et efficace, mais onéreux ;
- Les rayons ultraviolets : ils ont l'avantage de ne former aucun produit de réaction avec les matières organiques. Il y a cependant pas de possibilité d'apprécier de façon immédiate l'efficacité du traitement par la mesure d'un taux résiduel, comme dans le cas d'un oxydant chimique.

L'activité désinfectante de ces composés oxydants peut être bactéricide ou virucide en fonction de la dose utilisée. D'autres désinfectant sont également utilisés le brome, les peracides, les peroxydes.

**CHAPITRE II :**  
**GENERALITES SUR**  
**L'APPROVISIONNEMENT EN EAU PAR**  
**UN RESEAU DE DISTRIBUTION**

La nécessité de transporter l'eau sur de grandes distances pour couvrir les besoins des grandes concentrations urbaines est très ancienne. Les romains utilisaient des tuyaux en plomb, les incas des rochers creusés. En Europe et aux Etats unis, il s'agissait de conduites en poterie et des tuyaux en bois [lyonnaise des eaux, 1994].

Au fil des temps, les besoins en eau sans cesse croissants des populations ont poussé à améliorer le système de transport de l'eau et à le standardiser pour assurer la qualité de l'eau transportée et la sécurité du consommateur.

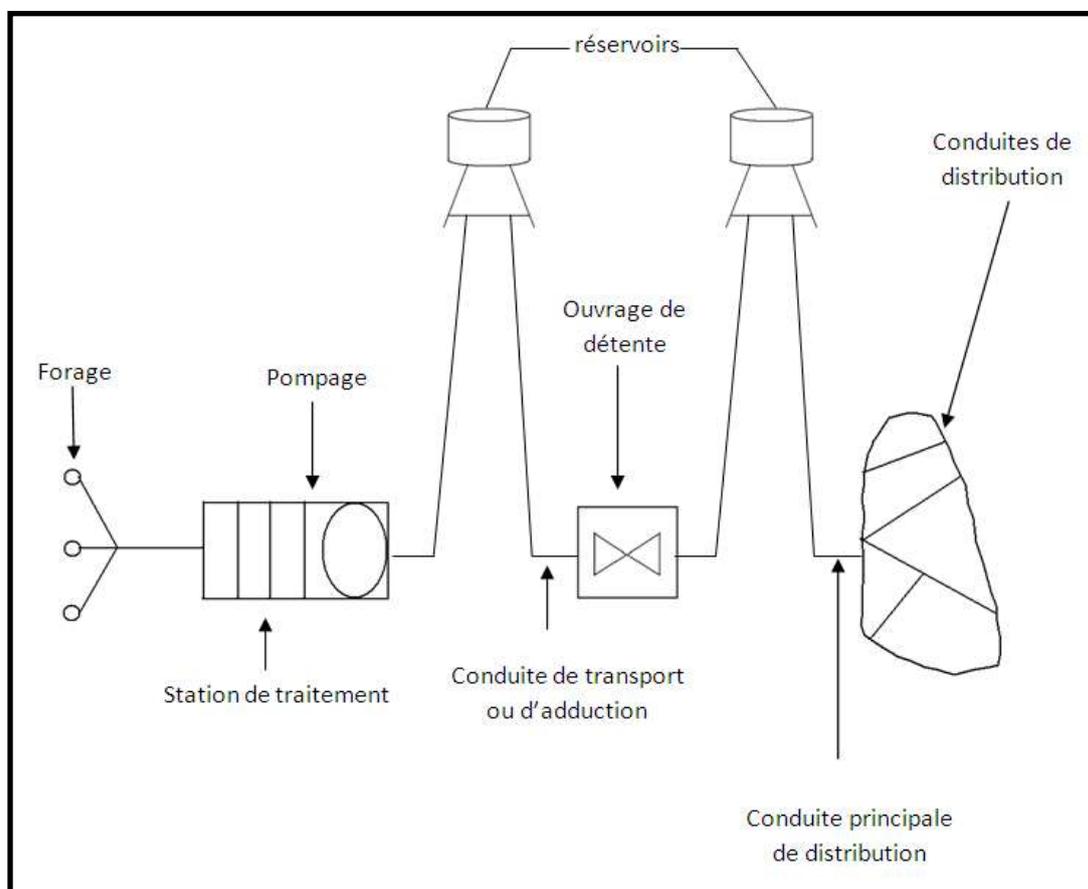
## II.1. Le réseau de distribution

### II .1 .1-Définition

Un réseau d'alimentation en eau potable regroupe l'ensemble des équipements, des services et des actions permettant de produire et de distribuer, à partir d'une eau brute, une eau conforme aux normes de potabilités en vigueur. On distingue quatre étapes : les prélèvements et captages, le traitement, l'adduction (transport et stockage) et la distribution au robinet.

Un système d'alimentation en eau est constitué classiquement (**figure 1**)

- d'une source ;
- d'une station de traitement ;
- de réservoirs (château d'eau) ;
- d'une tuyauterie (conduites) de distribution d'eau ;
- de robinets domestiques et communaux



**Figure 1** : schéma d'un système d'alimentation en eau potable

## II.1.2-Classification des réseaux de distribution d'eau

Le réseau d'eau potable est un système de conduite qui permet d'amener l'eau de bonne qualité et en quantité suffisante pour satisfaire les besoins des usagers [Brière, 2012].

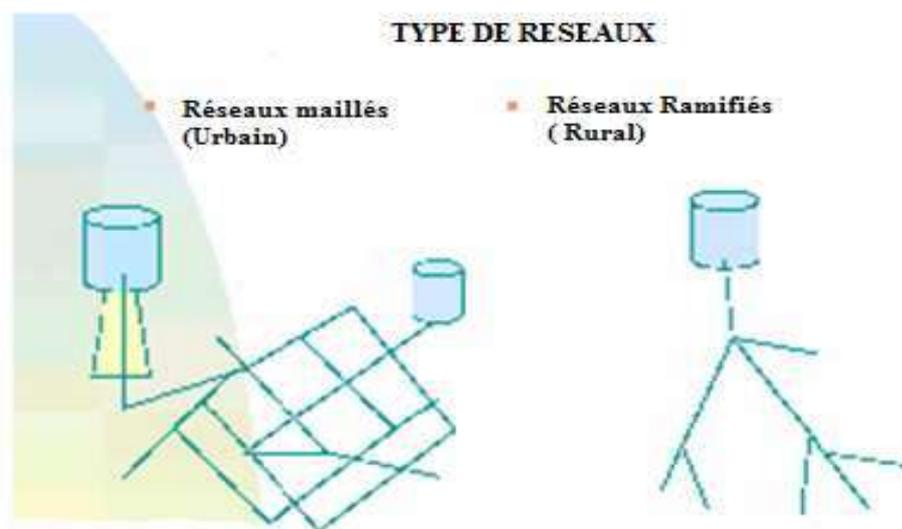
Les principaux constituants du réseau peuvent se classer en trois groupes :

- les canalisations
- les branchements
- les appareils de fontaineries

Ces constituants peuvent être organisés en deux types de réseaux [Bemtoumi, 2005]:

- les réseaux maillés
- les réseaux ramifiés (**Figure 2**).

La mise en place des réseaux maillés est plus coûteuse que celles des réseaux ramifiées. Cependant, les réseaux maillés ont l'avantage de garantir la continuité de service aux abonnés.



**Figure 2 : différents types de réseaux**

*Le réseau ramifié* : il est appelé ainsi car il possède une structure d'arbre. Pour ce type de réseau, à partir d'une conduite centrale, on met en relation plusieurs canalisations secondaires, tertiaires, ... etc. jusqu'à chaque compteur individuel. Un tel système présente un grave défaut ; dans une conduite donnée, l'eau circule toujours dans le même sens. Donc, une panne dans la conduite entraîne la perte de service pour tous les usagers situés en aval.

*Le réseau maillé* : ce type de réseau est constitué de boucles. Le sens de l'écoulement varie fréquemment selon la demande de certaines conduites. En effet, le nombre d'abonnés non desservis en cas de panne ou de réparation est réduit au maximum puisque l'eau peut atteindre un même point par plusieurs chemins. L'autre intérêt est que la vitesse d'écoulement de l'eau est rarement nulle, ce qui offre l'avantage de maintenir la bonne qualité de l'eau distribuée.

Les réseaux ramifiés sont plus fréquents en zone rurale tandis que les réseaux maillés sont pratiqués généralement en zone urbaine [**lyonnaise des eaux, 1994**].

### II.1.3-Structure des réseaux

La structure d'un réseau de distribution d'eau potable compte différents éléments qui suivent le parcours de l'eau, de son pompage au consommateur final.

- Les ouvrages de pompage : ils sont utilisés pour récupérer l'eau (en général située dans des nappes phréatiques) et alimenter l'ensemble du réseau. On utilise des stations de pompage, des stations de reprise ou des supprimeurs pour desservir les usagers.
- Les réservoirs d'eau potable : ils sont utilisés pour stocker l'eau et garantissent une pression minimale dans le réseau d'eau. Ces lieux de stockage peuvent être des châteaux d'eau ou des réservoirs semi-enterrés.
- Les canalisations : elles permettent le transport de l'eau potable jusqu'à

l'abonné et forment un réseau. On parle de réseau maillé (zone urbaine) ou de réseau en structure arborescente (zone rurale) en fonction du schéma d'organisation du réseau. Les canalisations peuvent être en différents matériaux : fonte grise, fonte ductile, acier, béton armé, PVC, polyéthylène, résine de polyester, etc.

► la fonte ductile (1,7 à 5 % de carbone) : le carbone de la fonte grise se présente sous forme de graphite lamellaire qui peut entraîner la formation de fissures. La fonte ductile a une meilleure résistance mécanique car elle est à graphite sphéroïdal (GS) ce qui élimine tout risque de propagation des fissures. Pour éviter la corrosion, elle est revêtue intérieurement de mortier de ciment et extérieurement de zinc métallique et de peinture bitumineuse. L'installation de la fonte nécessite un remblai plus soigné que pour l'acier. Par rapport au PVC, les coûts de manutention sont plus chers car la fonte est plus lourde

► L'acier permet une réduction importante du nombre de joints et est concurrentiel à la fonte au niveau du prix mais, nécessite une protection cathodique contre la corrosion

► Le béton est un bon compromis entre l'acier et la fonte (pose continue sans joint, protection cathodique inutile) mais, peut affecter les caractéristiques organoleptiques de l'eau.

► Le PVC n'est pas cher pour les petits diamètres, résiste à la corrosion, permet une manutention plus aisée mais, se dégrade à la lumière et au gel et relargue certaines substances dans l'eau.

Les accessoires : on compte nombre d'accessoires utilisés sur un réseau d'eau potable. Parmi eux, on peut citer : les compteurs d'eau, les ventouses (Elles servent à évacuer en permanence l'air contenu dans les conduites. On distingue

deux types de ventouses :

- ✓ les ventouses automatiques et
  - ✓ les ventouses manuelles manœuvrées régulièrement par des agents chargés de l'entretien et de la surveillance ou occasionnellement lors de travaux sur la conduite
- , les régulateurs de pression et de débit, les poteaux et bouches à incendie, les clapets anti-retour (permettent d'éviter le refoulement possibles des eaux des égouts et de pluie), les purges, etc.
  - Le branchement : il s'agit de la zone limite entre le réseau d'eau potable et l'abonné. Il est matérialisé par le compteur d'eau.

## **II- Facteurs à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau du réseau d'adduction**

### **II-2.1 Introduction**

Le réseau de distribution de l'eau potable est souvent décrit comme un véritable réacteur où l'eau et son contenant (conduite, ...) sont le siège d'interactions physicochimiques et biologiques. L'eau du robinet peut avoir une qualité très éloignée de celle issue de l'usine de production. Les conditions qui contrôlent l'évolution de la qualité de l'eau dans le réseau sont complexes.

### **II-2.2 Les phénomènes biologiques**

#### **II-2-2.1 D'où viennent les microorganismes ?**

L'eau traitée produite dans les stations de traitement d'eau potable par le réseau jusqu'aux usagers n'est jamais stérile. C'est d'ailleurs pourquoi on parle de désinfection et non de stérilisation. L'usine de production d'eau potable doit

éliminer la plus grande partie des germes présents dans l'eau brute et notamment tous ceux qui sont pathogènes.

Lors de l'étape de la désinfection, le traitement d'eau s'appuie sur l'élimination des germes tests, indicateurs de pollution fécale, et témoins de la présence possible de germes pathogènes. Si le contrôle d'autres types de germes, tels que les germes totaux (flore hétérotrophe aérobie revivifiable) est assuré en sortie d'usine, il n'en est pas moins vrai qu'un certain nombre de microorganismes est introduit dans le réseau (pour les germes totaux, le niveau guide est par exemple de 10 germes / ml pour un dénombrement à 37° C), parce que les procédés physico-chimiques classiques de traitement ne permettent pas d'assurer en effet, avec fiabilité une élimination totale des microorganismes. Dans le réseau, certains points offrent des voies d'entrée à la contamination par des microorganismes. C'est le cas des réservoirs où l'eau est en contact avec l'air, et où les orifices mal protégés peuvent permettre le passage de poussières ou d'insectes apportant des contaminations.

Les interventions sur le réseau (réparations, branchements), les fuites (en cas de dépression) et les accidents tels que des retours d'eau ou des cassures, le temps de séjour de l'eau dans les réservoirs ou dans les canalisations qui peut être plus ou moins important, peuvent également être responsables de l'introduction de microorganismes dans le réseau. Une fois les bactéries circulant dans les canalisations, celles-ci s'agrègent et se multiplient sur la surface interne des canalisations : elles forment alors un biofilm. Des phénomènes d'arrachage de bactéries depuis le biofilm, développé sur les parois internes des canalisations, peuvent alors avoir lieu et être à l'origine de remise en solution de microorganismes, et donc de la contamination microbiologique du réseau.

### **II.2.2.2 Conséquences du développement d'un biofilm dans les réseaux**

Différents problèmes peuvent être directement reliés à la formation et au développement d'un biofilm sur les parois des canalisations d'adduction d'eau potable. Ces conséquences peuvent porter sur le réseau de distribution lui-même, ou sur la consommation de l'eau issue du réseau contaminé.

### **II.2.2.3 Conséquences de la présence d'un biofilm sur le réseau de distribution**

Ces conséquences sont multiples et concernent aussi bien les populations bactériennes, que les caractéristiques physiques du réseau :

- les bactéries accumulées au niveau d'un biofilm constituent le premier maillon d'une chaîne alimentaire et ainsi favorisent le développement de micro-organismes,
- certains types bactériens peuvent induire par leur présence ou leur activité métabolique, une augmentation de la turbidité, de la sapidité et de l'odeur de l'eau,
- certaines bactéries peuvent accélérer le phénomène de corrosion. Le terme de biocorrosion est alors utilisé,
- les capacités de distribution d'un réseau peuvent être diminuées par l'augmentation des forces de résistance induites par la présence de biofilm,
- une augmentation du nombre de non-conformités par rapport aux critères microbiologiques de qualité de l'eau destinée à la consommation peut être observée au sein de réseaux abritant des biofilm (problème d'arrachement des bio films). Le développement de bactéries nitrifiantes dans des zones d'anoxie, peut également entraîner des non-conformités, avec dépassement de la norme pour les nitrites.

#### **II.2.2.4 Conséquences du développement de biofilm pour les consommateurs**

L'entrée à flux constant de biomasse au sein des systèmes de distribution d'eau potable et sa prolifération au sein des réseaux posent une problématique du point de vue de la santé publique. En effet, le système est constammentensemencé par des germes dont la plupart sont inconnus. De plus, les conditions régnant au sein des réseaux de distribution peuvent permettre le maintien ou la croissance de coliformes, et ainsi entraîner le non-respect des critères de potabilité. Une fraction des microorganismes peut également représenter un risque potentiel pour les consommateurs, et ainsi, augmenter la fréquence de symptômes gastro-entériques (diarrhées, vomissement).

### **II.3 Facteurs physicochimiques influençant la dégradation de la qualité de l'eau**

#### **II.3-1 pH et minéralisation**

Dans le réseau, le pH et la minéralisation sont importants pour le contrôle de la corrosion, l'agressivité de l'eau, l'action du désinfectant et la précipitation des éléments dissous. Mais le pH peut varier le long de la distribution du fait d'une évolution de la concentration de CO<sub>2</sub> dissous, ou bien parce que l'eau traitée n'était pas forcément à l'équilibre calcocarbonique en sortie de station. Une aération dans un réservoir peut rendre une eau dure et incrustante par une perte de CO<sub>2</sub>, ce qui risque alors d'obturer les conduites par dépôt de tartre. La solution est l'addition de CO<sub>2</sub> et/ou l'extraction de CaCO<sub>3</sub>, qui sert à restaurer l'équilibre. Inversement, une eau chargée en CO<sub>2</sub> agressif (avec un pH bas) a tendance à attaquer les matériaux qu'elle rencontre avec des conséquences importantes: dissolution de ciments, attaque des métaux ferreux (corrosion) ou attaque de métaux toxiques tels que le plomb. Des solutions envisageables sont l'élimination de CO<sub>2</sub> agressif, l'addition de chaux (CaCO<sub>3</sub>) pour la mise à

l'équilibre calcocarbonique ou un traitement de reminéralisation. Avec une composition judicieuse, l'eau permet de développer à la surface des matériaux une couche protectrice composée en partie de carbonate de calcium.

### **II.3-2 Température**

La température des eaux peut varier de plusieurs degrés pendant le transit en réseau. Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont d'origine superficielle. Une température élevée peut favoriser des goûts ou odeurs désagréables. De plus, elle accélère la plupart des réactions physico-chimiques et biologiques dans le réseau, influence la croissance bactérienne, dissipe l'effet du désinfectant résiduel en agissant sur les constantes d'équilibre et accélère la corrosion. La température joue aussi un rôle notable lorsque l'on fait des mélanges entre des eaux de composition différentes ; la couche protectrice formée par l'eau légèrement entartrante sur les parois peut ainsi changer de structure et diminuer en épaisseur ce qui n'est pas favorable. La température est aussi un des facteurs le plus important pour la dissolution des éléments tels que le plomb. Sa solubilité, par exemple, augmente de l'ordre de deux fois entre 12° C et 25° C. L'ajustement du désinfectant résiduel se fera par exemple en conséquence.

### **II.3-3 Oxygène dissous**

De l'état de saturation à l'entrée du réseau, l'oxygène dissous peut considérablement diminuer en cours de distribution avec des réactions d'oxydation ou une prolifération bactérienne. Toute baisse de la teneur en oxygène dissous détectée sur le réseau peut alors être interprétée comme un signe de croissance biologique. Dans le cas où le réseau est correctement entretenu, une anaérobiose répandue ne se produit qu'avec des temps de séjour très longs. En revanche, le développement de zones anoxiques est possible localement. Il en résulte des phénomènes de fermentation et bioréduction (transformation de nitrate en nitrite), à l'origine de saveurs désagréables ou de

corrosion. De tels problèmes nécessitent une révision des pratiques d'entretien dans le réseau.

### II.3-4 Turbidité

Si la turbidité de l'eau est supérieure à 1 UNT, l'action des bactéricides est ralentie, voire annulée. Les colloïdes responsables de la turbidité peuvent protéger les bactéries des oxydants. Dans le réseau, une turbidité élevée de l'eau révèle les problèmes suivants : précipitation de fer, aluminium ou manganèse, due à une oxydation dans le réseau, précipitation lente de  $\text{CaCO}_3$  (ou parfois hydroxydes de magnésium), due à un mauvais ajustement du pH à l'usine de traitement, une corrosion importante, l'agglomération naturelle des colloïdes qui peuvent provenir d'arrachements de biofilm, ou de bactéries agglomérées par leur glycocalyx (polysaccharides présents sur les parois extérieures des bactéries), une fuite de matières dans la filière de filtration de l'usine de traitement (on dit que les filtres sont « percés »), des précipités formés par l'effet de post-floculation dans le réseau (effort persistant du flocculant et polymérisation non achevée) dégradent la qualité organoleptique de l'eau et conditionnent la prolifération de microorganismes.

C'est un excellent indicateur de traitement global. La mesure de turbidité est ainsi un moyen qui permet de s'assurer de l'élimination de certains microorganismes qui résistent au traitement chimique, comme les spores ou les kystes de *giardia* et *cryptosporidium*.

### II.3-5 Ammonium

Il est important d'éliminer l'ammonium avant l'introduction de l'eau dans le réseau parce que l'ammonium réagit avec le chlore pour produire des chloramines, qui sont des désinfectants moins efficaces et peuvent provoquer des goûts désagréables. Certaines bactéries prolifèrent aussi en transformant l'ammonium en nitrites puis en nitrates [Celleric J L, 2002].

### II.3-6 Matières organiques

Source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne, le contenu en éléments organiques carbonés est aujourd'hui considéré comme un facteur primordial dans la maîtrise de la qualité microbiologique de l'eau dans le réseau, une consommation de la matière organique s'accompagne d'un accroissement de la densité bactérienne présente au niveau du biofilm, tout comme dans l'eau circulant.

**Valeur normale : 5mg /l**

### II.3-7 Désinfectant résiduel

Une baisse du désinfectant résiduel peut entraîner une croissance bactérienne dans le réseau, l'expérience montre que le maintien du désinfectant résiduel n'assure pas totalement la prévention d'une telle reviviscence [EPA -1992].

**Valeur normale : 0,2-1mg/l**

### II.3-8 Les facteurs organoleptiques

Indicateurs de qualité le consommateur est très sensible à toute dégradation organoleptique de l'eau dans le réseau. Malheureusement, le goût et l'odeur sont les caractéristiques les plus difficiles à maîtriser en raison des multiples causes et interactions, telles que :

La nature de la ressource : les composés présents dans la ressource prélevée et la variation temporelle de qualité (surtout dans les eaux superficielles).

Le traitement : le type et dosage de désinfectant et le passage du désinfectant résiduel dans le réseau.

Le réseau : les matériaux rencontrés dans le réseau et les conditions chimiques présentes (corrosion, perméation à travers le revêtement, relargage, etc.).

## **II.4 Influence des phénomènes de corrosions sur la qualité de l'eau**

Les corrosions sont souvent responsables de la présence de fer, plomb, cuivre, cadmium ou zinc dans les eaux. Elles fournissent un abri contre l'arrachage hydraulique pour les microorganismes, ralentissent l'écoulement et peuvent le modifier localement. La corrosion est causée par des phénomènes électrochimiques localisés très variés (différents mécanismes de corrosion) ; par exemple à pH faible ou lorsque le taux d'oxygène est élevé, elle est souvent aggravée par des bactéries qui accélèrent les réactions. La prévention de la corrosion doit se faire par des précautions au niveau du traitement de l'eau et un entretien adéquat du réseau

**CHAPITRE III :**  
**SURVEILLANCE SANITAIRE DES EAUX**  
**D'APPROVISIONNEMENT PUBLIC**

### III.1 Justification

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), une eau potable est : « une eau ne renfermant en quantité dangereuse ni substance chimique, ni germes nocifs pour la santé. En outre ; elle doit être aussi agréable à boire que les circonstances le permettent. La fraîcheur, l'absence de turbidité, de coloration parasite et de goût ou d'odeurs désagréables sont d'autant de qualités exigées d'une eau d'approvisionnement public [OMS, 2011].

Au regard de cette définition et connaissant le risque de transmission des maladies à partir de l'eau, il convient de prendre toutes les dispositions visant à garantir et à assurer la salubrité des eaux d'approvisionnement public. Ce sont là les objectifs de la surveillance sanitaire.

### III.2. Définition

La surveillance sanitaire est l'évaluation et le contrôle sanitaire continu et vigilant du point de vue de la santé publique, de la salubrité et de l'acceptabilité de l'approvisionnement public en eau de boisson [OMS, 1985 ; OMS, 2011].

Elle doit porter sur toutes les catégories d'eaux mises à la disposition de la collectivité ; au moyen ou sans l'intermédiaire d'un réseau de distribution avec ou sans traitement préliminaire, et à partir de n'importe quelle source (cours d'eau, puits, eau de ruissellement etc.) [OMS, 1985]

Les éléments de tout ce programme de surveillance sont multiples [OMS, 1992]:

#### ✓ Génie Sanitaire et examen physique

Au moyen d'une enquête sanitaire, une personne qualifiée pourra inspecter et évaluer sur place toutes les conditions, installations et pratiques touchant à

l'approvisionnement en eau et pouvant constituer un risque pour la santé du consommateur.

✓ **Aspects biologiques et chimiques**

Ils regroupent les analyses physico-chimiques et microbiologiques en vue du contrôle qualité.

✓ **Aspects institutionnels**

Ils renferment des éléments de l'exploitation et de la gestion qui pourraient faire courir des risques aux consommateurs.

### **III.3. Organisation**

En vue d'assurer le respect des dispositions législatives sur les normes ou des codes de pratiques relatifs à la qualité de l'eau de boisson, la surveillance doit être effectuée par deux organismes qui sont :

- ✓ la compagnie qui assure la production de l'eau
- ✓ un organisme indépendant et distinct du premier sous la dépendance des autorités sanitaires.

Les deux organismes ont des rôles complémentaires ; vu que leurs activités de surveillance, bien qu'indépendantes assurent globalement le contrôle de la qualité.

La surveillance doit être adaptée aux conditions locales et aux ressources économiques du pays.

### **III.4. Le contrôle de la qualité**

#### **III.4.1. Définition**

Le contrôle qualité de l'eau consiste à vérifier par des examens de laboratoire sur des échantillons, la conformité des paramètres analytiques aux normes de potabilité. Aussi son but est de :

- ✓ rechercher les éléments indicateurs de pollution fécale et les paramètres de traitement
- ✓ rechercher les agents chimiques dangereux à moyen ou à long terme
- ✓ définir les circonstances qui rendent possible la présence d'agents pathogènes dans l'eau et qui sont responsables des risques immédiats.

#### **III.4.2. Les niveaux de contrôle selon la réglementation européenne**

Les échantillons doivent être prélevés de manière à être représentatifs (temporellement tout au long de l'année et géographiquement) de la qualité des eaux consommées.

Le contenu des analyses types (RS, RP, P1, P2, D1, D2) à effectuer sur les échantillons d'eau prélevés soit :

- Au niveau de la ressource ;
- Au point de mise en distribution. La qualité de l'eau, en ce point, est considérée comme représentative de la qualité de l'eau sur le réseau de distribution d'une zone géographique déterminée, où les eaux proviennent d'une ou plusieurs sources et à l'intérieur de laquelle la qualité peut être considérée comme uniforme. Ce réseau est appelé " unité de distribution "
- Aux robinets normalement utilisés par le consommateur.

▶ RS correspond au programme d'analyse effectué à la ressource pour les eaux d'origine superficielle.

▶ RP correspond au programme d'analyse effectué à la ressource pour les eaux d'origine souterraine ou profonde.

▶ P1 correspond au programme d'analyse de routine effectué au point de mise en distribution.

▶ P2 correspond au programme d'analyse complémentaire de P1 permettant d'obtenir le programme d'analyse complet (P1 + P2) effectué au point de mise en distribution.

▶ D1 correspond au programme d'analyse de routine effectué aux robinets normalement utilisés pour la consommation humaine.

▶ D2 correspond au programme d'analyse complémentaire de D1 permettant d'obtenir le programme d'analyse complet (D1 + D2) effectué aux robinets normalement utilisés pour la consommation humaine.

### **III.4.3. Notion de directives et normes**

Les directives constituent un ensemble de recommandations à l'échelle internationale fixant des valeurs indicatives [OMS ,2000] c'est-à-dire le niveau (en concentration ou en nombre) des éléments constitutifs d'une eau de boisson de sorte qu'elle ne présente aucun risque pour la santé de l'utilisateur.

Les normes sont des niveaux impératifs à respecter pour la qualité de l'eau de boisson. Elles sont élaborées à partir des directives et régies par les textes législatifs en vigueur dans chaque pays .Les normes ivoiriennes sont en cours d'élaboration ; pour l'heure, ce sont les directives OMS qui sont utilisées (excepté pour la température).

### III.4.3. . Les directives de l'OMS

**Tableau I : Nombres d'échantillons minimums recommandés pour le dosage des indicateurs fécaux dans les réseaux de distribution**

<b>Population</b>	<b>Nombre total d'échantillons par an</b>
<5000	12
5000-100 000	12 pour 5000 habitants
>100 000-500 000	12 pour 10 000 habitants + 120 prélèvements supplémentaires
>500 000	12 pour 100 000 habitants + 600 prélèvements supplément

Ces directives ont été élaborées pour la qualité de l'eau de boisson à l'échelle mondiale [OMS, 2011].

L'objectif visé est que ces directives servent à l'établissement des normes nationales applicables non seulement à l'eau distribuée sous canalisation, mais aussi à toute eau utilisée pour la boisson (bornes fontaines, puits, eaux livrées par des camions citernes ou distribuées en bouteille) à l'exclusion des eaux minérales en bouteilles[OMS, 2000].

**Tableau II: Valeurs indicatives de quelques paramètres proposées par les Directives de l'OMS [OMS ]**

Constituant caractéristique	Unité	Valeur indicative
Aluminium	mg/l	0.2
Chlorures	mg/l	250
Couleurs	Unité de couleur réelle	15
Cuivre	mg/l	2
Dureté	mg/l	500
Fer	mg/l	0.3
Goût et odeur	-	Critère sans désagrément pour la majorité des usagers
Manganèse	mg/l	0.1
Matières dissoutes totales	mg/l	1000
Oxygène dissous	-	Valeur non fixée
Ph	-	6.5 à 8,5
Sodium	mg/l	150
Sulfates	mg/l	250
Température	-	Valeur non fixée
Turbidité	Unité néphélométrique de turbidité (UNT)	1
Zinc	mg/l	5
Fluorures	mg/l	1.5
Cyanures	mg/l	0.1
Nitrates	mg/l	50
Nitrites	-	Valeur non fixée
Plomb	mg/l	0.05
Sélénium	mg/l	0.01
Arsenic	Mg /l	0.01
Cadmium	mg/l	0.005
Mercure	mg/l	0.001
Amiante	-	Valeur non fixée

**Tableau III: Qualité microbiologique de l'eau de boisson OMS**

<b>Organisme</b>	<b>Valeur guide</b>
<b>Toutes les eaux destinées à la consommation humaine</b>	
<i>E. coli</i> ou coliformes thermotolérants	Non détectables dans un échantillon de 100 ml
<b>Eaux traitées à l'entrée du réseau de distribution</b>	
<i>E. coli</i> ou coliformes thermotolérants	Non détectables dans un échantillon de 100 ml
Coliformes totaux	Non détectables dans un échantillon de 100 ml
<b>Eaux traitées, dans le réseau de distribution</b>	
<i>E. coli</i> ou coliformes thermotolérants	Non détectables dans un échantillon de 100 ml
Coliformes totaux	Non détectables dans un échantillon de 100 ml Dans les installations importantes, lorsqu'un nombre suffisant d'échantillons est examiné, on ne doit pas trouver de coliformes dans 95% des échantillons prélevés sur une période de 12 mois.

### III.4.3. . Les directives de l'Union Européenne

Les directives de l'union européenne quant à elles s'appliquent aux eaux utilisées dans les entreprises alimentaires pour la fabrication, la transformation, la conservation ou la commercialisation des produits ou de substances, destinés à la consommation humaine, qui peuvent affecter la salubrité de la denrée alimentaire finale, y compris la glace alimentaire [Jacques B,2007]. Par contre elles ne s'appliquent pas aux eaux minérales naturelles reconnues ou définies comme telles du fait de leur teneur en certains éléments minéraux qui leurs confèrent des propriétés médicales particulières [Jacques B,2007].

Ces directives qui s'appliquent à l'échelle nationale tiennent compte des possibilités locales et doivent par conséquent être plus exigeantes que celles de l'OMS.

Cette exigence amène l'union européenne à définir plusieurs niveaux de qualité :

- ✓ le niveau guide (NG) : c'est la concentration idéale à atteindre par les éléments constitutifs de l'eau.
- ✓ la concentration maximale admissible (CMA) : c'est la quantité maximale qu'un élément constitutif de l'eau de boisson ne doit pas dépasser.

La concentration minimale requise (CMR) : elle s'adresse aux eaux ayant subi un traitement d'adoucissement. Elle représente la limite en dessous de laquelle la potabilité d'une eau diminue.

**Tableau IV : Directives de qualité des CMA\***

<b>PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES</b>		
<i>Couleur</i> : 20 mg/l <i>Turbidité</i> : 4 unités de Jackson		
<i>Odeur</i> : <i>Taux de dilution 2-12°c 3-25°c</i> <i>Saveur</i> : <i>Taux de dilution 2-12°c 3-25°c</i>		
<b>PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES</b>		
<i>Température</i> : 25°c <i>Sulfates</i> : 250 mg/l <i>Magnésium</i> : 50 mg/l <i>Sodium</i> : 50 mg/l		
<i>Potassium</i> : 12 mg/l <i>Aluminium</i> : 0,2 mg/l <i>Résidu sec</i> : 1500 mg/l (18()°c)		
<b>SUBSTANCES INDESIRABLES</b>		
<i>Nitrates</i> : 50 mg/l (NO <sub>3</sub> )		
<i>Nitrite</i> : 0,1 mg/l (NO <sub>2</sub> )		
<i>Ammonium</i> : 1,5mg/l (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )    Azote de kjeldahl (N)		
<i>Oxydabilité</i> : 5mg/l O <sub>2</sub> (KMnO <sub>4</sub> )		
<i>Hydrocarbures</i> : 10 µg/l (tissons ou émulsionnées)		
<i>Phénol</i> (indice) : 0,5 µg/l (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH)		
<i>Fer</i> : 200 µg/l		
<i>Manganèse</i> : 50 µg/l		
<b>SUBSTANCES TOXIQUES</b>		
<b><i>Arsenic</i> : 50µg/l</b>		
<i>Cadmium</i> : 5µg/l		
<i>Cyanure</i> : 50 µg/l		
<i>Chlorures</i> : 50 µg/l		
<i>Mercur</i> e : 1 µg/l		
Pesticides et produits apparentés : (substance individualisée) : 0,1 µg/l au total : 0,5 µg/l		
<b>PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES</b>		
<i>Paramètres</i>	<i>Résultat : volume de l'échantillon en (ml)</i>	<i>Concentrations maximales admises (méthode des membranes filtrantes)</i>
<i>Conformes totaux</i>	100	0
<i>Coliformes thermo tolérants</i>	100	0
<i>Streptocoques fécaux</i>	100	0
<i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	20	0

\* Extrait de l'annexe 1 de la directive CEE du Juillet 1980

### **III.4.4. Paramètres d'analyse des eaux fournies par un réseau de distribution**

#### **III.4.4.1. Les paramètres organoleptiques**

Bien que n'ayant pas une incidence directe sur la santé, les paramètres organoleptiques sont cependant importants, car à travers eux qu'une eau est jugée par les consommateurs.

##### **III.4.4.1.1. La couleur**

La couleur des eaux est principalement due au fer et au manganèse provenant soit de la corrosion des réseaux, soit des fuites de fer en fin de filière [lyonnaise des eaux, 1994]. Son importance est essentiellement d'ordre organoleptique mais les effets sensoriels sont considérés comme des effets sur la santé.

La plupart des individus perçoivent les niveaux de coloration quand ils dépassent 15UCV (unité de couleur vraie) dans le verre d'eau. La valeur indicative recommandée est inférieure à 15UCV pour l'eau de boisson [OMS 2011].

##### **III.4.4.1.2. La turbidité**

La turbidité est une caractéristique optique de l'eau, à savoir sa capacité à diffuser ou absorber la lumière incidente. La turbidité est donc un des facteurs de la couleur

Les conséquences de la turbidité concernent la pénétration de la lumière et des ultra-violet dans l'eau, et donc la photosynthèse et le développement des bactéries.

Les particules organiques et inorganiques dans l'eau peuvent :

- donner à l'eau une apparence trouble, ainsi qu'une odeur et un goût déplaisants;
- transporter des micro-organismes et nuire à la désinfection;
- augmenter la quantité de chlore nécessaire pour désinfecter l'eau( la demande en chlore).

#### **III.4.4.1.3. Le gout ou la saveur**

Le gout d'une eau peut être dû à des germes pathogènes et à des produits chimiques toxiques.

Dans les réseaux publics un changement de gout peut être le signe d'une modification de la qualité de l'eau brute, de défaut dans le traitement ou de corrosion chimique des tuyaux, de prolifération microbologique [**Lyonnaise des eaux, 1994**]. L'objectif est donc de fournir une eau qui soit considérée comme acceptable au gout par la majorité de consommateurs.

#### **III.4.4. . 4. L'odeur**

L'odeur de l'eau est due à la présence de substances organiques et composés odoriférants trouvés dans l'eau dont la liste est non exhaustive. Les odeurs désagréables peuvent être d'origine biologique ou industrielle ou indirectement dues aux activités humaines. L'idéal serait qu'aucun consommateur ne décèle d'odeur dans l'eau de boisson.

### **III.4.4.2 Les paramètres physicochimiques**

#### **III.4.4.2.1. Le pH**

Bien que le pH n'a généralement pas d'impact direct sur les consommateurs, il est l'un des plus importants opérationnels paramètres de qualité de l'eau.

Le pH de l'eau entrant dans le système de distribution doit être contrôlé pour minimiser la corrosion des conduites d'eau et les tuyaux dans les systèmes d'eau des ménages [OMS 2011].

Le pH peut également subir une augmentation en réseau en raison de la mise en service de nouveaux tronçons de canalisations en ciment ou revêtus intérieurement de ciment, le phénomène devant s'atténuer après quelques temps [lyonnaise des eaux 1994].

#### **III.4.4.2.2. La dureté**

La dureté d'une eau est principalement représentée par les ions calcium et magnésium présents dans cette eau. Le strontium, le fer, le baryum et le manganèse y contribuent faiblement. Le principal problème d'un niveau de dureté totale élevé est que des dépôts peuvent se former dans la tuyauterie et les rendre moins efficaces. Si l'eau est trop dure, cela peut également provoquer une diminution de l'efficacité des savons et détergents, et affecter le goût de l'eau.

#### **III.4.4.2.3. La température**

L'eau fraîche est généralement plus acceptable que l'eau chaude, et la température aura un impact sur l'acceptabilité d'un certain nombre d'autres constituants inorganiques et chimique contaminants qui peut affecter le goût. Température élevée de l'eau favorise la croissance de micro-organismes et

peuvent augmenter les problèmes liés au goût, l'odeur, la couleur et à la corrosion. [OMS 2011].

#### **III.4.4.2.4. Les éléments indésirables**

##### **III.4.4.2.4.1. Le fer**

Dans l'eau de boisson on rencontre normalement le fer à une concentration de moins de 0,3mg de fer par litre d'eau. L'accroissement de cette teneur en fer dans l'eau pendant la distribution peut résulter soit de la corrosion des tuyauteries en acier soit de l'existence de dépôt antérieur. La présence de fer dans l'eau de boisson est gênante pour nombre de raison liées à la santé.

Si la teneur est supérieure à 0,3 mg/l, le fer tache le linge, les installations et les sanitaires domestiques. Il donne un mauvais gout et une coloration rouge brun à l'eau.

**Valeur indicative = 0,3 mg/L**

##### **III.4.4.2.4.2. Le manganèse**

Des proportions supérieures à 0,1 mg / l, le manganèse dans l'eau potable provoque un goût indésirable dans les boissons taches les sanitaires et buanderie. La présence de manganèse dans l'eau de boisson, comme celle du fer, peut conduire à l'accumulation de dépôts dans la distribution système.

**Valeur indicative = 0,1 mg/L**

##### **III.4.4.2.4.3. L' aluminium**

Les rejets industriels, l'érosion, le lessivage des minéraux dans les sols, la contamination par les poussières atmosphériques et les précipitations constituent les principales voies d'accès de l'aluminium au milieu aquatique. Sa présence dans l'eau du robinet peut également être liée à l'utilisation de sels d'aluminium

lors d'une étape du traitement des eaux, il existe une valeur guide de l'OMS pour l'aluminium dans l'eau de boisson issue de stations de traitement des eaux qui est de 0,1 mg/l dans les grandes stations de traitement et 0,2 mg/l dans les petites installations sur la base de l'optimisation des procédés de traitement. Cette valeur est établie essentiellement pour des raisons de goût et d'aspect.

#### III.4.4.2.4.4. Marqueur de pollution

On rencontre dans les urines et les fèces certains éléments de façon constante. Ils peuvent se retrouver naturellement dans l'eau mais un taux faible surtout la variation de ce taux sera les marqueurs d'une contamination d'origine humaine ou animale. En analyse courante leur détermination associée aux analyses bactériologiques permettra de déceler un risque sanitaire lié à la consommation d'une eau contaminée. Les principaux marqueurs sont :

- ✓ Les dérivés azotés
- ✓ Les chlorures
- ✓ La matière organique

#### III.4.4. . 6. . L' azote mm on i c l

L'ammoniac se retrouve dans la plupart des eaux par suite de la dégradation biologique des matières organiques azotées, mais il peut également s'infiltrer dans les eaux souterraines et les eaux de surface par suite de déversements de déchets industriels.

#### III.4.4.2.6.2 Les nitrates et les nitrites

Les nitrates ( $\text{NO}_3$ ) et les nitrites ( $\text{NO}_2$ ) constituent la forme la plus abondante d'azote dans l'eau. Bien que naturellement présents en faibles quantités dans les eaux de surface, des concentrations trop élevées de nitrites-

nitrate peuvent être toxiques pour la faune aquatique et provoquer une maladie infantile (méthémoglobinémie).

La présence de nitrates dans l'eau de consommation est principalement attribuable aux activités humaines. L'utilisation de fertilisants synthétiques et de fumier, associé aux cultures et à l'élevage intensifs, favorise l'apparition de nitrates dans l'eau. Les installations septiques déficientes, de même que la décomposition de la matière végétale et animale, peuvent aussi être source de nitrates dans l'eau [Levallois et al, 1994]. Les nourrissons de moins de trois mois nourris au biberon de même que les femmes enceintes sont considérés comme étant des sous-groupes de la population particulièrement vulnérables à la présence de nitrates dans l'eau de consommation [Levallois et al. 1994, Fan et al. 1996, OMS. 2000].

#### **III.4.4.2.6.3. Les chlorures**

Des concentrations élevées de chlorure donnent un goût salé à l'eau. Le seuil du goût pour l'anion chlorure dépendra du cation associé et sont dans la plage de 2-300 mg / l de sodium, de potassium et de chlorure de calcium. Concentrations supérieures de 250 mg / l sont plus susceptibles d'être détectées par goût, mais certains consommateurs peuvent s'habituer à de faibles niveaux de goût induite par chlorure.

#### **III.4.4.2.6.4. La matière organique**

Elle favorise l'apparition de mauvais goût et facilite le développement des germes, des champignons et des algues.

### III.4.4.3. Les paramètres de qualité bactériologique de l'eau de boisson

L'objectif essentiel des examens bactériologiques de l'eau de boisson consiste à déceler la pollution fécale [OMS, 2011].

*Escherichia coli* constitue l'indicateur fondamental de la pollution fécale d'origine humaine ou animale. Dans certaines conditions ; on peut utiliser d'autres organismes comme indicateurs supplémentaires de la pollution fécale [OMS, 2011].

#### III.4.4.3.1. Les bactéries coliformes

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être directement associés à une pollution d'origine fécale. Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnets, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme bêta galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C afin de produire des colonies rouges avec reflets métalliques sur un milieu gélosé approprié [ Santé canada, 1991 ; Archibald ,2000 ; CEAEQ ,2000 ; Edberg et al. 2000]. Les principaux genres inclus dans ce groupe sont les entérobactéries [CEAEQ, 2000].

Le risque sanitaire lié à la présence des bactéries du groupe des coliformes totaux est faible à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* et de certaines bactéries opportunistes comme *klebsiella pneumoniae* et *Enterobacter aerogenes* qui peuvent entraîner de graves maladies chez les patients hospitalisés, débilisés ou immunodéficients [Barlett,1998 ; Geldreich, 1999 ; Archibald, 2000] ; les coliformes totaux sont cependant très utiles comme indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau, de l'intégrité du réseau et aussi comme indicateurs de la ré-croissance bactérienne après traitement [Robertson , 1995 ; OMS, 2000 ; Groupe scientifique sur l'eau , 2003].

### III.4.4.3.1.2. Les coliformes thermo-tolérants

Les coliformes thermo-tolérants sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *klebsiella*. [Santé canada, 1991 ; Elmund et al, 1999 ; Edberg et al, 2000]. *Escherichia coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes thermo-tolérants détectés [Barthe et al, 1998 ; Edberg et al. 2000]. L'intérêt de la détection de ces coliformes à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales [Groupe scientifique su l'e u 2003]. La présence de coliformes thermo-tolérants peut être une indication de la présence de microorganismes entéro-pathogènes [Zimrou et all, 1987], Par ailleurs puisque les coliformes thermo-tolérants ne prolifèrent habituellement pas dans un réseau de distribution, ils sont utiles pour vérifier son étanchéité, permettant de détecter une contamination fécale découlant par exemple d'infiltrations d'eau polluée dans les canalisations [Awwa, 1990]. Ils sont aussi de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau.

### III.4.4.3.1.3. *Escherichia coli*

Le genre *Escherichia* fait partie de la famille des entérobactéries et comprend cinq espèces dont une seule, *Escherichia coli*, est utilisée à titre d'indicateur de la qualité des eaux. La presque totalité des souches d'*E. coli* ne sont pas pathogènes puisque cette bactérie est hôte normal de l'intestin des mammifères [Rice EW, 1999]. Par ailleurs parmi les coliformes thermo-tolérants *E. coli* est le seul qui soit sans équivoque toujours d'origine fécale et, à ce titre, il est de plus en plus considéré comme « organisme indicateur spécifique d'une pollution fécale [Groupe scientifique su l'e u, 2003].

La détection d'*E coli* dans une eau traitée est une indication claire d'une contamination d'origine fécale qui doit sérieusement faire soupçonner la présence d'autres microorganismes pathogènes [Elmund et al, 1999].

#### III.4.4.3.1.4. Les entérocoques et streptocoques fécaux

Ils appartiennent aux genres *Enterococcus* et *Streptococcus*. On les retrouve le plus souvent dans le tractus gastro-intestinal des humains et de plusieurs animaux ; *Enterococcus faecalis* et *Enterococcus faecium* sont les deux espèces le plus souvent identifiées chez l'humain [Clausen et al, 1997]. Elles sont présentes dans les intestins d'environ 75% des humains [Olivieri, 1952] à des concentrations variant de  $10^5$  à  $10^8$  bactéries /g [Edberg et al, 199 ; Qleeson et al, 1997 ; Hancock et al, 2000]. La persistance des entérocoques dans divers types d'eau peut être supérieure à celle des autres microorganismes indicateurs [Clausen et al, 1997 ; Qleeson et al, 1997 ; OMS, 2000] notamment à cause de leur résistance notoire aux agents désinfectants [Hasley et al, 1993], ce qui fait d'eux des indicateurs privilégiés pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau [OMS ,2000]. De plus leur grande résistance à la dessiccation fait des entérocoques des indicateurs pour le contrôle lors des réparations du réseau de distribution nécessitant un assèchement [WHO, 1993]. Par ailleurs, puisqu'il n'ya générale témoigne d'une pollution fécale récente [Clausen et al. 1997]. Dans ce contexte on a récemment reconnu le rôle des entérocoques à titre d'indicateur de contamination fécale dans les nappes d'eau souterraines (aquifères) [OMS, 2000];des études menées aux Etats Unis ayant démontré leur utilité pour mettre en évidence la contamination fécale souterraine [US EPA, 2000]. Cet intérêt à l'égard des entérocoques s'expliquerait par le fait que comparativement aux coliformes, ils sont plus résistants à des conditions environnementales difficiles et persistent plus longtemps dans l'eau ; de telles conditions sont typiques des eaux souterraines

ou la température est généralement plus froide et qui sont pauvres en éléments nutritifs [Groupe scientifique sur l'eau, 2002].

#### III.4.4.3.1.5. Clostridiasulfito –reductrice

Parmi ces microorganismes, le plus caractéristique, *Clostridium perfringens* est normalement présent dans les fèces, mais en bien moins grand nombre qu'*E. coli*. Toutefois, ils ne sont pas exclusivement fécaux et leur présence dans l'environnement peut avoir d'autres raisons.

Les spores de *Clostridia* peuvent survivre dans l'eau beaucoup plus longtemps que les coliformes et ils résistent à la désinfection. Leur présence dans les eaux désinfectées peut donc indiquer que le traitement est déficient et que des pathogènes résistants à la désinfection ont pu également survivre. En particulier, la présence de *C. perfringens* dans l'eau filtrée peut indiquer une défaillance du processus de filtration.

En raison de leur longévité, ils sont surtout capables d'indiquer une contamination intermittente ou à distance. Ils présentent donc un intérêt dans certains cas particuliers, mais ne sont pas recommandés pour la surveillance de routine des réseaux de distribution [OMS, 1994].

#### III.4.4.3.1.6. Autres microorganismes indicateurs de la qualité de l'eau

A part la numération des colonies, l'utilisation d'autres microorganismes, par exemple *Pseudomonas aeruginosa* a été préconisée pour déterminer la qualité hygiénique de l'eau de boisson [OMS, 1986]. La recherche de *Pseudomonas* se fait surtout dans la surveillance en eau des hôpitaux (car il peut être responsable d'infections nosocomiales), et de la mise en bouteille.

## **CHAPITRE IV :**

# **LES MALADIES HYDRIQUES**

## IV.1. Définition

Les maladies hydriques sont des affections pour lesquelles l'eau joue un rôle direct dans la transmission. Ainsi, selon le mode de propagation, on distingue :

- Les maladies transmises par l'eau (water born diseases) ;
- les maladies liées à l'eau (water based diseases) ;
- les maladies dues à un manque d'eau pour l'hygiène corporelle (water washed diseases)
- les maladies dues à des vecteurs en rapport avec l'eau ;
- les maladies dues à un défaut d'assainissement [OMS ,1992].

### IV.1.1. Maladies transmises par l'eau

Ces maladies sont dues à des microorganismes hautement infectieux (bactéries, virus, parasites) capables de survivre dans l'eau en conservant leur pouvoir infectieux. Elles sont transmises par voie fécaux-orale (véhiculé de manière passive).

L'eau utilisée pour la boisson, la préparation des aliments, la toilette peut être contaminée par les excréta animaux ou humains [OMS,1972]. Si les excréta contiennent les agents infectieux, ceux-ci peuvent être transmis à l'homme. La transmission est susceptible de provoquer une infection si les micro-organismes sont en nombre suffisant (dose infectieuse) et ont conservé leur vitalité (pouvoir infestant) [Hasley et al. 1993].

Le manque d'assainissement, d'hygiène, la pauvreté et le surpeuplement sont des facteurs qui favorisent la dégradation de la qualité de l'eau par le péril fécal [OMS, 1972].

En effet, le péril fécal pollue l'eau par les excréments soit directement pour une eau de surface ou par infiltration pour une nappe phréatique.

#### **IV.3. Maladies liées à l'eau**

Leur cycle de transmission est caractérisé par la présence d'un hôte intermédiaire à l'intérieur duquel l'agent pathogène complète son cycle de développement. Le parasite effectue une partie de son cycle de développement chez cet hôte intermédiaire (ou aquatique). L'autre partie du cycle s'effectue chez l'hôte humain. Les deux modes de transmission sont :

- la pénétration transcutanée de l'agent pathogène (Bilharziose) et
- l'ingestion d'eau de boisson contaminée (Dracunculose ou ver de Guinée).

#### **IV.4. Maladies dues à un manque d'eau pour l'hygiène corporelle**

Elles regroupent les affections transmises par les microbes ayant la capacité de survivre longtemps dans l'environnement. Le manque ou la rareté de l'eau favorise leur développement. On peut citer à titre d'exemple, les affections cutanéomuqueuses (mycoses, vaginites, staphylococcies).

#### **IV.5. Maladies liées à des insectes vecteurs**

Ces maladies sévissent principalement en milieu tropical. Elles sont dominées par le problème du paludisme. La maladie est due à un parasite unicellulaire sanguicole du genre *Plasmodium* transmis par un moustique du genre Anophèle.

#### **IV.6. Maladies liées à un défaut d'assainissement**

Ces parasites polluent les sols par les excréta. Ici, le péril fécal est largement responsable de leur transmission. Certaines, comme les ankylostomiasés peuvent se transmettre par pénétration transcutanée même en cas d'approvisionnement en eau potable.

Ces parasites polluent les sols par les excréta. Ici, le péril fécal est largement responsable de leur transmission. Certaines, comme les ankylostomiasés peuvent se transmettre par pénétration transcutanée même en cas d'approvisionnement en eau potable.

## **CHAPITRE V :** **LES INSPECTIONS SANITAIRES**

## V.1 Définition

L'inspection sanitaire est une enquête sur le terrain accompagnée d'une évaluation par un agent qualifiée, de toutes les conditions, installations et pratiques relatives à l'exploitation des ressources en eau qui entraînent ou pourraient entraîner un danger quelconque pour la santé et le bien-être du consommateur.

## V.2-Organisation des inspections sanitaires

Les inspections sanitaires peuvent être systématiques ou particulières.

### -Les inspections systématiques

Elles consistent en de visites périodiques, conformément à un plan établi à l'avance, de toutes les différentes étapes du système de distribution d'eau potable, de la source au robinet du consommateur. Ce plan prend en compte, entre autre facteurs, le nombre et la nature des systèmes en cause, les sites à inspecter, la répartition de la population etc.....

### -Les inspections particulières

Elles s'imposent en cas de situation inhabituelle comme la mise en exploitation d'un nouveau captage, un rapport faisant état d'une épidémie, à la suite d'une inondation ou lors de la découverte de modification importante de la qualité de l'eau de boisson

## V.3 Les systèmes à inspecter

L'inspection sanitaire peut porter sur un ou plusieurs des éléments suivants :

**-les systèmes d'approvisionnement en eau potable** ; source de captage traitement et distribution) et assainissement (évacuation des eaux usées, des excréta, ordures ménagères et autres déchets)

**-l'absence des insectes et des animaux nuisibles**

**-les établissements d'alimentation** (abattoirs) et les institutions publiques

# **DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE**

# **CHAPITRE I :**

## **MATERIEL ET METHODES**

## **I.1- CADRE DE L'ETUDE**

### **I.1.1-contexte**

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la mission de surveillance sanitaire des eaux d'adduction que s'est assignée l'Institut National de l'Hygiène Publique (l'INHP) sur l'ensemble du territoire national.

L'Institut National d'Hygiène Publique (L'INHP) est un établissement Public National (EPN) à caractère administratif situé dans la commune de Treichville, il a été créé par le décret n° 91-656 du 9 octobre 1991 portant création et organisation de l'Institut National d'Hygiène Publique qui a pour missions :

- ✓ l'application de la politique sanitaire nationale en matière d'hygiène générale ;
- ✓ la prophylaxie et le contrôle des endémies transmissibles bactériennes, virales et parasitaires ;
- ✓ la direction technique nationale du Programme Elargi de vaccination (PEV) ;
- ✓ L'exécution des activités d'enseignement et de recherche à travers des services décentralisés qui sont ses antennes.

### **I.1.2Cadre géographique**

Notre étude a été réalisée sur le réseau d'adduction de la ville Yamoussoukro, capitale politique de la Côte d'Ivoire. Elle est située à 248 kilomètres d'Abidjan dans la région des Lacs et sa population est estimée selon le recensement général de la population de 2014 à 207 000habitants[**Rgph, 2014**],

Le réseau d'adduction de la ville est alimentée par une eau de surface(le fleuve Bandama) qui est captée et refoulée à la station de traitement située à Zambakro. Ce réseau dessert ainsi l'ensemble de la ville de Yamoussoukro en

eau potable. Les données relatives à la qualité de l'eau ont été recueillies à l'INHP au laboratoire des eaux et aliments.

## **I. 2 TYPE ET DUREE D'ETUDE**

Il s'agit d'une étude rétrospective descriptive portant sur la surveillance sanitaire de l'eau d'adduction publique de la ville de Yamoussoukro de 2010 à 2014.

## **I.3 METHODES D'INVESTIGATIONS**

Il s'agissait d'une analyse des résultats du contrôle de qualité de 94 échantillons d'eau prélevés à la station de traitement, dans le réseau et au robinet du consommateur et de 3 trois inspections sanitaires.

Cette base documentaire a été constituée à partir des données des rapports des inspections sanitaires et de contrôle qualité de l'eau d'adduction réalisé par l'INHP (laboratoire de chimie des eaux et aliments) dans la ville de Yamoussoukro.

### **I.3.1 Analyse des données de l'inspection sanitaire**

La collecte des données s'est faite par une recherche dans les archives des différents rapports d'inspection sanitaire portant sur le système d'alimentation et de distribution d'eau. L'analyse a consisté à voir l'évolution de l'état du réseau, et l'évaluation du fonctionnement du système d'approvisionnement en eau potable les inspecteurs utilisaient des fiches d'enquêtes dont les différents items étaient les suivants :

- ▶ la station de captage : évaluation de l'état des pompes
- ▶ l'identification de la source d'eau
- ▶ le système de dégrillage (Le dégrillage est une opération fondamentale dans

le prétraitement et le traitement des eaux usées. En effet, cette action de séparation physique a pour but principal d'éliminer les gros déchets afin de sécuriser les équipements installés en aval (*objectif* : éviter l'usure prématurée ou la casse des machines).

- ▶ le type et le nombre de station de traitement de l'eau
- ▶ le réseau d'adduction publique
- ▶ la qualification du personnel technique de la station
- ▶ les paramètres analytiques de l'eau

### **I.3.2 Analyse des résultats du contrôle de qualité**

Les résultats des différents prélèvements ont été consignés dans un registre que nous avons consulté pour être ensuite mis sur support informatique par les agents de laboratoire de chimie et microbiologie constituant ainsi la base de données.

#### **▶ Paramètres étudiés**

Ce sont les paramètres figurant sur la fiche d'analyse du laboratoire et repartis de la manière suivante :

- **les paramètres organoleptiques** : Couleur, turbidité, odeur
- **les paramètres physico-chimiques** : pH, nitrates, nitrite, ammonium, matières organiques, chlorures, chlore résiduel, aluminium, fer, fluorures, manganèse, degré hydrotimétrique (DHT), titre alcalimétrique complet (TAC)
- **les paramètres microbiologiques** : les coliformes totaux, les coliformes thermo-tolérants, *E coli*, streptocoques

## ► Méthode d'analyse

La méthodologie a consisté à évaluer la non-conformité des paramètres analysés par rapport aux normes issues des directives de potabilité de l'eau proposée par l'OMS [OMS 2011]. Nous avons ensuite recherché le type de paramètres en cause dans la non-conformité ; La qualité d'un échantillon d'eau est déclaré non-conforme lorsqu'au moins un des 18 paramètres physicochimiques ou bactériologiques analysés ne respecte pas la norme.

## **I.4 STATISTIQUE**

Les logiciels EPI DATA 6 fr, et Excel 2010 ont été utilisés pour le traitement statistique.

## **CHAPITRE II :**

## **RESULTATS**

Les résultats des différentes investigations seront présentés en deux volets :

- ❖ Le premier volet exposera les résultats des données de l'inspection sanitaire ;
- ❖ Le second volet présentera les résultats de contrôle de qualité.

Notre étude rétrospective portant sur la surveillance sanitaire de l'eau d'adduction publique de Yamoussoukro de 2010 à 2014 a permis d'obtenir la base documentaire de :

- 94 échantillons d'eau prélevés à la station de traitement, dans le réseau de distribution et aux robinets du consommateur ;
- 3 inspections sanitaires.

## II. DONNEES DE L'INSPECTION SANITAIRE

### II.1.1 Les fréquences des inspections réalisées

Entre 2010 à 2014 ce sont au total 3 inspections qui ont été réalisées (2011, 2012 et 2014). En 2013 il s'agissait d'une simple visite avec prélèvement pour le contrôle de qualité sur le réseau d'adduction en raison d'une inspection par année (**tableau V**).

**Tableau V : fréquence des inspections**

Année	Nombre inspection réalisée	Type d'inspection	Date des inspections
2011	1	Inopinée	17 au 21 mai
2012	1	Systematique	28 juin au 01 juillet
2014	1	Systematique	12 au 18 mai

## I.1.2 les points forts, points faibles et recommandations de l'inspection

	POINTS FORTS	POINTS FAIBLES	RECOMMANDATION
2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>.Filière de traitement bien définie</li> <li>. Produits de traitement disponibles et bien conservés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. insuffisance en démarche qualité et en hygiène alimentaire par l'absence de procédures écrites et exécutées.</li> <li>-existence d'une activité de pêches</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. poursuivre les purges et les traitements sur l'ensemble du réseau</li> <li>-augmenter la capacité des infrastructures de stockage</li> <li>-réhabiliter le réseau de distribution interne du palais présidentiel</li> </ul>
2012	<ul style="list-style-type: none"> <li>.Filière de traitement bien définie</li> <li>. Produits de traitement disponibles et bien conservés</li> <li>. construction de la clôture de la station de captage entamée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-système de lavage manuel</li> <li>-vétusté des installations</li> <li>- insuffisance en démarche qualité et en hygiène alimentaire par l'absence de procédures écrites et exécutées .</li> <li>. source d'eau non protégée</li> <li>.existence d'activité de pêches</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. protection de la source d'eau</li> <li>- poursuivre les purges et les traitements sur l'ensemble du réseau</li> <li>-former les agents en hygiène alimentaire et à la démarche qualité</li> <li>-renforcer la surveillance du réseau d'approvisionnement public de Yamoussoukro</li> </ul>
2013	<ul style="list-style-type: none"> <li>.Filière de traitement bien définie</li> <li>. Produits de traitement disponibles et bien conservés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- construction de la clôture de la station de captage non achevée</li> <li>source d'eau non protégée</li> <li>.existence d'activité de pêches</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Renforcer la formation de personne de production en chimie et en hygiène</li> <li>. réhabiliter le réseau interne de distribution de l'hôtel présidentiel</li> <li>-saisir à temps (une semaine avant) l'INHP pour de telles missions afin de prendre des dispositions (préparation du matériel d'analyse)</li> </ul>
2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>-mise en œuvre de la poursuite des purges et augmentation du nombre de chimistes</li> <li>.Filière de traitement bien définie</li> <li>. Produits de traitement disponibles et bien conservés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. existence d'activité de pêches</li> <li>- construction de la clôture de la station de captage non achevée</li> <li>source d'eau non protégée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. achever la construction de la clôture de la station de captage zambakro</li> <li>-mettre en état de fonctionnement le système de dégrillage automatique</li> </ul>

### I.1.3 Résultats de l'inspection proprement dite

#### ► au niveau de la source

Durant toutes les cinq années les mêmes observations ont été faites.

**Tableau VI : différents constats observés au niveau de la source**

Nature de la source	Eau de surface (fleuve Bandama)
<b>Constat</b>	.source non protégé .existence de cultures maraichères avec utilisation de pesticides) .activités de pêches .présence de bœufs

#### ► le système de captage et la Station de traitement

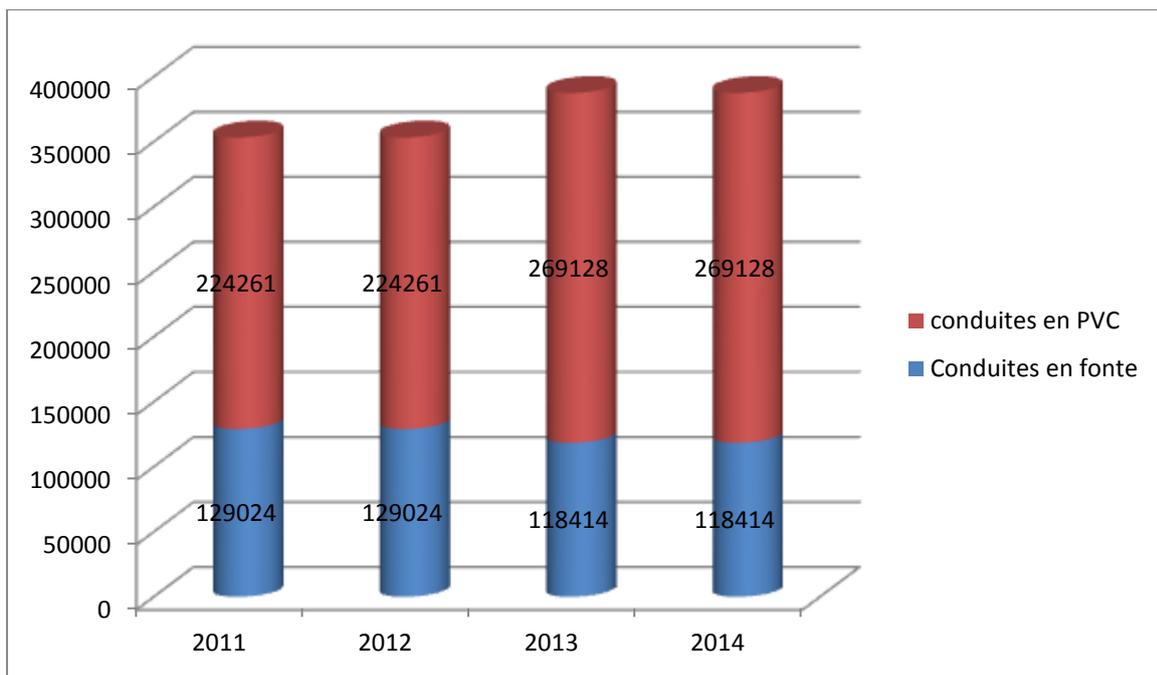
Le traitement utilisé était le même toutes les années excepté le système de dégrillage qui était non fonctionnel à partir de 2012

**Tableau VII : Différents constats observés au niveau du système de captage et de la station de traitement**

Libellé	ANNEE			
	2011	2012	2013	2014
Système de captage	.constitué de 3 pompes fonctionnelles .constitué d'un système de dégrillage fonctionnel	.constitué de 3 pompes fonctionnelles .constitué d'un système de dégrillage non fonctionnel	.constitué de 3 pompes fonctionnelles .constitué d'un système de dégrillage non fonctionnel	.constitué de 3 pompes fonctionnelles .constitué d'un système de dégrillage non fonctionnel
Station de traitement	.constituée de 3 unités de traitement .traitement de type complet	constituée de 3 unités de traitement . traitement de type complet	constituée de 3 unités de traitement . traitement de type complet	constituée de 3 unités de traitement . traitement de type complet

### ► le réseau d'adduction d'eau

C'est un réseau de type maillé formé de deux types de conduites qui sont la fonte et le PVC. Des modifications techniques ont été apportées sur le réseau d'adduction à partir de l'année 2013 (les conduites en fonte ont été raccourcies au profit des conduites en PVC qui a une bonne résistance à la corrosion et sa flexibilité permet de mieux résister aux mouvements de terrain).



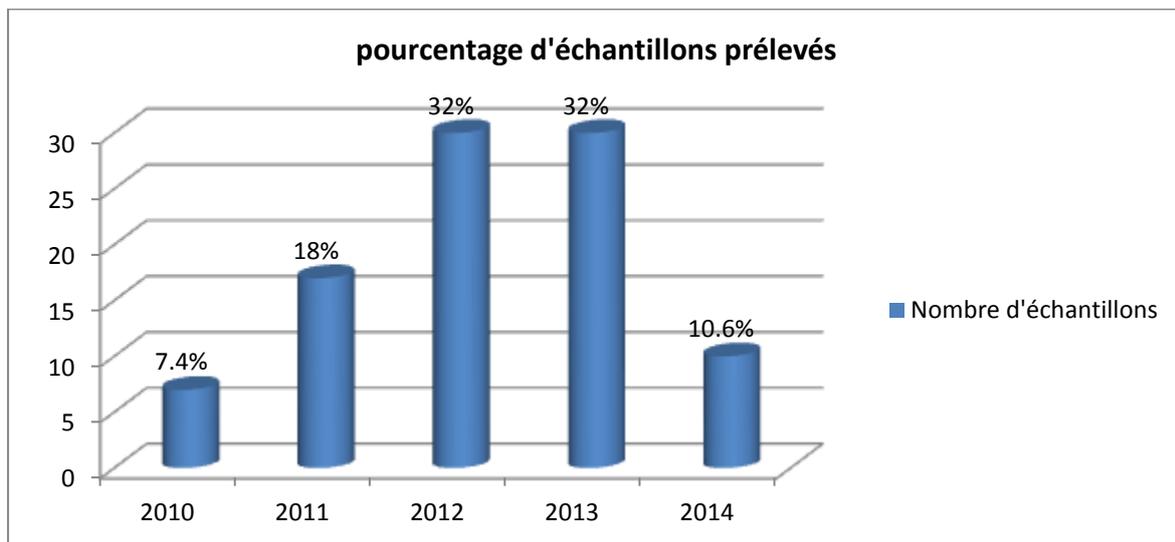
**figure 3 : matériaux constitutifs des canalisations du réseau de distribution d'eau de Yamoussoukro**

## II.2 CONTROLE QUALITE

### II.2. Nombre d'échantillons prélevés et leur répartition selon l'année

Une campagne de prélèvement a été réalisée chaque année sur les 5 années

L'analyse de la figure 1 montre que pour un total de 94 échantillons (ce qui représente 100% d'échantillons), sur les 5 années l'année où l'on a le plus de prélèvement est en 2012 et 2013.



**Figure 4 : Répartition des échantillons prélevés selon l'année**

## II.2.2 Qualité de l'eau distribuée pendant les cinq années

### II.2.2.1 Répétition des échantillons d'eau analysée selon la qualité

L'analyse montre que sur 94 échantillons d'eau prélevés, 75 sont non conformes aux références de qualité soit 79,78%. (Tableau VIII).

**Tableau VIII : répartition des échantillons selon la conformité**

Conformité	ANNEE					Total
	2010 (N=7)	2011(N=17)	2012 (N=30)	2013 (N=30)	2014(N=10)	
Non-conforme	6 (85,7%)	16 (94,1%)	24 (80%)	21 (70%)	8 (80%)	<b>75 (79,8%)</b>
Conforme	1 (14,2%)	1 (5,88%)	6 (20%)	9 (30%)	2 (20%)	19 (20,2%)

### II.3 Paramètres en cause dans la non-conformité des échantillons prélevés

Les paramètres les plus incriminés dans la non-conformité sont par ordre décroissant les paramètres physico-chimiques (72,34%), les paramètres organoleptiques (13,82%) et enfin les paramètres microbiologiques (7,4%) .

**Tableau VIX : Les paramètres analytiques de pollution en causes dans la non-conformité des échantillons d'eau**

Paramètres	Années					TOTAL
	2010 (N=7)	2011 (N=17)	2012 (N=30)	2013 (N=30)	2014 (N=10)	
Paramètres organoleptiques	0	4 (55%)	9 (29,4%)	0	0	13 (13,82%)
Paramètres physicochimiques	6 (87,5%)	7 (40%)	17 (58,8%)	30 (100%)	8 (80%)	68 (72,34%)
Paramètres microbiologiques	1 (12,5%)	1 (5%)	3 (11,8%)	0	2 (20%)	7 (20%)

## II.4 Les paramètres de pollution organoleptiques du réseau

L'analyse des résultats des paramètres organoleptiques montre que le seul paramètre mis en cause dans la non-conformité est la turbidité (22,34%).

**Tableau X : fréquences de non-conformité des paramètres organoleptiques des prélèvements d'eau**

Paramètres	Années					TOTAL
	2010	2011	2012	2013	2014	
Couleur	0	0	0	0	0	0
Turbidité	0	<b>11 (64,70%)</b>	<b>10 (33,33%)</b>	0	0	<b>21 (22,34%)</b>
Odeur	NP	NP	NP	NP	NP	NP

NP : non perceptible

## II.5 Les paramètres de pollution physico chimiques

Le tableau XI montre que le réseau présente dans l'ensemble de faibles fréquences de non-conformité de paramètres physico-chimiques. Seulement 4 paramètres connaissent des non-conformités supérieures à 5% ; ce sont en premier lieu le chlore résiduel avec 59,57% dont 53,69% des échantillons qui présente une quantité de chlore insuffisante, suivi du pH qui a une fréquence de 17,02% avec 14,89% de pH acide , suivi du fer 6,38% et enfin l'ammonium 5,31%.

**Tableau XI : résultats des paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau analysés de 2010 à 2014**

Paramètres	Années					TOTAL
	2010	2011	2012	2013	2014	
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
pH	3 (32,85%)	1 (5,88%)	10 (33,33%)	0	2 (20,00%)	16 (17,02%)
Minéralisation	0	0	0	0	0	0
Nitrate	0	0	0	0	0	0
Nitrite	0	0	0	0	0	0
Matières organiques	0	0	0	0	0	0
Ammoniums	0	5 (29,41%)	0	0	0	5,31%
Chlore résiduel	6 (85,71%)	13 (76,47%)	16 (53,33%)	19 (63,33%)	6 (60,00%)	56 (59,57%)
Chlorure	0	0	0	0	0	0
Fer	3(42,85%)	0	0	3(10%)	0	6(6,38%)

N : nombre d'échantillons non conforme

### ► Conformité du pH et du chlore résiduel

L'analyse des paramètres physico-chimiques montre la dominance du pH et du chlore résiduel comme paramètres les plus incriminés.

- 14 échantillons soit (14,89%) ont présenté un pH acide et 56 échantillons soit 59,57% présentent une quantité de chlore résiduel insuffisante.

## II.6 Les paramètres de pollution microbiologiques

L'analyse microbiologique montre que sur les 94 échantillons 3,20% se sont révélés positifs à la recherche des coliformes totaux, 8,50% positifs aux streptocoques fécaux *E coli* a été identifié dans 1 échantillon sur le réseau.

**Tableau XII : résultats des paramètres microbiologiques des échantillons d'eau**

Paramètres	Années					TOTAL
	2010	2011	2012	2013	2014	
Coliformes totaux	1 (10,%)	1 (5,88%)	0	0	1 (10,00%)	3,20%
Coliformes thermo-tolérant	1 (10%)	1 (5,88%)	0	0	0	02,12%
Streptocoques fécaux	0	2 (11,76%)	4 (13,33%)	0	2 (10%)	8 (8,50%)
E coli	0	1 (5,88%)	0	0	0	1 (1,06%)

# DISCUSSION

La surveillance sanitaire a pour objectif de garantir la qualité hygiénique des eaux de consommation. Pour atteindre cet objectif, trois actions préventives sont menées à savoir :

- ✓ l'inspection sanitaire de toutes les sources d'approvisionnement
- ✓ le contrôle de la qualité de l'eau par des examens de laboratoires et
- ✓ la surveillance épidémiologique des maladies à transmission hydriques

Dans le cadre des activités de l'INHP ce sont aux deux premiers aspects relatifs à l'inspection sanitaire et au contrôle de qualité qui sont fait en routine.

L'analyse des rapports d'inspection sanitaire du réseau avait révélé que la source d'eau (constituée par le fleuve Bandama) est une eau de surface exposée à différents types de pollutions environnementales et anthropiques (existence de cultures maraichères avec utilisation de pesticides) ; il a été noté également la présence d'activités de pêches et des bœufs qui y viennent s'abreuver, L'inexistence d'un périmètre de protection autour de la source de captage d'eau contribue donc à accentuer cette pollution environnementale. Les travaux de [Isabelle rouvié,2005] ont montré l'intérêt et l'avantage du périmètre de protection de la source de l'Esperelle ou il a été observé une diminution des risques de pollutions de la source du CAUSSE LARZAC face aux pollutions liées aux activités humaines et environnementales.

Les prélèvements de 94 échantillons fournis par l'INHP au cours de ces cinq années montrent que les recommandations de l'OMS en matière de fréquence des prélèvements d'échantillons pour l'analyse de routine d'eau de consommation sont encore loin d'être atteints. L'OMS recommande 71 prélèvements par mois pour une population de 355573 habitants que compte la ville de Yamoussoukro et donc 853 échantillons par an (1 prélèvement pour

5000 habitants) Selon les estimations de l'OMS, le nombre d'échantillons d'eau à prélever est en rapport avec la densité de la population. Ceci devrait donc nous amener à revoir à la hausse le nombre d'échantillon à prélever. Ce faible taux de surveillance serait dû à :

- ✓ l'absence de réglementation ivoirienne qui ne favorise pas un financement du contrôle de qualité
- ✓ l'absence de logistique adéquate : moyens de locomotion, matériel et réactifs de laboratoire

L'analyse des résultats du contrôle de qualité a montré que les échantillons d'eau ont été non-conformes dans 79,78% des cas aux critères de potabilité de l'OMS [OMS, 2011] en vigueur. Ces non-conformités ont été systématiquement dues aux paramètres physico-chimiques dont les plus fréquents ont été le pH (17,02%), le chlore résiduel (59,57%), l'ammonium (5,31%) et le fer (6,38%).

L'ammonium fait partie des paramètres marqueurs de pollutions, sa présence dans l'eau de boisson traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique ; c'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel (ici la présence provient des pesticides utilisés pour la culture maraîchère près de la source de captage). L'ammonium a été observé seulement en 2011 ou l'on a noté également la présence de tous les germes, cette observation serait due à la crise post-électorale ou les réseaux n'avaient pas été surveillés et visités.

Un pH acide observé dans 14,89% des échantillons est un facteur qui pourrait intervenir dans les mécanismes de corrosion des canalisations ce qui expliquerait la présence de fer dans 6,38% des échantillons. Dans ces conditions, les canalisations du réseau constitué de fonte seraient une

importante source de pollution métallique (plomb, cuivre...) de l'eau de boisson. C'est pour réduire le risque d'observation de corrosion que des travaux techniques ont été réalisés à partir de 2013 en vue de raccourcir la tuyauterie en fonte au profit du PVC qui présente l'avantage d'une bonne résistance à la corrosion et sa flexibilité permet de mieux résister aux mouvements de terrain.

D'autres parts, les faibles teneurs en chlore résiduel observés dans 59,57% de nos échantillons pourraient être liées à une insuffisance de chloration de l'eau traitée ou aux ruptures fréquentes des canalisations.

La turbidité sert à mesurer l'efficacité de l'élimination des particules pendant le processus de traitement, une forte turbidité observée dans 22,34% des cas attire l'attention sur le procédé de traitement de l'eau qui semble ne pas être bien réalisé.

L'usage d'une eau insuffisamment chlorée associée à une hygiène défectueuse de la population contribuerait à la fréquence élevée des maladies hydriques d'origine bactérienne. En effet les composés chimiques toxiques comme les trihalométhanes pourraient être générés par la chloration et nuire à la santé des consommateurs. Ainsi les travaux de [Semeyian L et coll, 2007] ont montré que la teneur en trihalométhanes est plus élevée dans les eaux de consommation issues des eaux de surfaces comparativement à celles issues des eaux souterraines.

Les échantillons non-conformes aux normes microbiologiques due à la présence de coliformes thermo-tolérants confirme la présence d'activités humaines ou animales révélée par l'inspection sanitaire; en plus il y a la présence de coliformes totaux signe soit d'une insuffisance du traitement de l'eau brute ou à une contamination microbienne au niveau des canalisations. Nous sommes en droit de penser à une contamination plus grande si la fréquence des

prélèvements augmentait selon la taille de la population.

Au total, force est de constater que le contrôle de la qualité des eaux d'approvisionnement public tel que réalisé par l'INHP présente de nombreuses difficultés. Les faibles campagnes de prélèvement d'eau sur les différents réseaux d'adduction d'eau serait dû à une insuffisance de moyens logistiques et à la faiblesse du budget de l'INHP. Nous pouvons dire que l'eau desservie dans la ville de Yamoussoukro présente des risques.

# CONCLUSION

La surveillance sanitaire des eaux de consommation est une composante majeure de l'amélioration de l'alimentation en eau potable des populations. Les insuffisances dans ce domaine peuvent laisser libre cours à la recrudescence de maladies hydriques, malgré une bonne couverture en eau d'adduction.

Cette étude a évalué de manière rétrospective la qualité de l'eau d'adduction desservie dans les grandes villes de l'intérieur de la Côte d'Ivoire : cas de la ville de Yamoussoukro de 2010 à 2014. Les résultats ont montré une prédominance des non-conformités de la qualité de l'eau associées aux paramètres d'origines physico-chimiques. Les risques sanitaires liées à cette non-conformité des paramètres physico-chimiques sont avérés plus importantes comparés à ceux d'origine microbiologiques plus disparates.

L'eau de boisson peut devenir un véritable poison lorsque la surveillance sanitaire est négligée. Il est donc nécessaire d'accompagner l'assainissement et la couverture en eau potable d'une surveillance minutieuse afin de s'assurer de la qualité réelle de l'eau consommée par les populations.

# RECOMMANDATIONS

**Au Ministère de la santé :**

- Planifier le financement de la surveillance sanitaire
- Equiper le laboratoire de chimie des eaux de l'INHP avec une dotation en réactifs et appareillages permettant l'analyse fiable de l'eau.

**Au Ministère des infr structures et de l'équipement :**

- ✓ réhabiliter les stations de traitement de l'eau d'adduction publique afin d'améliorer la qualité de l'eau,
- ✓ renouveler les installations vétustes et
- ✓ accroître la couverture en eau potable vu le nombre sans cesse croissant des demandes et la naissance de nouveaux quartiers

**A l'INHP :**

Améliorer et intensifier les activités de contrôle de la qualité physico-chimique des eaux de boissons entre la production et la distribution.

# **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**1-AMIN NC, LEKADOU KS , ATTIA AR et al**

Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'adduction publique de huit communes en Côte d'Ivoire. *J. Sci. Pharm. Biol*,2008;9(1):22-31

**2- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.**

Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 22<sup>e</sup> éd. Washington: American Public Health Association; 2012. 1120 p.

**3-ARCHIBALD F**

The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems-a cause for concern? *Water Quality Research Journal of Canada*. 2000;35(1):1-22.

**4-BAIN R, CRONK R, WRIGHT J et al**

Fecal Contamination of Drinking-Water in Low- and Middle-Income Countries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS Medicine* .2014; 11 (5): e1001644.

**5-BARLETT JC**

Bacterial pneumonia. in : Gorbach SL, Barlett JG , Blacklow NR .*Infectious diseases*.Canada,1998.P571-582 (consulté le 12-02-2015)

<http://www.inspq.qc.ca/PDF/publications/198CartableEau/ColiformesTotaux.pdf>

**6-BARTHE C, PERRON J , PERRON JM**

Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable : document de travail (version préliminaire).

Montréal: Ministère de l'Environnement, 1998.155p

### **7-BENTOUNI M**

Etude et conception d'un système de détection de fuites sur les canalisations d'eau. Mémoire d'Ingénieur :M'sila Université Mohamed Boudiaf, 2005. 104 p

### **8-BOUSQUET A**

Desserte collective des quartiers pauvres en Zambie, un long apprentissage. *Flux* 2/2004 (n° 56-57), p. 71-86.( consulté le 09-02-2016)

[www.cairn.info/revue-flux-2004-2-page-71.htm](http://www.cairn.info/revue-flux-2004-2-page-71.htm).

### **9-BRIÈRE FG**

Distribution et collecte des eaux. Montréal: Presses Internationales

Polytechnique;2012. 597 p.

### **10-CELLERIC JL**

La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux.2002 /(consulté le 13-05-2015)

<http://docplayer.fr/9493120-La-degradation-de-la-qualite-de-l-eau-potable-dans-les-reseaux.html>

### **11- Centre d'expertise en analyse environnement le du Québec**

Recherche et dénombrement des coliformes thermotolérants (fécaux) et confirmation à l'espèce *Escherichia coli* : méthode par filtration sur membrane. Montréal: Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques; 2014.

Report No.: MA. 700 – Fec.Ec 1.0, Rév. 5. 20 p.: (consulté le 11-02-2016)

<http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA700Col10.pdf> >

**12-Centre régional de documentation pédagogique de Besançon, Association des collectivités comtoises pour la maîtrise des déchets et de l'environnement.**  
L'eau de la planète Terre: manuel pédagogique pluridisciplinaire sur le thème de l'eau. Besançon: Ascomade CRDP de France-Comté; 1993. 44 p.

**13-CIRPKA O A, HOENH E**

Revitalisation fluviale et protection des eaux souterraines, Suisse :Eawag news. 2008; 65f:12-5.

**14-CLAUSEN EM, GREEN .BL, LITSKY.W**

Fecal streptococci indicators of pollution in : Hoadley AW , Dutka BJ.  
Bacterial Indicators/Health hazards associated with water. USA : American Society for Testing and Material,1997. P247-264

**15-CRAUN GF**

Waterborne disease outbreaks in the United States of America: causes and prevention. World Health Stat Q. 1992;45(2-3):192-9.

**16-Décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001 relatifs aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales.**

Journal officiel de la république française.

**17-EDBERG SC, LECLERC H , 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.

**18-EDBERG SC, RICE EW, KARLIN RJ et al**

Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. Symp Ser Soc Appl Microbiol. 2000 ;(29):106S-116S.

**19-ELMUND GK, ALLEN MJ, RICE EW**

Comparison et Escherichia Coli, total coliform and fecal coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency. Water Environ. Res. 1999 ; 71: 332-339

**20-EPA . Control of biofilm growth in drinking water distribution Systems**  
EPA, Washnigton, 1992

**21-FAN AM, STEINBERG VE**

Health implications of nitrate and nitrite in drinking water: an update on methemoglobinemia occurrence and reproductive and developmental toxicity, RegulToxicol. Pharmacol .1996 ;23(1Pt) : 35-43

**22-FORLUAD J**

De la surveillance de qualité pour demain. OMS. Santé du monde, 1996.

**23-GELDREICH EE**

Manual of water supply practices: Waterborne pathogens, Genève : AWWA , 1999. P89-92

**24-GLEESON C, GRAY N**

The coliform index and waterborne disease problems of microbial drinking water assessment. London: E & FN SPON; 1997. 194 p.

## **25-GROUPE SCIENTIFIQUE SUR L'EAU**

Centre D'expertise et de références en santé publique. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine :Entérocoques et streptocoques ;2003 .173p .

## **26-GROUPE SCIENTIFIQUE SUR L'EAU**

Centre D'expertise et de références en santé publique. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine :Entérocoques et streptocoques ;2002 .5p

<https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/enterocoques>

## **27-HASLEY C, LECLERC H**

Microbiologie des eaux d'alimentations. Paris :Lavoisier Tec & Doc, 1993.  
495p

## **28-JACQUES B**

Synthèse des valeurs règlementaires pour les substances chimiques en vigueur dans l'eau, l'air et les denrées alimentaires en France au 1<sup>er</sup> décembre 2007(consulté le 15 -08-2015)

[http://www.developpement\\_durable.gouv.fr/img/pdf/synthese\\_vr\\_milieu\\_drc-07-86177-15736a\\_en\\_ligne.pdf](http://www.developpement_durable.gouv.fr/img/pdf/synthese_vr_milieu_drc-07-86177-15736a_en_ligne.pdf)

## **29-JOURDA P**

Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région du Grand (Côte d'Ivoire).

Th de Doctorat 3ème cycle :Grenoble, Université scientifique, technique et médicale de Grenoble, 1987.( consulté le 05-02-2016)

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00785527/document>

### **30-KOUAME KM**

Bilan du contrôle par l'INHP de la Qualité l'eau d'adduction publique de 1996 à 2005 des réseaux d'Agboville, de Bassam, de Bingerville, de Bonoua, de Dabou, de Jacquville, de Montézo et de Songon. DESS Contrôle Qualité : Abidjan, 2006

### **31-LALLEMAND -BARRES, ROUX JC**

Guide méthodologique d'établissement des périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine : manuel et méthodes. Orléans : BRGM, 1980 . 190 p

### **32-LEVALLOIS P, PHANEUF D**

La contamination de l'eau potable : analyse des risques à la santé.  
Revue Canadienne de Santé Publique.1994 ; 85 (3) :192-196.

### **33-LYONNAISE DES EAUX**

Lyonnaise des eaux. Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement. Paris: Tec et doc-Lavoisier; 1994. 1262 p.

### **34-MANAHAN SE**

Environmental Chemistry.8 ed", CRC Press, 2005

<http://www.lenntech.com/scientific-books/groundwater/environmental-chemistry.htm>

### **35-MAYSTRE LY**

Initiation aux calculs économiques pour les ingénieurs. Ed Lausanne, 2ème éd .Paris : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1997,216p.  
(Collection Gérer l'environnement.1).

### **36-OMS**

« Eau aide-mémoire n° 391 ». WHO. Juillet 2014

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/fr/>

### **37-OMS**

World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 4th ed. Geneva: World Health Organization; 2011. 541 p.

### **38-OMS**

Organisation Mondiale de la Santé. Eau Aide-mémoire N° 391 [Internet]. 2015. [cité 2 mars 2015]. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/fr/>

### **39-OMS**

Directives de qualité pour l'eau de boisson ; Volume 2- Critères d'hygiène et documentation à l'appui Organisation mondiale de la santé, 2ème édition

1050p.2000 Résumé accessible à

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/GDWQ/Summary\\_tables/](http://www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/Summary_tables/)

### **40-OMS**

Directives de Qualité de l'eau de boisson : recommandations. vol.1 2e éd. Genève : OMS, 1994, , 202p

### **41-OMS**

Maladies liées a l'eau [internet]. [cité 24 févr 2016]. disponible sur: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/fr/](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/fr/)

### **42-OMS**

Notre planète, notre santé: rapport de la Commission OMS Santé et Environnement. Genève: Organisation Mondiale de la Santé; 1992. 299 p.

#### **43-OLIVIERI VP**

Bacterial indicators of pollution dans :pipes,woédit, bacterials indicators of pollution, CRC press.1952. P21- 41.

#### **44-RECENSEMENT GENERAL DE LA POPULATION**

(consulté le 28 octobre 2015 )

[http // www. Capitalafrique.com/article/société/cote d'ivoire –recensement-de-la-population-tous-les-statistiques-25051-141940165html](http://www.Capitalafrique.com/article/société/cote-d'ivoire-recensement-de-la-population-tous-les-statistiques-25051-141940165html) .2014»

#### **45-RICE EW**

Escherichia coli. In: American Water Works Association Manuel of Water supply practices: waterborne pathogens. AWWA,M48.1999,P:75-78

#### **46-RICE EW, CLARK RM, JOHNSON CH**

Chlorine inactivation of Escherichia coli 0 157:H7. Emerginy Infections Diseases.1999 5 (3):461-463.

<http://www.cdc.gov/indocid/EID/vol5n°3/rice.htm>

#### **47-ROBERTSON W**

Utilités et limites des indicateurs microbiologiques de la qualité de l'eau potable.In : Air intérieur et Eau potable, sous la direction de Pierre Lajoie et Patrick Levallois, Presse de l'université de Laval,1995.P179-193

#### **48-ROUVIE ISABELLE**

Qualité bactériologique de l'eau de la source de l'Esperelle. Intéret des périmètres de protection .Mémoire de l'école nationale de la santé publique : Rennes.2005 (consulté le 11-02-2016)

<http://documentation.ehesp.fr/memoires/2005/igs/rouvie.pdf>»

#### **49-SANTE CANADA Quebec**

La turbidité. Document de support aux recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. 1995 .

[http://www.Hcsc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc\\_pubs/rqepdoc\\_appui/rqep.htm](http://www.Hcsc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc_pubs/rqepdoc_appui/rqep.htm)

#### **50- SANTE CANADA Quebec**

Le nitrate et le nitrite. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Documentation à l'appui. 1992

[http://www.Hcsc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc\\_pubs/rqepdoc\\_appui/nitrate.pdf](http://www.Hcsc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc_pubs/rqepdoc_appui/nitrate.pdf)

#### **51- SANTE CANADA**

La qualité bactériologique. Document de support aux « recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada ». 1991

[http://www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/dpc\\_eau\\_qualite/eauguide.htm](http://www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/dpc_eau_qualite/eauguide.htm)

#### **52-TISSIER CHANTAL et al**

L'eau de la planète terre : manuel pédagogique pluridisciplinaire sur le thème de l'eau. 1994. 44 pages : (consulté le 16-09-2015)

<http://soutien67.free.fr/svt/terre/eau/eau.htm>

#### **53-US EPA Washington**

National primary drinking water regulations: ground water rule; proposed rules. Federal Register (National Archives and Records Administration). May 10, 2000, 30194-30274

#### **54-US EPA Washington**

Guidance manual for compliance with the interim enhanced surface water treatment rule: turbidity provisions: Washington DC :EPA 815-R-99-010, 1999.(pagination multiple)

**55-WHO Geneva**

World Health Organization: Guidelines for drinking-water quality. 4th ed. Geneva: World Health Organization, 2011. 541.P.

**56-WHO, UNICEF:** Progress on sanitation and drinking-water: 2014 update. Geneva: World Health Organization, 2014. 75 p.

**57-YAPI H**

Qualité de l'eau de boisson de la ville d'Abidjan : proposition d'un programme de surveillance sanitaire.

Th pharm : Abidjan, 1992, 100.

**58-ZIMROU D, FERLEY JP, COLLIN JF et al**

A follow-up study of gastro-intestinal diseases related to bacteriologically substandard drinking water. Am J Public Health. mai 1987;77(5):582-4.

## RESUME

L'accès à une eau potable est un droit humain fondamental et essentiel à la santé humaine, au bien-être, à la production économique et au développement durable d'un pays.

En Côte d'Ivoire, depuis un certain nombre d'années, plusieurs avancées ont été faites pour améliorer l'accès à l'eau potable à des populations avec un système d'adduction de plus en plus grand.

Cependant, avec le développement de la fourniture en eau, le suivi de la qualité de l'eau dans ces régions reste relégué au second plan.

Ainsi, dans le but d'évaluer la qualité de l'eau d'adduction publique desservie de 2010 à 2014 dans la ville de Yamoussoukro, nous avons procédé à une étude rétrospective des données analytiques physiques, chimiques et microbiologiques de ces eaux.

Les données des inspections sanitaires ont donc été triées et analysées du point de vue organisationnelle (procédures, nombre de campagne, modes de prélèvement) et du point de vue technique sur la base des normes internationales pour les critères de qualité d'une eau potable.

Au terme de notre étude, nous avons mis en évidence des faiblesses dans le système de contrôle des eaux tel que réalisé en ce moment par l'INHP et un certain nombre de non-conformité de l'eau avec une prédominance pour les paramètres d'origines physico-chimiques.

Nous avons pu identifier et développer des éléments de réponses qui permettront de maintenir un haut niveau de conformité de l'eau de boisson dans cette région pouvant s'appliquer à toute la Côte d'Ivoire et assurer une fourniture constante en eau potable.

**Mots clés :** surveillance sanitaire, eau d'adduction publique