

RUFSO Revue "Université sans Frontières pour une Société Ouverte"

ISSN : 2313-285x (en ligne)

Volume 35: numéro 2

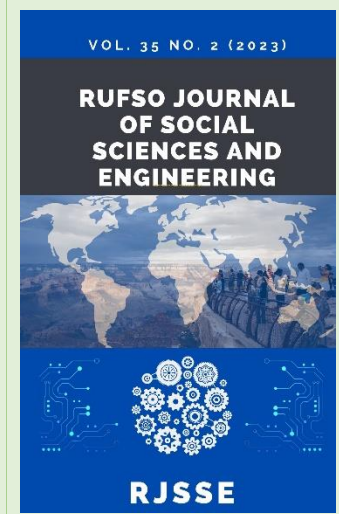
Site Web de la revue: rufso.org**Thèse:**

Langue : Français

Titre : Etude des caractéristiques bactériologiques et physico-chimiques des eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Douala

Auteur : KAMGUEM Jean Ernest

Publiée: Février 2023

Doi : [10.55272/rufso.rjsse](https://doi.org/10.55272/rufso.rjsse)

Etude des caractéristiques bactériologiques et physico-chimiques des eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Douala

KAMGUEM Jean Ernest

Résumé

L'eau est une source de vie de par son caractère indispensable et surtout pour la place importante qu'elle occupe dans notre vie. Cette eau de boisson conditionnée en sachets plastiques est très prisée par les populations du fait de son coût abordable, son caractère rafraichissant, sa facilité de consommation et de son accessibilité. Cependant, la qualité douteuse et le manque d'hygiène constaté autour de sa vente, font craindre des risques sanitaires. C'est dans cette optique que nous nous sommes proposés d'étudier les caractéristiques bactériologiques et physico-chimiques des eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Douala au Cameroun. Notre étude quantitative transversale, à visée descriptive s'est déroulée sur une période de trois mois allant d'avril à juin 2022. Notre étude a consisté à recenser 25 sociétés de fabrication correspondant à 25 marques d'eau en sachets plastiques dans la ville de Douala. Ces eaux en sachets plastiques ont été analysés par la méthode de filtration sur membrane pour la bactériologie et la spectrophotométrie par absorption moléculaire atomique pour la physico-chimie. Les données compilées sur des fiches ont été insérées dans Microsoft Excel 2013 et analysées à l'aide du logiciel SPSS.25.0 La turbidité était non conforme pour toutes nos eaux (100 %). Parlant des solides totaux dissous, 100% des eaux en sachet étaient non conformes. Nous avons noté la présence des métaux lourds dans nos eaux tels que les ptalates et le bisphénol. Toutes nos eaux étaient non conformes aux ptalates. En ce qui concerne les paramètres bactériologiques, toutes les marques d'eaux en sachets étudiées étaient contaminées soit par les coliformes fécaux, les coliformes totaux, les BHAM ou les trois groupes de germes à la fois. Les taux de non-conformité des paramètres bactériologiques et physico-chimiques sont très élevés. Ces eaux en sachets plastiques constituent un danger pour la santé des populations.

Mots clés : Caractéristiques, bactériologiques, physico-chimiques, eau en sachet, Douala.

Abstract

Water is a source of life because of its indispensable nature and especially for the important place, it occupies in our lives. This drinking water, packaged in plastic bags, is highly prized by the population because of its affordable cost, its refreshing character, its ease of consumption and its accessibility. However, the dubious quality and the lack of hygiene around its sale raise fears of health risks. With this in mind, we proposed to study the bacteriological and physico-chemical characteristics of water in plastic bags sold in the city of Douala in Cameroon. Our quantitative, cross-sectional, descriptive study was conducted over a three-month period from April to June 2022. Our study consisted in identifying 25 manufacturing companies corresponding to 25 brands of water in plastic bags in the city of Douala. These plastic sachet waters were analysed by the membrane filtration method for bacteriology and atomic molecular absorption spectrophotometry for physico-chemistry. The data compiled on sheets were inserted into Microsoft Excel 2013 and analysed using SPSS.25.0 software. Turbidity was non-compliant for all our waters (100%). Speaking of total dissolved solids, 100% of bagged water was non-compliant. We noted the presence of heavy metals in our waters such as ptalates and bisphenol. All our waters were non-compliant for ptalates. Regarding bacteriological parameters, all brands of sachet water studied were contaminated with either faecal coliforms, total coliforms, BHAM or all three groups of germs at the same time. The rates of non-compliance of bacteriological and physico-chemical parameters are very high. This water in plastic bags constitutes a danger for the health of the population.

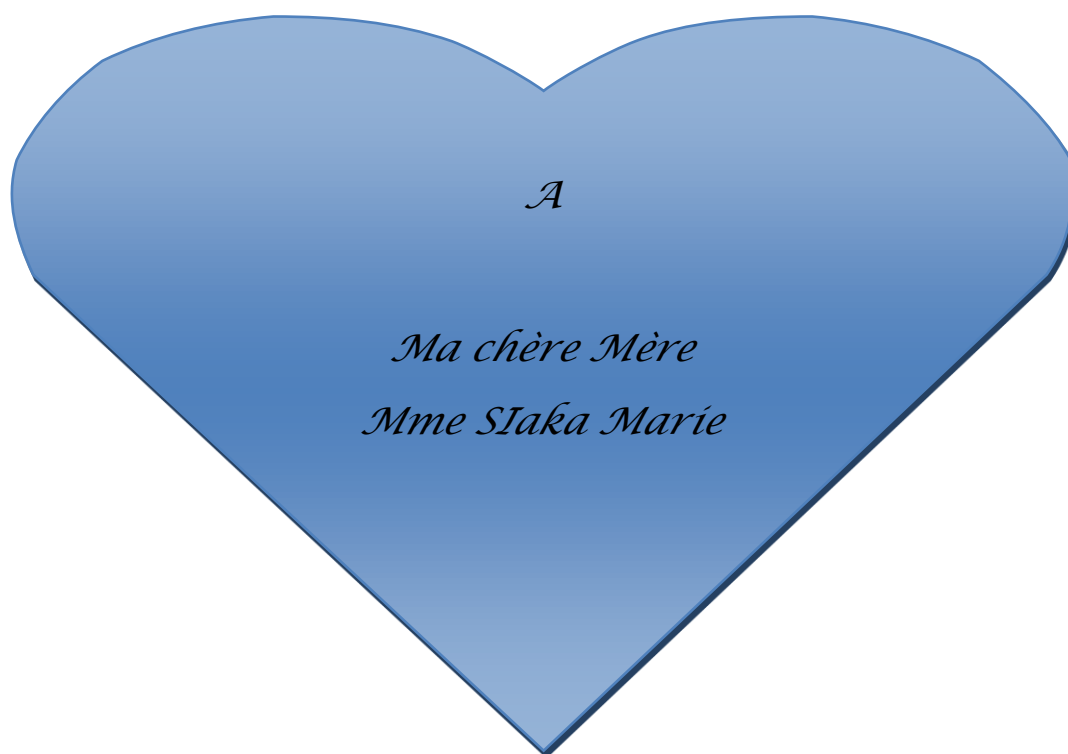
Key words: Characteristics, bacteriological, physico-chemical, sachet water, Douala.



SOMMAIRE

SOMMAIRE	i
DEDICACE	ii
LISTE DES ABREVIATIONS	v
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES	x
RESUME	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCTION	1
I. PROBLEMATIQUE	3
II. QUESTION DE RECHERCHE	4
III-HYPOTHESE DE RECHERCHE.....	4
IV. OBJECTIF D'ETUDE	4
V. INTERET DE L'ETUDE	4
VI. JUSTIFICATION DU CHOIX DU SUJET.....	5
VII. DEFINITIONS DES CONCEPTS	5
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE	9
I. GENERALITES SUR LES EAUX DE CONSOMMATION.....	9
II. LES NORMES DE LA POTABILITE DE L'EAU.....	11
III. TECHNIQUE SIMPLE DE TRAITEMENT DES EAUX	20
CHAPITRE II MATERIELS METHODES	24
CHAPITRE III : RESULTATS	36
I- CARACTERISTIQUES BACTERIOLOGIQUES DES ECHANTILLONS D'EAU EN SACHETS PLASTIQUES	37
CONCLUSION.....	67
RECOMMANDATIONS	69
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	70
ANNEXES.....	70

 **DEDICACE**



REMERCIERMENTS

La rédaction de ce mémoire a été possible grâce à l'aide du Dieu Tout Puissant qui a disposé pour nous la force, la santé, le courage et la détermination durant nos études en Biologie clinique.

Nous tenons à adresser nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à la production de ce travail scientifique. Nous pensons particulièrement :

- AU Président Directeur Général de l'IUSTY, Dr XAVIER ZINGUI MESSOMO pour ses conseils et ses encouragements tout au long de notre formation,
- A notre Directeur de mémoire Dr NGUEPIDJO GILBERT, pour sa rigueur dans le travail, sa disponibilité, son sens de l'orientation et pour avoir développé en nous le culte de l'effort personnel,
- A mon encadreur professionnel Dr KAPSO Mireille pour sa disponibilité, la rigueur dans le travail
- A nos responsables pour leurs conseils et leur souhait de nous voir réussir,
- A tous les dirigeants et enseignants de IUSTY pour leurs enseignements et leur encadrement,
- A ma chère et adorable épouse pour son soutien inconditionnel,
- A ma famille pour ses encouragements, son soutien moral et financier,
- A mes camarades de promotion en Master, qui m'ont appris à donner le meilleur de moi-même, pour l'harmonie qui a régné entre nous pendant les deux ans,
- A tous ceux qui nous ont aidés d'une manière ou d'une autre, qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

LISTE DES ABREVIATIONS

AQF : Aquafrick

BEA : Bile Esculine Azide

BIIDD : Bureau International d'Ingénierie et de Développement Durable

BHAM : Bactérie Hétérotrophe Aérobie Mésophile

C E : Conductivité Electrique

E. coli : *Escherichia coli*

EMB : Eosine Méthylène bleu

MES : Matières en Suspension

ODD : Objectifs pour le Développement Durable

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

ONU :Organisation des Nations Unies

PCA : Plate Count Agar

PH : Potentiel D'hydrogène

SS : Salmonelle Shigelle

TDS : Solide Totaux Dissous

UE : Union Européenne

UNICEF : Fonds des Nations Unies pour l'Enfance

UFC : Unité Formation Colonie

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Normes OMS des paramètres physico-chimiques pour l'eau potable.....6

Tableau II : Budgétisation pour analyse physico-chimique26-27

Tableau III : Inventaire des types et marques d'eau en sachets recensés.....32

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Répartition de l'eau en fonction des usages dans le monde (Ndounla,2007).	9
Figure 3 : cartes de la ville de douala avec différents points de prélèvements	26
Figure 4: Répartition de BHAM en fonction des échantillons.....	40
Figure 5: Répartition des coliformes totaux en fonction des échantillons	41
Figure 6: Répartition des coliformes fécaux en fonction des marques d'eaux en sachets plastiques	41
Figure 7: Variation d'Acinetobacter en fonction des marques d'eau en sachet	42
Figure 8 : variation d'Aeromonas en fonction des marques d'eaux en sachets plastiques	42
Figure 9 : variation des Compylobacter fonction d'eau en sachets.....	43
Figure 10 : Répartition d'Escherichia coli en fonction des échantillons	43
Figure 11 : répartition de Klebsielle sp en fonction des échantillons d'eaux.....	44
Figure 12 : Répartition des Entérobacter en fonction d'eau en sachets plastiques	45
Figure 13 : Répartition des Helicobacter en fonction des échantillons	45
Figure 14 : Répartition des legionella spp en fonction des échantillons	46
Figure 15 : Répartition des Mycobacterium en fonction d'eau.....	46
Figure 17 : Répartition des salmonelles en fonction des échantillons	47
Figure 18: Répartition des staphylocoques en fonction des échantillons	47
.....	48
Figure 19: Répartition des vibrio en fonction des échantillons	48
Figure 20 : la variation de MES en fonction des échantillons d'eau en sachets	49
Figure 21 : variations des STD en fonction échantillons d'eaux en sachets plastiques .	49
.....	50
Figure22 : variations de la turbidité en fonction des eaux.....	50
Figure 23 : la variation du pH dans les échantillons étudiés	50
Figure 24 : La variation de teneur du Ca ²⁺ dans les échantillons étudiés	51
Figure 25 : la variation de teneur du Mg dans les échantillons étudiés.....	52
Figure 26 : La variation de teneur du potassium dans les échantillons étudiés	53
Figure 27 : La variation de teneur du sodium dans les échantillons étudiés	53
.....	54

Figure 28 : La variation de teneur en nitrates dans les échantillons étudiés..... 54

Figure 29 : La variation du bicarbonate dans les échantillons étudiés 55

Figure 30 : La variation du sulfate dans les échantillons étudiés 55

Figure 31 : la variation en Chlorure dans les échantillons étudiés 56

..... 56

Figure 32 : la variation de teneur en bisphénol dans les échantillons étudiés 56

Figure 33 : La variation de teneur en Phalates dans les échantillons étudiés 57

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Note d'information.....	40-41
Annexe 2 : Fiche d'analyse bactériologique et physico-chimique.....	42
Annexe 3 : Fiche d'enquête.....	43-45

RESUME

L'eau est une source de vie de par son caractère indispensable et surtout pour la place importante qu'elle occupe dans notre vie. Cette eau de boisson conditionnée en sachets plastiques est très prisée par les populations du fait de son cout abordable, son caractère rafraichissant, sa facilité de consommation et de son accessibilité. Cependant, la qualité douteuse et le manque d'hygiène constaté autour de sa vente, font craindre des risques sanitaires. C'est dans cette optique que nous nous sommes proposés d'étudier les caractéristiques bactériologiques et physico-chimiques des eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Douala au Cameroun.

Notre étude quantitative transversale, à visée descriptive s'est déroulée sur une période de trois mois allant d'avril à juin 2022. Notre étude a consisté à recenser 25 sociétés de fabrication correspondant à 25 marques d'eau en sachets plastiques dans la ville de Douala. Ces eaux en sachets plastiques ont été analysés par la méthode de filtration sur membrane pour la bactériologie et la spectrophotométrie par absorption moléculaire atomique pour la physico-chimie. Les données compilées sur des fiches ont été insérées dans Microsoft Excel 2013 et analysées à l'aide du logiciel SPSS.25.0

La turbidité était non conforme pour toutes nos eaux (100 %). Parlant des solides totaux dissous, 100% des eaux en sachet étaient non conformes. Nous avons noté la présence des métaux lourds dans nos eaux tels que les ptalates et le bisphénol. Toutes nos eaux étaient non conformes aux ptalates. En ce qui concerne les paramètres bactériologiques, toutes les marques d'eaux en sachets étudiées étaient contaminées soit par les coliformes fécaux, les coliformes totaux, les BHAM ou les trois groupes de germes à la fois.

Les taux de non-conformité des paramètres bactériologiques et physico-chimiques sont très élevés. Ces eaux en sachets plastiques constituent un danger pour la santé des populations.

Mots clés : Caractéristiques, bactériologiques, physico-chimiques, eau en sachet, Douala.

ABSTRACT

Water is a source of life because of its indispensable nature and especially for the important place, it occupies in our lives. This drinking water, packaged in plastic bags, is highly prized by the population because of its affordable cost, its refreshing character, its ease of consumption and its accessibility. However, the dubious quality and the lack of hygiene around its sale raise fears of health risks. With this in mind, we proposed to study the bacteriological and physico-chemical characteristics of water in plastic bags sold in the city of Douala in Cameroon.

Our quantitative, cross-sectional, descriptive study was conducted over a three-month period from April to June 2022. Our study consisted in identifying 25 manufacturing companies corresponding to 25 brands of water in plastic bags in the city of Douala. These plastic sachet waters were analysed by the membrane filtration method for bacteriology and atomic molecular absorption spectrophotometry for physico-chemistry. The data compiled on sheets were inserted into Microsoft Excel 2013 and analysed using SPSS.25.0 software.

Turbidity was non-compliant for all our waters (100%). Speaking of total dissolved solids, 100% of bagged water was non-compliant. We noted the presence of heavy metals in our waters such as ptalates and bisphenol. All our waters were non-compliant for ptalates. Regarding bacteriological parameters, all brands of sachet water studied were contaminated with either faecal coliforms, total coliforms, BHAM or all three groups of germs at the same time.

The rates of non-compliance of bacteriological and physico-chemical parameters are very high. This water in plastic bags constitutes a danger for the health of the population.

Key words: Characteristics, bacteriological, physico-chemical, sachet water, Douala.

INTRODUCTION

« Nous buvons 90 % de nos maladies », disait Louis Pasteur à la fin du XIX^e siècle. 3,5 milliards de personnes boivent chaque jour de l'eau dangereuse ou de qualité douteuse. 1,8 milliard de personnes consomment une eau contaminée par des matières fécales et 3 ménages sur 4, en Afrique subsaharienne, vont chercher leur eau hors du domicile. Ainsi, l'eau peut être le vecteur de nombreuses maladies (***solidarités internationale, 2017***).

361 000 enfants de moins de cinq ans meurent chaque année de diarrhée causée par un accès inadéquat à l'eau. Soit plus de 1 000 enfants par jour. 842 000 personnes meurent chaque année de simples diarrhées. 50% des cas de sous-nutrition infantile dérivent de diarrhées à répétition et d'infections intestinales liées à une eau non-potable, un assainissement inadéquat ou une hygiène insuffisante. 2,6 millions de personnes meurent chaque année en raison des maladies liées à l'eau et à un environnement insalubre (***solidarités internationale, 2017***).

La consommation d'une eau souillée contenant des microorganismes pathogènes, est donc à l'origine de nombreuses maladies. Elle constitue un véritable problème de santé publique. L'accès à une eau saine constitue, en effet une condition indispensable à la santé, un droit élémentaire et une composante clé des politiques de protection sanitaire.

En 2017, un nouveau rapport commun de l'UNICEF (Fonds des Nations Unies pour l'Enfance) et de l'organisation Mondiale de la Santé (OMS), estimait à 2,1 milliards de personnes soit 30% de la population mondiale ne disposent pas de services d'alimentation en eau potable gérés en toute sécurité. En effet plusieurs sources ont rapporté une forte prévalence des maladies hydriques liées à la consommation d'eaux de mauvaise qualité : gastro-entérite (diarrhées), la bilharziose (schistosomiase), la dracunculose (ver de guinée) (***Valentin et al ,2017***).

Il apparaît donc clairement pour que les populations se portent mieux, il faut des efforts pour la fourniture en quantité et en qualité une eau de bonne qualité. C'est pourquoi

cette question constituait l'une des cibles des Objectifs du Millénaire pour le Développement adoptés par le système des nations unies dans les années 2000 (**ONU, 2015**). A l'heure du bilan, même les résultats atteints ont été satisfaisants à savoir l'atteinte de l'objectif qui était de réduire de moitié, la population mondiale n'ayant pas accès à des sources d'eau potable, il n'en demeure pas moins que les efforts doivent être poursuivis et même renforcés pour garantir un accès universel à cette précieuse ressource (**ONU, 2015**). On comprend alors, la prise en compte de la problématique de l'eau, non pas en terme d'accessibilité uniquement mais également et surtout en terme de qualité comme objectif dans les Objectifs du Développement Durable (ODD), nouveau référentiel pour les interventions du système des nations unies (**ONU, 2015**).

Aux vues de ce qui précède, nous nous sommes proposé d'évaluer les caractéristiques bactériologiques et physico-chimiques des eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Douala.

Notre travail sera organisé selon le plan ci-après :

Introduction

Chapitre I : Revue de littérature

Chapitre II : Matériels et méthodes

Chapitre II : Résultats

Chapitre IV : Discussion

Et enfin, une Conclusion

I. PROBLEMATIQUE

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime que 88% des maladies diarrhéiques sont provoquées par une eau insalubre, un assainissement insuffisant et une mauvaise hygiène. En conséquence, plus de 4500 enfants meurent chaque jour de diarrhée et autres maladies. Pour chaque enfant qui meurt, d'innombrables autres personnes, y compris des enfants plus âgés et des adultes, souffrent d'une mauvaise santé et manquent des opportunités d'emploi et d'éducation (**Nanfack ,2014**). En Europe, bien que n'étant pas un continent aride, l'approvisionnement en eau est désormais un problème pour l'Union Européenne. La raréfaction de la ressource en eau est un phénomène de plus en plus fréquent et inquiétant qui touche au moins 11% de la population européenne et 17% du territoire de l'UE (**CE, 2010**). En Afrique où la carence en eau potable est un problème majeur, plus de 1,8 million de personnes meurent chaque année de maladies venant des mauvaises qualités de l'eau.

Au Cameroun, le nombre de cas des maladies hydriques augmente au fil du temps, surtout dans les zones dépourvues des sources d'eaux potables. Malgré l'existence de multiples cours d'eau dans ce pays, l'accès à l'eau potable reste un problème. Plusieurs auteurs ont traité cette problématique (**Nanfack ,2014**). A l'exception des deux grandes villes métropolitaines du pays (Yaoundé, Douala) où 80% de la population ont accès à une source d'eau améliorée, le problème d'accès à l'eau potable est remarquable dans les villages et d'autres villes du pays. Moins de 40% des habitants en zones rurales et 65 % dans les villes moyennes ont accès à l'eau de boisson saine (**Nanfack ,2014**).

La commercialisation de l'eau exige des autorisations des ministères de tutelle, mais surtout des tests approfondis pour garantir l'innocuité de l'eau avant qu'elle ne soit mise sur le marché. De nombreux vendeurs et revendeurs ont investi les rues de Douala revendant à partir de 50F CFA un sachet d'eau. Toutefois, ces revendeurs opèrent en toute illégalité, sans l'agrément des autorités compétentes. La vente et la distribution de l'eau se fait dans des conditions précaires. La chaîne de fabrication et de commercialisation des eaux, dont la qualité sanitaire est douteuse, n'est pas exempte de risques sanitaires. En effet, une eau de mauvaise qualité peut être à l'origine de conséquences dramatiques pour le consommateur

du fait de mauvaises conditions de fabrication et de conservation subies par ces eaux entraînant leur altération. En d'autres termes, il est indispensable d'évaluer la qualité de ces eaux afin de parer à toute éventualité susceptible de porter préjudice à la santé du consommateur d'où l'intérêt des analyses microbiologiques et physiques et chimiques de ces eaux de boisson.

Face à ces réalités, une grande partie des ménages dans les villes du Cameroun (Douala) s'approvisionnent en eau en sachets plastiques.

II. QUESTION DE RECHERCHE

Les eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Douala sont-elles propres à la consommation humaine ?

III-HYPOTHESE DE RECHERCHE

Les eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Douala sont impropres à la consommation humaine.

IV. OBJECTIF D'ETUDE

1.1. OBJECTIF GENERAL

Evaluer les caractéristiques bactériologiques et physico-chimiques des eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Douala.

1.2. OBJECTIFS SPECIFIQUES

- Déterminer les caractéristiques bactériologiques des eaux en sachets plastiques vendues à Douala.
- Déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux en sachets plastiques vendues à Douala.
- Etablir la corrélation entre les caractéristiques biotiques et abiotiques

V. INTERET DE L'ETUDE

Ce travail présente les intérêts sur plusieurs plans :

- **Sur le plan Scientifique** : contribuer à la recherche sur les maladies hydriques et évaluer les qualités bactériologiques, physico-chimiques des eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Douala.
- **Sur le plan sanitaire** : Cette étude permettra de réduire la prévalence des maladies hydriques liées à la consommation des eaux en sachets plastiques vendues à Douala.

Sur le plan socio-économique : Cette étude permettra d'instruire les populations sur la qualité hygiénique des eaux en sachets plastiques vendues à Douala et de diminuer les importantes sommes d'argent utilisés pour le traitement des maladies hydriques.

- **Sur le plan personnel** : Cette étude nous permettra de contribuer à la connaissance des germes transmis par l'eau de boisson et les facteurs qui favorisent cette transmission.

VI. JUSTIFICATION DU CHOIX DU SUJET

Les raisons ayant motivé le choix de ce thème sont en rapport avec les observations faites dans notre environnement. En effet, nous avons constaté que les eaux vendues en sachets sont les causes majeures des maladies hydriques. À cet égard, nous avons été témoin et marquées par le cas d'un enfant de 5 ans chez qui l'eau en sachet avait causé une diarrhée chronique au point où, la maman arrivait avec lui il était dans un état de déshydratation sévère et avait risqué la mort. Cette situation touchante nous a poussés à initier ce travail sur les eaux en sachets afin de comprendre et d'étudier les caractéristiques des eaux en sachets, car une eau mal traitée peut contribuer à la mort d'un individu.

VII. DEFINITIONS DES CONCEPTS

VII.1. Définition de l'eau

L'eau est un corps liquide incolore, inodore, à température et pression ordinaire dont les molécules sont composées d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (**OMS, 2020**) On dit qu'elle est source de vie, vue l'importance qu'elle occupe à l'instar des autres éléments indispensables à l'alimentation et aux besoins physiologiques de l'homme (**OMS, 2020**).

VII.2. Eau Potable

Une eau potable se définit comme celle dont la consommation est sans danger pour la santé.

L'eau potable doit satisfaire aux normes relatives aux paramètres :

- Organoleptiques (couleur, turbidités, odeur, saveurs)
- Physico –chimiques (températures, PH, etc...)
- Microbiologiques (coliformes fécaux et totaux, streptocoques fécaux)
- Substances indésirables et toxiques (nitrate, nitrite, arsenic, plomb, hydrocarbure, (**OMS, 2020**).

VII.3. Eau non conventionnelle

On appelle eau non conventionnelle, l'eau d'origine diverses d'emballage recyclée mise en bouteille et qui se démarque par l'absence de conformisme aux règles morales ou légales (**OMS, 2019**).

VII.4. Norme de l'eau selon l'OMS

Selon l'OMS, une eau potable devrait être constituée selon le tableau ci-dessous comme suit (**OMS, 2019**):

Tableau I : Concentration de quelques paramètres bactériologique des eaux en sachets plastiques

N	SUBSTANCES	UNITES	NORMES
1.	Acinobacter	UFC/ml	0UFC/1000ml
2.	Aeromonas	UFC/ml	0UFC/1000ml
3.	BAHAM	UFC/ml	0UFC/1000ml
4.	Coliformes fécaux	UFC/ml	0UFC/1000ml
5.	Coliformes Totaux	UFC/ml	0UFC/1000ml
6.	<i>Campylobacter</i>	UFC/ml	0UFC/1000ml
7	<i>E.coli</i>	UFC/ml	0UFC/1000ml
7.	<i>Klebseilla</i>	UFC/ml	0UFC/1000ml
8.	<i>enterobacter</i>	UFC/ml	0UFC/1000ml
9.	<i>Helicobacter</i>	UFC/ml	0UFC/1000ml
10.	<i>Legionella</i>	UFC/ml	0UFC/1000ml
11.	<i>Mycobacterium</i>	UFC/ml	0UFC/1000ml
12.	<i>Pseudomanas</i>	UFC/ml	0UFC/1000ml
13.	<i>Salmonella</i>	UFC/ml	0UFC/1000ml
14.	<i>staphylococcus</i>	UFC/ml	0UFC/1000ml

Tableau II : Paramètres physiques des eaux en sachets plastiques

N	SUBSTANCES	UNITES	NORMES
1.	Couleur	(pH)	0ppm
2.	température	(C ⁰)	25
3.	MES	(mg/L)	0mg/L
4.	STD	(mg/L)	0mg/L
5.	Turbidité	(FTU)	<2.5

Tableau III : Paramètres chimiques des eaux en sachets plastique

N	substance	Unités	Normes
1.	pH	(UC)	6,5 - 8,5
2.	Calcium	mg/L	< 270
3.	Magnesium	mg/L	< 50
4.	Potassium	mg/L	< 20
5.	Sodium	mg/L	3,5
6.	Nitrate	mg/L	< 50
7.	Bicarbonate	mg/L	<250
8.	Sulfate	mg/L	< 400
9.	Chlorure	mg/L	< 250
10.	Bisphenol	mg/L	<50
11.	Phtalates	mg/L	<50

**Tableau IV : Paramètres chimiques de quelques ions chimiques des eaux
en sachets plastiques**

Teneur en ions	Concentration
Teneur en Sulfate (SO ₄)	≤ 250 mg/l
Teneur en Potassium (K)	≤ 12 mg/l
Teneur en Magnésium (Mg 2+)	50 mg/l
Teneur en chlorure (Cl ⁻)	≤ 200 mg/l
Teneur en Sodium (Na ⁺)	150mg/l

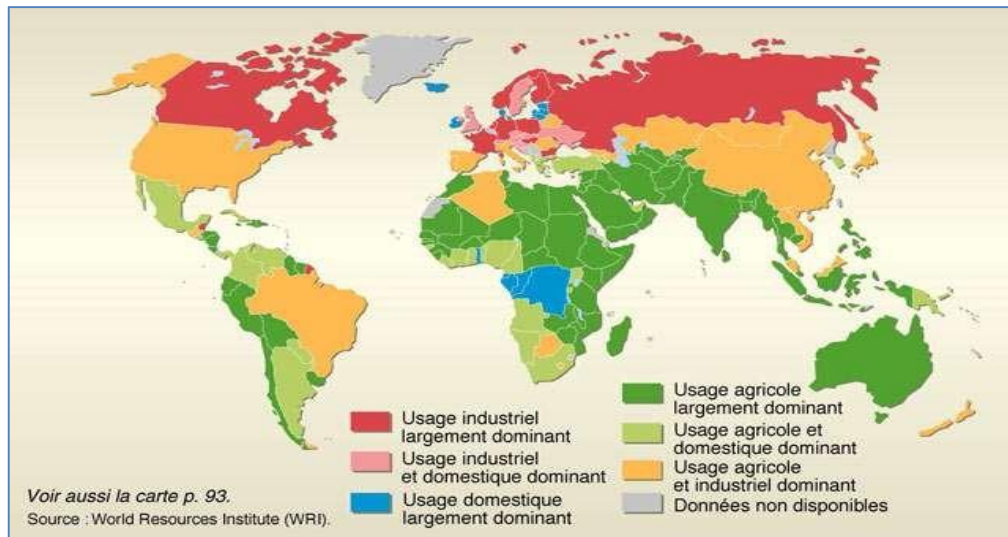
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE

I. GENERALITES SUR LES EAUX DE CONSOMMATION

I.1 Ressources en eau dans le monde

Près de 97% de l'eau sur terre se trouvent sous forme d'eau salée des mers et des océans. Dans les 3% restant, seulement 0,4% sont disponibles comme eau douce accessible pour assurer les besoins en eau pour la boisson et les activités ménagères. Mais l'augmentation des sources de pollution à la fois industrielles agricoles et domestiques, la dégradation de la qualité de cette eau douce augmente graduellement d'année en année Cette eau se repartie en fonction des besoins des différentes activités courantes. Cette utilisation varie d'un lieu à un autre, d'un pays à un autre et même d'une région à une autre (**Ndounla, 2007**).

L'Afrique ne manque pas d'eau. Le continent dispose d'importantes ressources en eau. Il lui manque en revanche les infrastructures de distribution et d'assainissement qui permettent aux populations d'accéder à l'eau potable. Le niveau souterrain du continent africain recèle plus de 600 000 km³ de réserves d'eau. Cette ressource est cent fois supérieure à la quantité d'eau en surface. Pourtant, 330 millions d'Africains n'ont pas accès à l'eau potable



(**Ndounla, 2007**).

Figure 1 : Répartition de l'eau en fonction des usages dans le monde (Nounla,2007).

I.2 Ressources en eau au Cameroun

Le Cameroun, possède quatre principaux bassins hydrographiques nationaux représentés par les bassins. L'essentiel des ressources en eau provient des précipitations. La saison des pluies, y est soumise à de fortes variations inter annuelles. La pluviométrie moyenne est de 748 mm pour l'ensemble du pays.

Selon certaines projections, le Cameroun pourrait se retrouver en situation de stress hydrique si des efforts ne sont pas faits pour une bonne gestion de la ressource (**Di Hu, 2015**).



Figure 2 : Projection de la situation hydrique de l'Afrique à l'horizon 2025 (Di Hu, 2015).

I.3 L'émergence du marché de l'eau conditionnée

Le principe du conditionnement de l'eau, en tant que produit commercial n'est pas fondamentalement contesté, ni en occident, ni en Afrique. Par son traitement et son emballage, l'eau devient un « produit » alimentaire qui l'isole du vaste ensemble « eau potable ». Par rapport à l'eau du robinet, cette eau embouteillée ou ensachée représente un produit complémentaire et optionnel, dont l'unique fonction d'être bu. La montée en flèche du chiffre d'affaire des industries minières au cours des dernières décennies indique que l'on

est passé d'un caractère anecdotique et marginal à un phénomène durable de grande ampleur. Le succès du plastique PET (polyéthylène téréphtalate) et du sachet plastique, mis au point à la fin des années 1980, a certainement contribué à cet essor. Beaucoup plus léger et moins cassant que le verre, le PET s'est également imposé aux autres matières plastiques comme le PVC (polychlorure de vinyle) qui a comme inconvénient majeur de dégager du chlore en se consommant (**Valentin, 2010**).

1.4 L'eau en sachet

Le conditionnement de l'eau en sachet plastique, à Douala relève principalement du secteur informel de l'économie. Ce secteur d'activité est très dynamique et de nouvelles sociétés voient le jour chaque année. La consommation de l'eau en sachet est très répandue dans les classes moyennes et défavorisées. Les observations effectuées sur le marché local montrent qu'il s'agit d'un mode de conditionnement qui s'adresse aux consommateurs, pour qui le prix d'une bouteille d'eau minérale, même locale, est trop élevé. Le volume de l'eau ensachée est de 250, 300 et 400 ml (**Valentin, 2010**).

De façon générale une eau de bonne qualité ne doit pas contenir de germes pathogènes. Ainsi pour qu'une eau conditionnée soit déclarée conforme, on ne doit pas y dénombrer de colonies de *Escherichia coli*, d'entérocoques ni de *Pseudomonas aeruginosa* dans un volume de 250 ml. De plus elle ne peut en contenir plus de 100 UFC/ml de germes aérobies reviviscibles à 22°C des métaux lourds, pas plus de 20 UFC/ml pour les germes aérobies reviviscibles à 37°C et aucun UFC pour un volume de 50 ml relativement aux bactéries sulfito-réductrices (y compris les spores). Une comparaison avec les critères d'appréciations des eaux distribuées montre que les normes sont plus sévères pour les eaux conditionnées (**Valentin, 2010**).

II. LES NORMES DE LA POTABILITE DE L'EAU

Une eau potable peut être définie comme une eau qui, lorsqu'elle est bue de façon permanente, ne présente aucun risque pour la santé. Et ceci lorsqu'elle respecte les normes de potabilité. Les normes de qualité de l'eau potables sont très rigoureuses. Elles s'appuient en général sur les travaux médicaux établissant les doses Maximales Admissibles (DMA), c'est-à-dire la quantité de telle ou telle substance qu'un individu peut absorber sans douter

quotidiennement tout au long de sa vie. La qualité Bactériologique doit être assurée en toutes circonstances set faire l'objet d'une surveillance très stricte (**Boucenina, 2018**).

L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène. La qualité microbiologique est évaluée lors des contrôles analytiques réglementaires, par la recherche de bactéries, principalement des germes témoins de contamination fécale. Il est indispensable de toujours contrôler la qualité de l'eau après son traitement et avant sa consommation parce que ce dernier peut être défaillant ou que la qualité de l'eau peut s'altérer avant son arrivée au robinet du consommateur (**Boucenina, 2018**).

II.1. Caractéristique microbiologique de l'eau de boisson

Les directives de l'OMS pour la Qualité de l'Eau potable insistent sur le fait que les maladies infectieuses sont provoquées par les bactéries, virus, protozoaires et helminthes pathogènes, fréquemment présents dans l'eau potable et responsables de problèmes de santé largement répandus.

Bien qu'il existe divers contaminants de l'eau pouvant être nocif pour l'homme, la première priorité est de s'assurer que l'eau potable est dépourvue des microorganismes qui provoquent des maladies (**OMS 2022**).

II.1.1. Principaux groupes de bactériens pathogènes indicateurs de pollution des eaux de boisson

Ce sont les indicateurs microbiens de pollution fécale appelés aussi germes test ou germes témoins de contamination fécale Il s'agit des organismes présents en grand nombre dans les matières fécales humaines ou animales. En général, les indicateurs microbiens ne sont pas eux-mêmes pathogènes chez l'humain. Ce sont des genres et espèces de bactéries dont la présence dans les eaux ne constitue pas en elle-même un risque sur la santé des populations, mais indique l'importance de la pollution biologique des eaux (**Cherif, 2006**).

Leur détection signale un risque de contamination fécale (humaine ou animale) de la masse d'eau ou du réseau de distribution faisant l'objet du contrôle et, par conséquent, la présence possible d'agents entéro-pathogènes (**Goïta, 2014**). On y distingue :

II.1.1.1. Les coliformes totaux

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des *Enterobacteriaceae*.

Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogones, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37°C. Les coliformes comprennent :

Les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*.

Le dénombrement des coliformes totaux est un examen capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement désinfectant, et d'intérêt plus nuancé pour détecter une contamination d'origine fécale (**Boucenina, 2018**).

II.1.1.2. Les coliformes fécaux (coliformes thermo-tolérants)

Ce sont des coliformes qui présentent les mêmes propriétés et caractéristiques des coliformes totaux après incubations à la température de 44°C. Le groupe des coliformes fécaux comprend les espèces suivantes : *Citrobacter*, *freudii*, *Nitrobacter diversus*, *Nitrobacter amalonaticus*, *Enterobacter aérogènes*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Moellerellawis consensus*, *Salmonella* (sous-genre III *Arizona*), *Yersinia enterocolitica* (**Mohamed, 2014**).

La présence de coliformes fécaux dans un milieu aquatique, et plus particulièrement d'*Escherichia coli*, est considérée comme un bon indicateur d'une contamination récente du milieu par du matériel fécal humain ou d'animaux à sang chaud (**Mohamed, 2014**).

II.1.1.3. Principales Espèces bactériennes pathogènes d'origine hydrique des eaux de boisson

Ce sont des bactéries qui peuvent occasionner des maladies par le biais de l'eau suite à l'inhalation du germe à travers les gouttelettes d'eau, parfois suite au contact de l'eau lors des baignades (**Goita, 2014**). Parmi ces bactéries nous pouvons citer :

II.1.1.4. *Escherichia coli*

C'est l'espèce type du genre *escherichia* des entérobactéries. Appelée communément "colibacille" C'est-à-dire. "Bacille a colon". *Escherichia. Coli* est un habitant de L'intestin et les selles des animaux et des reptiles son sang chaud. Cette espèce qui a fait l'objet d'un très grand nombre d'études constitue le modèle des bacilles à Gram-aérobies. La plupart des *E. coli* se multiplie rapidement (18 à 24 h) sur les milieux habituels. Les colonies ont en moyenne 2 même de diamètre, (**Souhila**) et 2 à 4 microns de long sur 0,4 à 0,6 microns de large. Elles sont rondes, plates et a bords réguliers (**Boucenina, 2018**)

II.1.1.5. *Salmonella sp*

Constitue un très grand groupe bactérien, comportant plus de 2000 espèces. Il représente le genre le plus complexe et le plus vaste de la famille des *Entéro –bacteriaceae* (**N'diaye, 2008**).

Les *Salmonelles* sont des bactéries Gram négatif, en bâtonnet, péri triches, aéro-anaérobies facultatives, fermentant le glucose. Ces bactéries sont uréase négative, produisent du H₂O et peuvent décarboxyler certains acides aminés. Les *Salmonelles* réalisent une croissance aisée sur milieu ordinaire à 37°C mais donnent des colonies caractéristiques sur milieu sélectif et spécifique de type SS (*Salmonelle-Shigelle*) ou Hektoen (**N'diaye, 2008**).

Les *salmonelles* sont à l'origine des flambées de fièvre typhoïde liées à l'eau, et des pathologies telles que la gastro-entérite, des toxi-infections alimentaires collectives. Par conséquences désastreuses pour la santé publique (**OMS, 2017**).

II .1.1.6. *Shigella sp*

Les *Shigella sp* sont des bacilles à Gram négatif, non sporulant, non mobiles de la famille des *Enterobacteriaceae*, qui peuvent se multiplier en présence ou en absence d'oxygène (**OMS, 2017**). Les *Shigella sp* peuvent provoquer des maladies intestinales graves, notamment la dysenterie bacillaire. Plus de deux millions d'infections surviennent chaque année, entraînant près de 600 000 décès, principalement dans les pays en développement. La plupart des cas d'infection se produisent chez des enfants de moins de 10 ans. La période d'incubation pour la shigelose est habituellement de 24 à 72 heures. L'ingestion d'à peine 10 à 100 organismes peut entraîner une infection, ce qui est

sensiblement moins que la dose infectieuse de la plupart des autres bactéries entériques. La lutte contre *Shigella* sp. Dans les approvisionnements en eau de boisson est d'une importance particulière pour la santé publique en raison de la gravité de la maladie que ces bactéries provoquent. Les *Shigella* sp. Sont mieux adaptées pour provoquer une maladie chez l'homme que la plupart des autres bactéries entériques pathogènes et sont relativement sensibles à la désinfection (**OMS,2015**)

II.1.1.7. Klebsiella sp

Les *Klebsiella* sp sont des bacilles non mobiles, à Gram négatif, qui appartiennent à la famille des Entero bacteriaceae. Le genre *Klebsiella* comprend plusieurs espèces, notamment *K. pneumoniae*, *K.oxytoca*, *K. planticola* et *K. terrigena* Approximativement 60 à 80 % de tous les *Klebsiella* sp isolés d'excréments et d'échantillons cliniques sont des *K. Pneumoniae* et sont positifs pour le test de coliformes thermotolérants. *Klebsiella oxytoca* également été identifié comme organisme pathogène (**Ainsworth, 2004**).

Klebsiella sp. Peut provoquer des infections nosocomiales. L'eau et les aérosols contaminés constituent une source potentielle dans les hôpitaux et autres établissements de santé. La manipulation fréquente des patients (par exemple,) favorisant sa propagation. Les individus les plus exposés sont ceux dont le système immunitaire est déficient, par exemple les personnes âgées ou les très jeunes enfants, les patients souffrant de brûlures ou de blessures graves, ceux qui sont infectés par le virus de l'immunodéficience humaine (VIH)/syndrome de l'immunodéficience acquise (SIDA) (**Ainsworth**).

II.1.1.8. Streptocoque sp

Description générale : Ce sont des cocci gram positif mesurant 0,7 à 1µm de diamètre. Ils se présentent sous forme de chaîne de cocci associés. Contrairement à *E. coli*, les entérocoques permettent de dater et de situer l'origine de la contamination. Ils sont utilisés pour préciser la signification des résultats douteux et de recherche de coliformes). Ils sont spécifiques de la flore intestinale de l'homme, des animaux et sont considérés comme des indicateurs secondaires (**Redjem, 2018**).

II.2. Qualité physico-chimique de l'eau

II.2.1. Qualité physique de l'eau

L'apparence, le goût et l'odeur de l'eau de boisson doivent être acceptables pour le consommateur. Les caractéristiques physiques de l'eau de boisson sont en général des critères que l'on peut mesurer avec nos propres sens : turbidité, couleur, goût, odeur et température. En général, nous jugeons que l'eau de boisson a de bonnes qualités physiques si elle est claire, a bon goût, n'a pas d'odeur et est fraîche. Les contaminants physiques n'ont généralement pas eux-mêmes d'effet direct sur la santé ; cependant leur présence peut être liée à un risque plus élevé de contamination microbiologique ou chimique pouvant être dangereuse pour la santé humaine (*OMS, 2007*). Parmi ces paramètres illustrés plus haut nous pouvons entre autre présenter :

II.2.2 La couleur

L'eau de boisson peut être influencée par la présence de substances organiques colorées et de certains métaux comme le fer, le manganèse et le cuivre. (*N'diaye, 2008*).

II.2.3. La température

L'OMS ne donne pas de valeur guide concernant la valeur de la température. L'eau froide est généralement plus appréciée que l'eau chaude et la température aura un impact sur l'acceptabilité d'un certain nombre de constituants inorganiques et de contaminants chimiques qui peuvent affecter le goût. Une température élevée de l'eau (20 –30 °C) peut aussi favoriser la croissance des microorganismes et peut accroître les problèmes liés au goût, à l'odeur, à la coloration et à la corrosion. La température adéquate de l'eau de boisson se situe entre 4 et 10°C, et les températures supérieures à 25°C sont généralement très désagréables (*Redjem, 2018*).

II.2.4. Turbidité

La turbidité est généralement provoquée par des particules de sable, limon et argile en suspension, qui n'est pas dangereuses en faibles quantités. Cependant, de plus hauts niveaux de turbidité sont souvent associés à de plus hauts niveaux de virus, parasites et certaines bactéries car ils peuvent parfois se fixer aux impuretés dans l'eau. Nous devons

donc faire attention à l'eau turbide car elle contient en général davantage d'agents pathogènes, et la boire augmente les chances de tomber malade. L'eau de boisson doit avoir une turbidité inférieure à 5 NTU. Si elle est supérieure, il faut effectuer une sédimentation et/ou filtration pour en réduire le niveau. Le graphe ci-dessous montre comment la contamination microbiologique (indiquée par *E. Coli*) peut augmenter avec la turbidité (**CFPTEP, 2015**).

II.2.5. Les matières en suspension(MES)

Sont des particules en suspension (sable, argile produits organiques, particules de produits polluant, micro-organismes...) qui donnent un aspect trouble à l'eau. Les particules en suspension interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'absorption, aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les micro-organismes. En particulier, les argiles et les particules Organiques ayant, une large surface d'absorption constituent un support idéal pour les ions, les molécules diverses et les agents biologiques. De ce fait, ils peuvent constituer un vecteur pour la pénétration de ces produits dans l'organisme (**OMS, 2017**).

II.2.6. Qualité chimique de l'eau

L'eau peut contenir des produits chimiques bénéfiques ou nocifs pour notre santé. De nombreux produits chimiques arrivent jusque dans notre eau potable par l'effet de processus naturels et l'activité humaine. Les produits chimiques naturels, tels que l'arsenic, le fluorure, le soufre, le calcium et le magnésium, sont généralement présents dans les eaux souterraines. L'activité humaine peut ajouter d'autres produits chimiques tels que l'azote, le phosphore et les pesticides dans nos eaux souterraines, de surface et de pluie. De nombreux pays en développement connaissent Un Accroissement de l'activité industrielle sans un respect strict des lois et règlements sur l'environnement. En conséquence, les sources d'eau sont de plus en plus contaminées par les déchets chimiques industriels. Bien que la contamination microbiologique soit la principale menace pour la santé publique, la contamination chimique peut être une préoccupation majeure dans certains cas. L'eau peut être chimiquement polluée par des causes naturelles (ex : l'arsenic, le fluorure) ou par l'activité humaine (ex : nitrates, métaux lourds, pesticides) (**UNICEF,2008**). Parmi ces

paramètres cités plus haut nous pouvons entre autres présenter :

II.2.7. Solides Dissous Totaux(TDS)

Les solides dissous totaux (TDS) sont constitués par des sels inorganiques (principalement le chlorure de sodium, le calcium, le magnésium et le potassium) et de faibles quantités de matière organique dissous dans l'eau. La saveur de l'eau dont le niveau de matières solides totales dissoutes (TDS) est inférieur à environ 600 mg/l est généralement considéré comme bonne ; l'eau de boisson devient significativement et progressivement imbuvable quand les niveaux de TDS dépassent environ 1000mg/l. Aucune valeur guide reposant sur des arguments sanitaires n'a été proposée pour les TDS. L'eau potable ayant des concentrations élevées de solides dissous totaux ne rendra pas malade. Bien qu'il n'y ait pas de problème de santé direct, les concentrations en TDS supérieures à 1200mg/L provoquent un goût amer ou salé.

Certaines personnes perçoivent un goût salé dans l'eau à de niveaux d'environ 500mg/L, ce qui peut les inciter à ne pas l'utiliser et à choisir une autre source d'eau à la place, peut-être contaminée. L'eau ayant une concentration extrêmement faible en TDS (ex : eau de pluie) peut aussi être inacceptable en raison de son goût fade (**UNICEF, 2008**).

II.2.8. L'Azote ammoniacal

Il se présente sous la forme toxique NH_4^+ . Sa présence dans les eaux traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Il peut se transformer en nitrite et nitrate par oxydation (**OMS, 2008**).

II.2.1.1. La conductivité électrique(CE)

C'est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. La présence de produits chimiques (comme les ions calcium et magnésium) donne cette capacité à l'eau. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et d'en suivre l'évolution (**CFPTEP, 2015**).

II.2.1.2. Le pH

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. Lorsque le pH est supérieur à 8 il y a diminution progressive de l'efficacité de contamination microbienne par le chlore. Le Ph agit indirectement sur la santé dans la mesure même où il influe sur les différents procédés du traitement destiné à éliminer les virus, les bactéries et autres organismes nocifs. L'OMS préconise pour l'eau destinée à la consommation humaine un pH compris entre 6, 5 et 8,5 (**CFPTEP, 2015**).

II.2.1.3. Fluorure

Le fluorure est naturellement présent dans les eaux souterraines et dans certaines eaux de surface. L'eau potable est généralement la principale source d'exposition au fluorure. Le fluorure est ajouté dans le but de protéger les dents dans les systèmes d'eau de certaines villes et dans des produits de consommation comme les dentifrices et bains de bouche. A des doses plus importantes sur une longue durée, il peut provoquer une fluorose dentaire et abîmer les dents des personnes en les tachant et les piquants. Au bout de nombreuses années, le fluorure peut s'accumuler dans les os, provoquant une fluorose osseuse dont les effets se traduisent par une raideur et des douleurs au niveau des articulations. Dans les cas graves, il peut provoquer une modification de la structure osseuse et des paralysies. C'est pour les nourrissons et les jeunes enfants que des niveaux élevés de fluorure présentent le plus de risques, car leurs corps sont en train de grandir et de se développer. Analyse de Qualité de l'Eau de boisson actuellement il n'existe pas de traitement efficace pour la fluorose la seule protection consiste à boire de l'eau présentant des niveaux non dangereux de fluorure (**OMS, 2017**).

II.2.1.4. Le phosphate

L'absorption quotidienne recommandée de phosphate va de 240 mg pour les nourrissons à 120mg pour les femmes qui allaitent. Les eaux naturelles n'en contiennent pratiquement pas. Ils proviennent des pollutions :

- Fécales 1 à 2 gramme/personne/jour

- Agricoles par lessivage des engrais phosphatés.

Bien que non toxiques, les phosphates présents dans l'eau peuvent occasionner des troubles digestifs à cause de leur effet tampon. Le taux limite est de 5 mg/L en P₂O₅. (**OMS, 2015**)

II.2.1.5. Potassium

Le potassium est un élément naturel indispensable à la croissance du vivant. Cependant sa présence en excès dans l'eau est un indice de pollution par les effets agricoles sou d'industries agro-alimentaires (**CFPTEP, 2015**).

II.3. Caractéristique microbiologique de l'eau de boisson

Les Directives de l'OMS pour la Qualité de l'Eau potable insistent sur le fait que les maladies infectieuses sont provoquées par les bactéries, virus, protozoaires et Helminthes pathogènes, fréquemment présents dans l'eau potable et responsables de problèmes de santé largement répandus. Bien qu'il existe divers contaminants de l'eau pouvant être nocif pour l'homme, la première priorité est de s'assurer que l'eau potable est dépourvue des microorganismes qui provoquent des maladies (**OMS, 2006**).

III. TECHNIQUE SIMPLE DE TRAITEMENT DES EAUX

III.1. Traitement physique et microbiologique

On distingue classiquement trois grandes techniques pour traiter les pollutions de l'eau d'origine physique et microbiologique :

III.1.1. La sédimentation

Permet le dépôt de particules de matières présentes dans l'eau. Une fois déposées, ces particules de matières peuvent être retirées plus facilement, ainsi que les microorganismes fixés sur ces particules. La sédimentation permet d'améliorer la qualité physique et microbiologique d'une eau (**Dénis, 2012**).

III.1.2. La filtration

Permet, en faisant passer l'eau à travers un milieu poreux, de retenir les éléments solides (ainsi que les microorganismes) dont la taille est supérieure aux trous du filtre (une taille en général de l'ordre du nano ou du micromètre). La filtration permet d'améliorer la qualité physique et microbiologique d'une eau (*PS Eau, 2018*).

III.1.3. La désinfection

Visé à tuer les microorganismes présents dans l'eau. La désinfection permet d'améliorer uniquement la qualité microbiologique d'une eau.

Sédimentation, filtration et désinfection sont souvent utilisées de manière complémentaire : la sédimentation permet de retirer les plus grosses particules, la filtration permet de retirer les particules de granulométrie plus fine qui n'ont pas sédimenté, et la désinfection permet de supprimer les micro-organismes qui subsistent suite aux procédés de sédimentation et filtration. Ces trois traitements physiques et microbiologiques sont par ailleurs particulièrement pertinents au regard des enjeux spécifiques du traitement de l'eau à domicile. En effet, les sources de contamination entre le point d'eau et sa consommation (en d'autres termes pendant la collecte, le transport et le stockage à domicile) sont imputables de manière quasi-systématique à l'intrusion de matières en suspension (pollution physique) et de micro- Organismes pathogènes (pollution microbiologique) qui peuvent se décliner avec des succès variables dans les foyers (*PS Eau, 2018*)

III.2. Traitement d'origine chimique

Les traitements mis en œuvre pour lutter contre les contaminations chimiques relèvent pour la plupart :

Soit de la dilution de l'eau contaminée avec une eau potable afin de descendre le taux de substances chimiques à un seuil acceptable, soit de la combinaison de plusieurs traitements. Dans ce cas de figure, à chaque pollution chimique correspond le plus souvent un mode de traitement spécifique. Contrairement aux traitements physiques et microbiologiques, les traitements chimiques sont pour la plupart complexes à concevoir et

plus délicats à mettre en place à l'échelle d'un ménage (*PS Eau, 2018*).

III.3. Hygiène des récipients et des vendeurs

III.3.1. Hygiène des récipients

Au-delà des caractéristiques du dispositif de stockage utilisé, il est nécessaire d'adopter des bonnes pratiques de manipulation de l'eau. Ces comportements hygiéniques incluent :

- Le récipient de stockage doit être uniquement utilisé pour conserver l'eau traitée et doit être nettoyé régulièrement avec de l'eau propre et du savon ou du chlore.
- Le récipient doit être facilement identifiable pour ne pas être confondu avec les autres récipients du ménage. Il peut être utile de lui attribuer une couleur spécifique ou décoller des instructions (écrites ou en images) rappelant le bon usage du récipient privilégié de verser l'eau plutôt que de puiser dans le récipient si celui-ci ne dispose pas de robinet ni d'ouverture étroite. Positionner le récipient en hauteur et à l'ombre pour éviter les risques de contamination liés aux enfants en bas âge, aux animaux et à la poussière (*PS Eau, 2018*).

III.3.2. Hygiène des vendeurs

Pour lutter contre les méfaits de l'eau contaminée, Les vendeurs doivent prendre en compte plusieurs niveaux d'actions sont à en visage.

- **Promouvoir le lavage des mains.** Le lavage des mains, en particulier avec du savon qui permet d'éliminer les germes pathogènes présents au niveau des mains, a donc un impact très important, notamment en matière de réduction des maladies diarrhéiques (de l'ordre de 40 %). La promotion du lavage des mains est une action clé à mettre en œuvre. Elle s'appuie en général sur des campagnes de sensibilisation adaptées aux différents publics (enfants, mères de familles, centres de santé, etc.) et nécessite des filières d'approvisionnement en savon fiables, à des prix accessibles à tous.

- **Faciliter l'accès à l'assainissement.** Les germes pathogènes responsables de la diarrhée sont en grande partie hébergés dans les matières fécales. La réalisation d'ouvrages d'assainissement (en particulier toilettes et douches) vise ainsi à réduire les risques de contamination de l'eau potable par les eaux usées. L'assainissement permet de réduire le risque diarrhéique de l'ordre de 36%.
- **Traiter l'eau sur son lieu de consommation et la conserver sans risque de contamination.** Le traitement de l'eau qui vise à retirer les germes pathogènes présents dans l'eau de consommation, ainsi qu'une conservation adéquate de cette eau, permettent de réduire les risques de contamination associés aux pratiques de consommation. Les études montrent qu'une eau de qualité permet de réduire de 15% les maladies diarrhéiques (*PS Eau, 2018*)

CHAPITRE II MATERIELS METHODES

I. Matériels

I.I Cadre de l'étude collective

Les eaux employées ont été prélevées dans la ville de Douala qui est la capitale économique du Cameroun, c'est un site portuaire situé en bordure de l'océan Atlantique, au fond du golfe de Guinée, à l'embouchure de fleuve Wouri. Cette ville a une superficie de 210 km² et compte environ 3 millions d'habitants, elle concentre près de 20% de la population urbaine du pays et est la plus peuplée d'Afrique Centrale. La figure 3 à la page suivante vous illustrera mieux la ville de Douala. La ville de Douala est limitée :

- A l'Est par le fleuve Dibamba (qui constitue aussi, par la force des choses la frontière de la ville).
- Au Sud par l'axe lourd Douala-Yaoundé
- A l'Ouest par les quartiers Bell et Bépanda
- Au Nord par la zone Akwa-nord.

Les échantillons ont été prélevés dans les quartiers et arrondissements de Douala en raison du fort taux de population dans cette ville. Pour notre étude Nous avons choisies les quartiers ci- après :

- Bonanjo (Arrondissement de Douala 1)
- New Bell (Arrondissement de Douala 2)
- Logbaba (Arrondissement de Douala 3)
- Bonassama (Arrondissement de Douala 4)
- Bependa (Arrondissement de Douala 5)
- Manoka (Arrondissement de Douala 6) ...



Reference : loic22.centerblog.net 2022

Figure 3 : Cartes de la ville de douala avec différents points de prélèvements

Nous incluons dans cette étude toutes les eaux en sachets plastiques d'origine diverse,

II.2. Lieu d'analyse : Technique d'échantillonnage

Pour notre étude nous avons prélevés les échantillons de 06 stations. Une fiche d'enquête a été utilisée pour obtenir des informations sur les sources d'approvisionnement en eau, la nature de l'hygiène, des moyens de conservation utilisés ainsi que les traitements fournis à ces eaux avant la vente. Les analyses bactériologiques et physico-chimiques se sont déroulées au Bureau International d'Ingénierie et de Développement Durable (BIIDD) à la section laboratoire d'analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux et sédiments situé à Emana/ Yaoundé.

II.3. Approche méthodologique

II.3.1. Type de l'étude

Ce travail fait l'objet d'une étude transversale à visée descriptive

II.3.2. Période de l'étude

Une enquête se déroulera sur une période de 3 mois à partir du début d'avril à fin juin 2022.

II.3.3. Méthode de l'étude

II.3.4. Echantillonnage

II.3.4.1. Population cible de l'étude

La population cible ici est constituée d'eaux en sachet plastiques vendues dans la ville de Douala.

II.3.4.2. Technique d'échantillonnage

Dans le cadre de cette recherche, nous avons choisi la technique d'échantillonnage non probabiliste de convenance car, nous voulons obtenir les caractéristiques bactériologiques et physico chimiques de chaque sachet d'eau.

II.3.4.3. Sélection des participants de l'étude

Les eaux en sachets plastiques vendues à Douala

II.3.4.3.1. Critères d'inclusion

Les eaux en sachets plastiques collectées à Douala ayant un bon emballage se trouvant à l'abri de la lumière et de poussière

II.3.4.3.2. Critères d'exclusion

Ont été exclues de cette étude :

- Toutes les eaux en sachet plastiques sans nom de la structure de fabrication

- Toutes les eaux en sachets plastique percées.

II.3.4.3.3. Taille de l'échantillon

Le nombre total était de 25 sachets d'eaux plastiques enrôlés dans notre étude.

I.3.5. Outils de collecte des données

II.3.5.1. Elaboration de l'outil de collecte des données

Dans le cadre de ce projet, nous avons fait recours à un questionnaire. Cet outil sera composé de question sur lesquels le chercheur pourra présenter aux participantes.

II.3.5.2. Procédure de collecte des échantillons

Après avoir obtenu l'approbation du comité scientifique de la recherche de l'Ecole, nous irions sur le terrain pour la collecte des échantillons.

II.3.6. Traitements et analyses des échantillons

Après la collecte des échantillons l'analyse s'est faite à Yaoundé au BIDD (**Bureau International d'Ingénierie et de Développement durable**), section analyse des substances fluides et alimentaires.

II.3.7. Considérations éthiques

II.3.7.1. Validation scientifique du sujet de recherche

Pour la validation scientifique de notre sujet de recherche, notre mémoire de recherche a été présenté devant un jury qui s'est chargé de l'examiner pour s'assurer de la conformité de celui-ci avec les normes scientifiques d'une recherche.

II.3.7.2. Les autorisations administratives

Pour cette étude, nous avons eu besoins d'une autorisation du Directeur de l'IUSTY, Autorisation du Directeur du BIIDD, consentement éclairé, note d'information.

II.4 Mesure des variables bactériologiques

Après le prélèvement, les sachets d'eaux précisés seront étiquetés puis transportés de 4°C à 8°C dans des glacières et envoyés au laboratoire, Les étiquettes porteront Les mentions suivantes :

Numéro de l'échantillon, origine de prélèvement, et moyen de conservation Après acheminement au laboratoire, les analyses bactériologiques. L'analyse bactériologique a été

qualitative et quantitative. Elle a portée sur l'isolement et le dénombrement des bactéries hétérotrophes aérobies mésophiles(BHAM), Coliformes totaux(CT), coliformes fécaux(CF), Entérobactéries (*Escherichia coli*, *Proteus*, *salmonelle*, *shigelle* et *klebsiella*), *Streptococcus sp.*

II.41. Techniques d'isolements utilisées

Pour bien mener notre analyse nous avons utilisés deux techniques pour la recherche des groupes et espèces bactériennes.

II.4.1.1. La technique par étalement en boîtes de Pétri

La technique par étalement en boîte de pétri a été faite en prélevant 100ml de l'échantillon à l'aide d'une pipette automatique. Ce volume a été étalé à la surface du milieu de culture coulé dans les boîtes de pétri de 90 mm de diamètre, jusqu'à assèchement après étalement les milieux seront incubés à l'étude pendant 24 à 48h.

II.4.1.2. La technique des membranes filtrantes

La méthode de filtration sur membrane a consisté à recueillir à la surface d'une membrane filtrante stérile, les bactéries recherchées dans un échantillon. En effet, l'utilisation des membranes filtrantes pour le contrôle de la qualité de l'eau reste la méthode standard, car elle est rapide et sûre Elle consiste à recueillir par filtration à travers une membrane en nitrate de cellulose, de porosité, 45m et de diamètre 47 mm, toutes les bactéries contenues dans un volume déterminé d'eau à analyser ou une dilution de celle-ci. Nous avons analysé 100mL des différents échantillons La membrane est ensuite déposée sur un milieu de culture coulé en boîte de Pétri de 55mm de diamètre. Après incubation à 44°C pendant 18 à 24 heures, les colonies sont identifiées et dénombrées au moyen d'un compteur de colonies. Le nombre d'unités formant colonies (UFC) est multiplié par le facteur de dilution et exprimé en UFC/100MI d'eau selon la formule :

$$\text{Abondances d'UFC/100 mL} = \frac{\text{nombre de colonies dénombrées sur la boîte de Pétri}}{\text{volume d'eau analysée (ml)}} \times 100$$

II.3. Recherche des groupes bactériens

II.4.1. Recherche des BHAM

Nous étalerons 100µl de l'échantillon sur une gélose plate count agar puis incubé à 37°C pendant 24 à 48 heures les colonies observées après incubation étaient blanchâtres. Ensuite on passa au dénombrement par un décomptage des colonies sur le milieu de culture et à le rapporter au volume d'eau analysée.

II.4.1.1. Recherche des Coliforme totaux

Les coliformes totaux contenus dans les eaux échantillonnées ont été recueillis par la technique des membranes filtrantes, Après filtration, la membrane est saisie par son extrême bord avec une pince stérile et déposée délicatement sur le milieu de culture endos puis incubé à 44 ou 44,5°C pendant 18 à 24 H après incubation nous observerons une fermentation du lactose et des colonies de couleur rouge caractéristique des coliformes totaux.

II.4.1.2. Recherche des Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux contenus dans les eaux ont été recueillis par la technique des membranes filtrantes, Après filtration, la membrane est saisie par son extrême bord avec une pince stérile et déposée délicatement sur le milieu de culture endos puis incubé à 35-37°C pendant 18 à 24 H après incubation a observé une fermentation du lactose et des colonies qui apparaissaient rouges ou rouges à éclat métallique doré. Lorsqu'il n'y aura pas fermentation du lactose les colonies seront transparentes.

II.4.1.3. Isolement de *Salmonella sp* sur milieu *Salmonelle-shigelle*

Les *salmonelles* contenues dans les eaux ont été recueillis par la technique des membranes filtrantes, Après filtration, la membrane est saisie par son extrême bord avec une pince stérile et déposée délicatement sur le milieu de culture *salmonelle-shigelle* puis incubé à 37°C pendant 24 à 48 heures. Après incubation Les colonies observées étaient de couleur noire. Le dénombrement des colonies c'est fait au moyens d'un compteur de colonies (qui consistait à faire un décompte des colonies sur milieu de culture et à le rapporté à un volume d'eau analysée).

II.4.1.4. Isolement de shigella sp sur milieu Salmonelle Shigelle

Les *shigelle* contenus dans les eaux ont été recueillis par la technique des membranes filtrantes, Après filtration, la membrane est saisie par son extrême bord avec une pince stérile et déposée délicatement sur le milieu de culture *salmonelle-shigelle puis incubé* à 37°C pendant 24 à 48 heures. Après incubation Les colonies observées étaient de couleur transparente ou incolore. Le dénombrement des colonies c'est fait au moyens d'un compteur de colonies (qui consistait à faire un décompte des colonies sur milieu de culture et à le rapporté à un volume d'eau analysée).

II.4.1.5. Isolement de Klebsiella sp sur EMB

Les *klebsielles* contenus dans les eaux seront recueillis par la technique des membranes filtrantes, Après filtration, la membrane est saisie par son extrême bord avec une pince stérile et déposée délicatement sur le milieu de culture EMB (Eosine bleue de méthylène) *puis incubé* à 37°C pendant 24 à 48 heures. Après Incubation Les colonies observées étaient de couleur bleutées avec un reflet métallique. Le dénombrement des colonies se fera au moyens d'un compteur de colonies (qui consistait à faire un décompte des colonies sur milieu de culture et à le rapporté à un volume d'eau analysée).

II.4.1.6. Isolement Streptococcus sp

Les *Streptocoques* contenus dans les eaux ont été recueillis par la technique des membranes filtrantes, Après filtration, la membrane est saisie par son extrême bord avec une pince stérile et déposée délicatement sur le milieu de culture Bile-Esculine-Azide (BEA) *puis incubé* à 37°C pendant 24 à 48 heures. Après incubation Les colonies observées étaient translucides et entourées d'un halo noir ce halo témoigne de la production du H₂S et de l'hydrolyse de l'esculine en esculétine qui se lie au fer. Le dénombrement des colonies c'est fait au moyen d'un compteur de colonies (qui consistait à faire un décompte des colonies sur milieu de culture et à le rapporté à un volume d'eau analysée).

II.5. Contrôle qualité des milieux de culture

➤ **Contrôle de stérilité** : après préparation des milieux de culture, nous allons mettre

dans une étuve deux boites de pétri pendant 18 à 24 heures, parfois plus en l'absence de culture bactérienne, le milieu stérile sera validé.

- **Contrôle de fertilité** : après préparation des milieux de culture, ensemencement sur 2 des souches bactériennes connues et incubation à température de l'étuve pendant 18 à 24 heures, après incubation si nous observons des colonies bactériennes abondantes, le milieu est fertile ; si pas de pousse bactérienne, le milieu n'est pas fertile.
- **Contrôle de spécificité** : après préparation des milieux de culture spécifique, sera fait l'ensemencement sur ces derniers un germe dont on connaît le nom et l'incubation à l'étuve pendant 18 à 24 heures, après incubation si nous observons cette colonie poussée, alors le milieu est spécifique.

*Analyse physico-chimique.

- analyse physique

-analyse chimique

II-5-SYNTHESE DE LA REVUE DE LA LITTERATURE

Les travaux de recherche basés sur « Etude physico-chimique des bouteilles d'eau conditionnées en poly (éthylène téréphtalate) » réalisé par Cristina en 2011 (**Cristina et al., 2011**) ont montré que la température favorise la diffusion de l'acétaldéhyde et de l'antimoine composés de l'emballage plastique vers l'eau à température ordinaire et à 40°C. Les profils de diffusion des deux substances montrent que carbonatation de l'eau est un accélérateur de la migration, comme attendu. Le manquement de cette étude est que l'auteur n'a pas évalué une transmission possible à travers les bouchons car il dit : En ce qui concerne la migration des molécules de l'emballage de l'eau, la nature des bouchons est un facteur à ne pas négliger. En effet, même si les bouchons ne sont pas en contact direct et permanent avec l'eau, on suspecte que divers composés sont susceptibles de provenir de ces bouchons.

Il découle des travaux portés sur « Transfert du bisphénol A et des éléments traces métalliques des contenants plastiques vers les eaux conditionnées au Burkina Faso : cas de la ville de Ouagadougou) réalisés par **Eric SAWADOGO au Burkina Faso en 2020** que les micropolluants utilisés dans la fabrication des contenants plastiques migrent vers les eaux conditionnées en fonction du temps sous l'effet de certains paramètres physicochimiques et microbiologiques en fonction de la température et en fonction du temps. La lacune qui se

dégage est que l'auteur n'a pas étudié la corrélation entre la matière plastique et les paramètres microbiologiques. La recommandation ici est d'introduire des dispositions précisant les équipements minimums dont doit se doter une unité de production d'eau conditionnée en sachet dans le cahier de charges.

Les travaux de **Diane Armelle MOUSSIMA YAKA** au Yaoundé au Cameroun en 2020 sur « Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines et risques sanitaires dans quelques quartiers de Yaoundé VII, Cameroun » démontrent que les stations S1, W1 et W2 les teneurs en nitrates sont supérieures à la norme. Cette étude recommande à la population d'adopter des attitudes visant à limiter la contamination de la nappe phréatique (assainir leur environnement, respecter les règles d'hygiène et les normes de construction des puits et sources). Elle devrait traiter les eaux souterraines avant toute utilisation.

Les travaux de **AYaouba en 2015 (Ayoub et al., 2015)** sur « Les Caractérisations physico-chimiques des eaux souterraines de la localité de Yamtenga » montrent que les eaux souterraines de Yamtenga sont classées bicarbonatées calciques et magnésiennes pour tous les ouvrages échantillonnés. Les paramètres qui déclassent ces eaux souterraines comme eau de boisson sont le fer, le manganèse et le thallium. Ainsi, la recommandation faite est de procéder à une purification de ces eaux en vue de l'élimination de certains polluants métalliques que sont Fe^{2+} , Mn^{2+} et Tl^{+} . Les cations majeurs présentent un ordre d'abondance du type : $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^{+} > K$. Vu ce travail, la lacune est qu'il a juste fait la physico-chimie sur ces eaux. Sachant qu'il y a des sociétés qui exploitent ces eaux sans traiter pour les vendre en sachet plastiques, notre travail recherchera ces paramètres abiotiques dans les eaux en sachet.

Les travaux de **Qaouiyid Aziz en 2016 (Qaouiyid et al., 2016)** sur « Les Teneurs Métalliques et paramètres physico-chimiques de l'eau et du sédiment de Oued Beht, au Niveau de Sidi Kacem et de Oued R'dom au niveau de Sidi Slimane » montrent que pour les deux zones exposées aux rejets, le pH est alcalin, la température est entre 20°C à 26 °C selon la saison, la conductivité est moyenne, le taux d'oxygène dissous est faible surtout en été, des DBO5 et BCO qui montre que la fraction des rejets non biodégradables n'est négligeable, une dureté des eaux moyenne mais qui est plus calcique que magnésique, une alcalinité moyenne, des teneurs moyennes en orthophosphates, sulfates et substances

azotées. De même, les résultats ont montré que, dans les zones exposées aux rejets des deux villes, la contamination métallique du sédiment est plus élevée que celle de l'eau quoique cette contamination reste moyenne pour ces deux compartiments du biotope. Ainsi, pour toutes les valeurs ou les teneurs des variables physico-chimiques étudiés, nous pouvons conclure que les facteurs « Saison » a un effet sur les caractéristiques physico-chimiques et métalliques du milieu prospecté. Fort de ce précède, le gap est que l'auteur a évalué uniquement les paramètres abiotiques or il peut exister une corrélation entre caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques.

Les travaux de **Olivier en 2020 (Olivier et al., 2020)** sur « Qualité Physico-Chimique et Bactériologique de l'Eau dans le Delta de l'Oueme » montrent que des concentrations de chlorures obtenues varient entre 7,1 mg/L et 580,23 mg/L. Ces valeurs montrent que les eaux de la zone deltaïque ont une concentration élevée en chlorures. Vue ces résultats, nous pouvons affirmer que la qualité de l'eau est l'une des questions les plus préoccupantes de notre temps. Il est recommandé ici que l'appréciation de la qualité des eaux de surface se fait suivant la variation des paramètres physico-chimiques et la teneur des métaux lourds ou éléments métalliques ou traces. De ce qui précède, la lacune est que le chercheur a utilisé une petite taille de l'échantillon.

Les travaux de **EL MOUSTAINE en 2013 au Maroc (EL MOUSTAINE et al., 2013)** sur « Étude de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de certains puits et sources par l'utilisation d'une analyse en composantes principales (ACP) : Une étude de cas de la région de Meknès (MAROC) » stipulent que les activités anthropiques présentent un risque potentiel pour l'environnement, notamment pour les ressources en eaux. Cette étude a montré l'utilité des techniques d'analyses multi variées pour obtenir une meilleure information sur la qualité de l'eau et de prévenir la pollution causée par les facteurs anthropiques. Du point de vue physico-chimique, les eaux de la nappe de la région de Meknès présentent une minéralisation assez élevée dans certaines stations. Les résultats de cette étude vont permettre aux décideurs, de mettre en place une stratégie d'exploitation destinée à la rationalisation, la préservation et la valorisation de ces ressources en eaux, conformément aux exigences du développement durable.

Il ressort des travaux de Keiba en 2013 réalisés en Côte d'Ivoire (**Keiba et al., 2013**) sur « Concentration en métaux lourds des sédiments de l'estuaire du fleuve Comoé à Grand-Bassam (Sud-Est de la Côte d'Ivoire) » que l'index de géo-accumulation a montré une contamination dans l'ordre du Pb>Ni>Cu. Les résultats ont également montré que les eaux de ruissellement constituent une des sources de contamination de l'estuaire et de ses sédiments. La recommandation qui en découle est que ces résultats pourraient servir de base aux politiques environnementales nationales et d'autres qui visent à protéger les estuaires côtiers et les organismes qui y vivent. Les résultats obtenus dans ce travail nous ont permis de faire une évaluation de la contamination en métaux lourds dans les sédiments de l'estuaire du fleuve Comoé. La lacune qui se dégage est que le chercheur n'a pas dosé les paramètres biotiques.

Il découle des travaux de Elisabeth en 2020 (**Elisabeth et al., 2020**) au Bénin portant sur « Dosage des métaux lourds dans le sol et les produits maraîchers du site maraîcher de Houéyiho au Bénin » que les concentrations de métaux lourds dans les sols et les cultures maraîchères sont élevées et surpassent même les normes admises par l'OMS. Comme manquement, le chercheur n'a pas étendu les travaux de recherche sur d'autres spéculations maraîchères et polluants chimiques. Cette étude recommande une vigilance des populations et une variation de l'alimentation sont alors importantes pour garantir une meilleure santé.

Les travaux de thèse de Matías en 2008 (Matías, 2008) sur la thématique « Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers. Approches géochimique, minéralogique et hydrochimique. Discipline ou spécialité : Sciences de la Terre et Environnement » stipulent que l'impact principal de la contamination concernait l'eau, ressource essentielle pour le développement humain. Il est recommandé en urgence de procéder à une remédiation de la pollution dans ce secteur. En outre, cette étude souligne aussi que l'environnement à l'état « naturel » présentait des mécanismes qui permettaient de capturer les métaux lourds et de les rendre moins disponibles qu'actuellement.

CHAPITRE III : RESULTATS

Les méthodes employées au chapitre 2 nous ont permis d'avoir plusieurs résultats donc les plus importants sont représentés par objectifs spécifique dans ce chapitre.

Premièrement la caractérisation bactériologique, ensuite la caractérisation physico chimique et enfin la corrélation entre caractéristiques biotiques et abiotiques des eaux en sachets plastiques rendues dans la ville de Douala.

I- CARACTERISTIQUES BACTERIOLOGIQUES DES ECHANTILLONS D'EAU EN SACHETS PLASTIQUES

Nous avons pu recueillir 25 échantillons selon le tableau suivant :

Tableau I : Répartition des germes isolés en fonction des marques d'eau en Sachets

Code	Acinetobacter spp	Aeromonas spp	Campylobacter spp	E coli	Klebsiella spp	Enterobacter spp	Helicobacter spp	Legionella spp	Mycobactérium	Pseudomonas spp	Salmonella spp	Staphylococcus spp	Vibrio spp
ALM	0	1	0	11	0	0	0	5	4	6	0	1	3
AQC	2	5	0	2	0	0	0	7	4	0	2	0	1
AQF	0	0	1	0	0	0	0	4	1	1	1	5	4
AQJ	0	1	2	4	0	0	0	3	3	4	18	11	0
AQL	0	0	2	5	0	0	0	11	7	1	0	5	0
AQP	0	0	15	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ASW	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	11	6	0
CLR	1	1	3	1	0	0	0	12	0	1	0	2	2
EDR	0	0	9	2	0	0	0	0	4	6	0	4	1
ELW	2	0	5	0	0	0	0	3	0	5	6	3	0
FWR	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0
GOL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LES	0	0	2	0	2	5	2		0	0	3	4	0
MDA	8	0	2	0	7	0	0	0	0	0	0	1	0
MAZ	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
MSU	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0
NZA	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
SWL	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0
SAW	8	0	0	0	1	0	4	6	1	4	0	0	0
SIL	14	0	0	0	1	0	4	11	4	0	0	0	0
SIM	0	0	0	0	1	0	2	1	1	5	0	0	0
SOS	0	0	0	4	0	3	6	7	0	7	0	0	0
SPA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TSO	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VAL	0	2	11	2	1	0	1	5	0	0	0	0	0

Il découle de ce tableau que 13 germes différents ont été isolés de 25 marques d'eau en sachets plastiques.

NB : Tout ceci, après 24h de culture.

- Les eaux de la 20^{eme} marque étaient très chargées en *Acinetobacter* avec 14 colonies comptées.
- Les eaux de la 2^{eme} marques étaient moins chargées en *Aeromonas* spp, avaient 5 colonies comptées.
- Les eaux de la 6^{eme} marques étaient très chargées en *Campylobacter* avec 15 colonies comptées.
- Les eaux de la 1^{ere} marque étaient très chargées (*E. coli*) avec 11 colonies comptées.
- Les eaux de la 14^{eme} marques étaient très chargées en *Klepsiella* spp avec 07 colonies comptées.
- Les eaux de la 13^{eme} marques étaient chargées en *enterobacter* avec 05 colonies comptées.
- Les eaux de la 21^{eme} marques étaient chargées en *Helicobacter* avec 06 colonies comptées.
- Les eaux de la 8^{eme} marque étaient très chargées en *Legionella* spp avec 12 colonies comptées.
- Les eaux de la 5^{eme} marques étaient très chargées en *Mycobacterium* avec 07 colonies comptées.
- Les eaux de la 22^{eme} marque étaient très chargées en *Pseudomonas* spp avec 07 colonies comptées.
- Les eaux de la 4^{eme} marques étaient très chargées en *Salmonella* spp avec 18 colonies comptées.
- Les eaux de la 4^{eme} marques étaient très chargées en *Staphylococcus* spp avec 11 colonies comptées.
- Les eaux de la 3^{eme} marques étaient très chargées en *Vibrio* spp avec 04 colonies comptées.

I.1- Les groupes bactériens isolés

Code	CF	CT	BHAM
ALM	6	18	11
AQC	2	112	19
AQF	1	0	14
AQJ	12	0	
AQL	0	12	44
AQP	2		16
ASW		13	
CLR	16		
EDR	23	27	0
ELW			19
FWR	6	34	
GOL		2	4
LES	118	103	116
MAZ	76		
MDA		11	
MSU		21	
NZA	5	21	17
SAW		104	32
SIL	34	12	
SIM		72	
SOS	16		
SPA		17	6
SWL	29		
TSO		56	33
VAL		11	2

I.1.1 LES BHAM

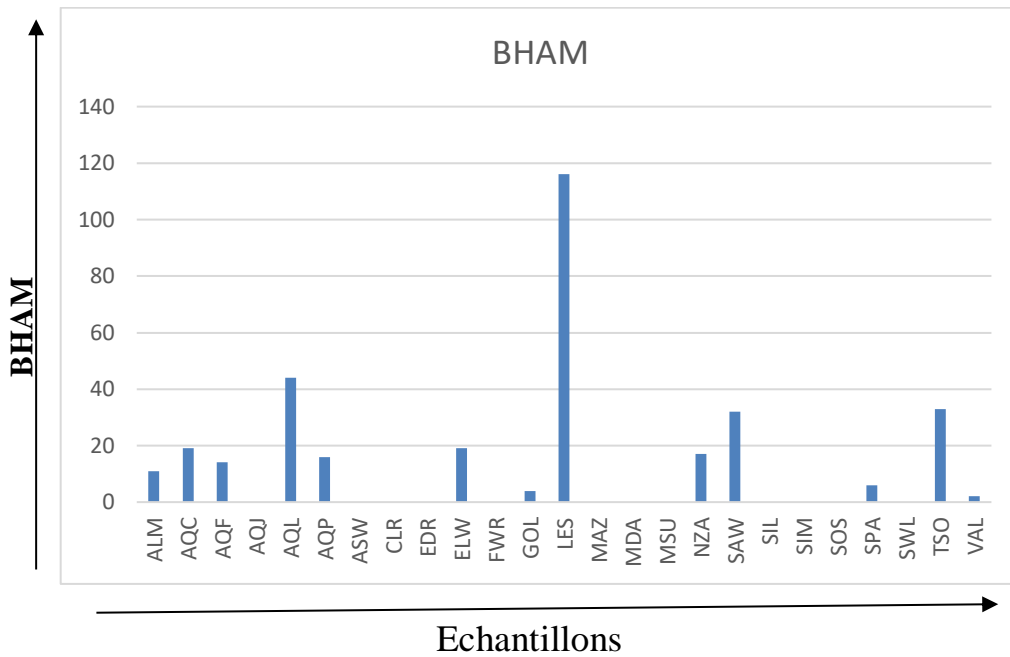


Figure 4: Répartition de BHAM en fonction des échantillons

D'après la figure ci-dessus, nous notons la présence des BHAM dans 13 sachets parmi les 25 échantillonnés avec des valeurs comprises entre 2 et 116 UFC/ml supérieur à la valeur normale de l'OMS qui est de 0UFC/ml, représentant respectivement VAL et LES.

I.1.2 LES COLIFORMES TOTAUX

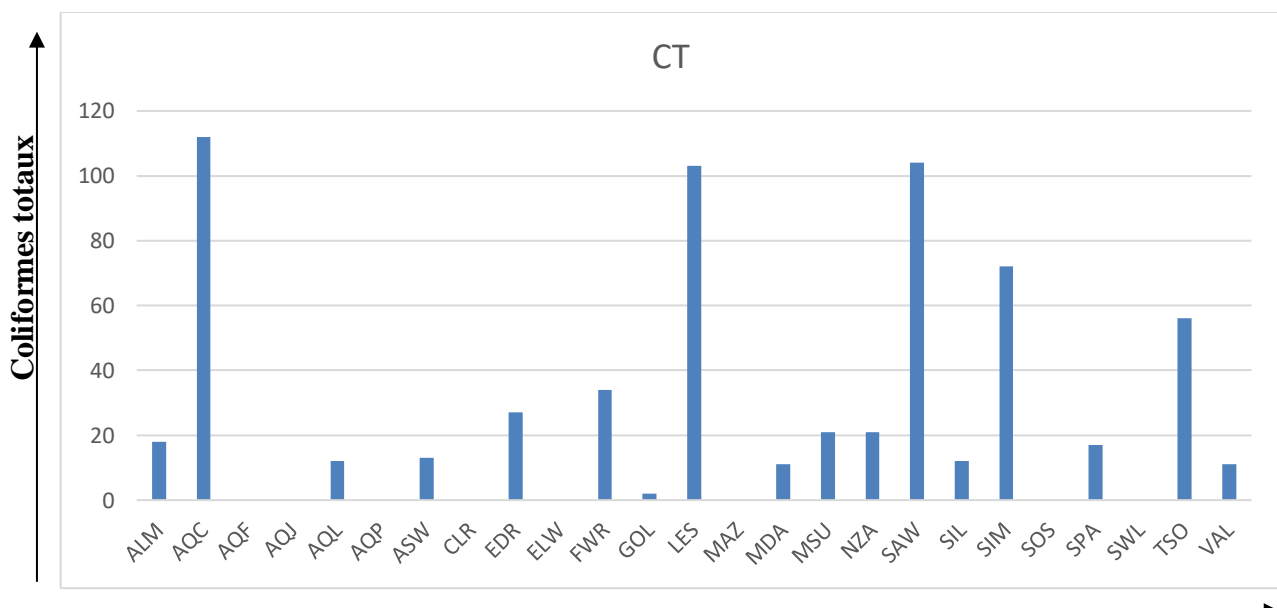


Figure 5: Répartition des coliformes totaux en fonction des échantillons

Les coliformes totaux représentés sur cette figure sont présents dans 17 des échantillons avec des valeurs comprises entre 11 et 112 représentant respectivement VAL et AQC, contraire à la norme de l’OMS qui définit la valeur seuil 0 UFC/ml, soit un pourcentage de 68%, leur présence témoigne d’une contamination fécale.

I.1.3 LES COLIFORMES FECAUX

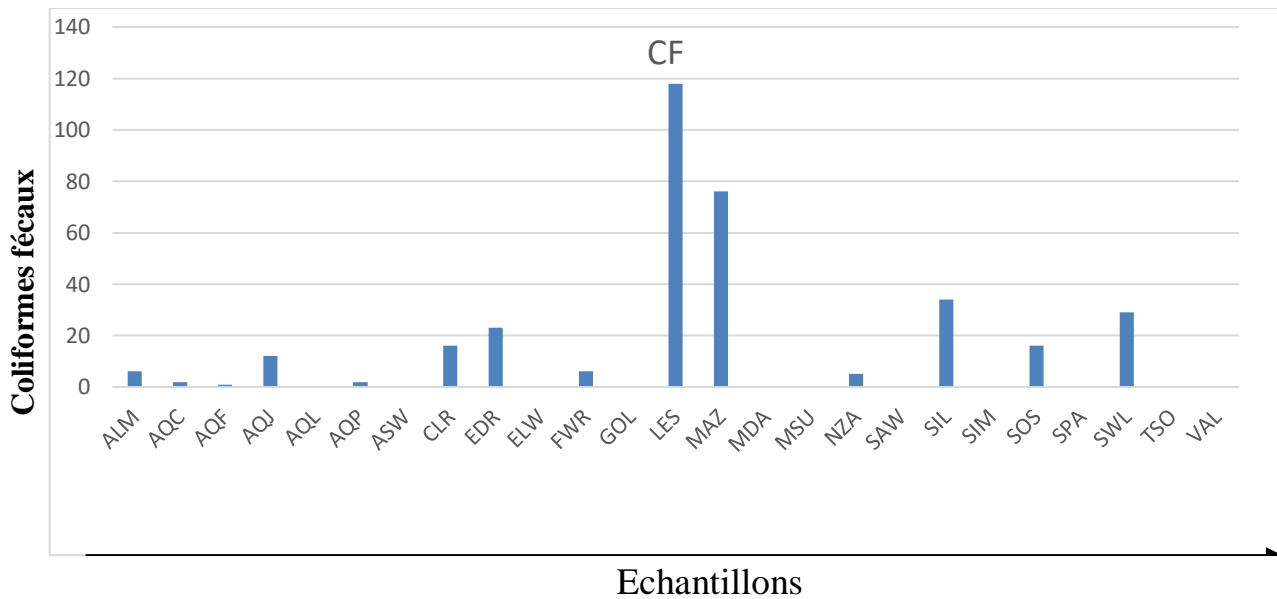


Figure 6: Répartition des coliformes fécaux en fonction des marques d’eaux en sachets plastiques

Les coliformes fécaux représentés sur cette figure ci-dessus son présent dans 14 échantillons avec des valeurs comprises entre 0 et 118 UFC/ml, contraire à la norme de l’OMS qui définit la valeur seuil 0 UFC/ml, soit un pourcentage de contamination de 56 leur présence témoigne d’une contamination fécale mais aussi une présence possible d’autres bactéries pathogènes.

I.1.3- LES ACINETOBACTER

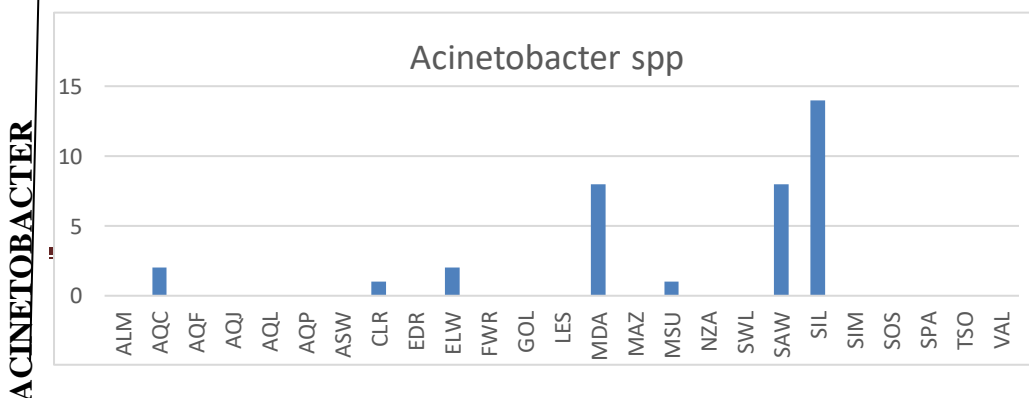


Figure 7: Variation d'Acinetobacter en fonction des marques d'eau en sachet

D'après la figure 7, nous constatons la présence d'Acinetobacter spp dans 07 échantillons avec des valeurs comprises entre 1 à 14 soit (CLR) et (SIL) qui dépasse la valeur normale (0 UFC/ml), ceci témoigne un risque sanitaire pour les consommateurs. Soit un pourcentage de contamination de $7/25 \times 100 = 28\%$

I.1.4- LES AEROMONAS

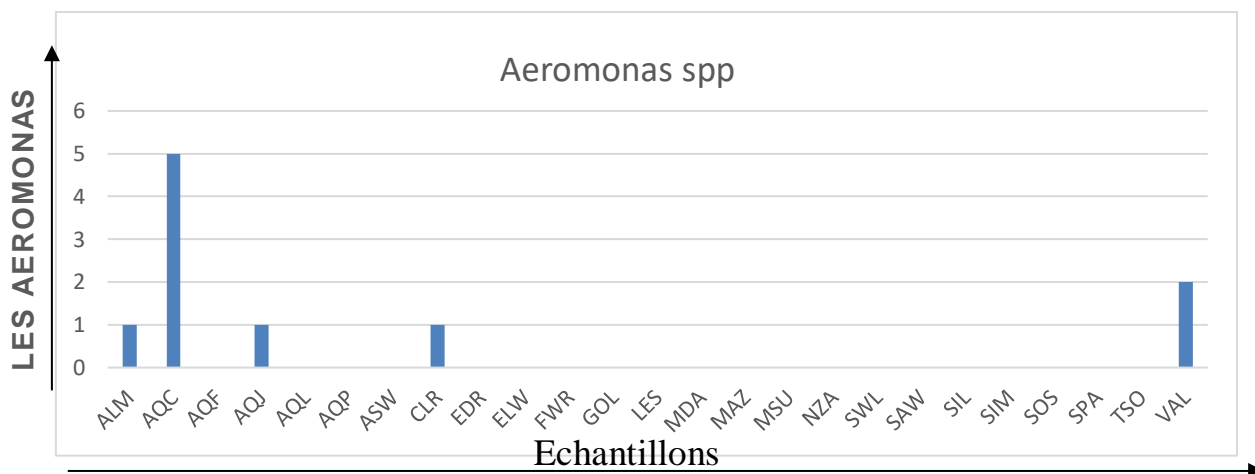


Figure 8 : Variation d'Aeromonas en fonction des marques d'eaux en sachets plastiques

D'après la figure, nous observons la présence d'Aeromonas dans 05 échantillons avec des valeurs comprises entre (1 à 5 UFC/ml), soit CLR et AQC qui sont supérieures à la valeur normale (0 UFC/ml) qui traduit un risque sanitaire pour les consommateurs

I.1.5- CAMPYLOBACTER

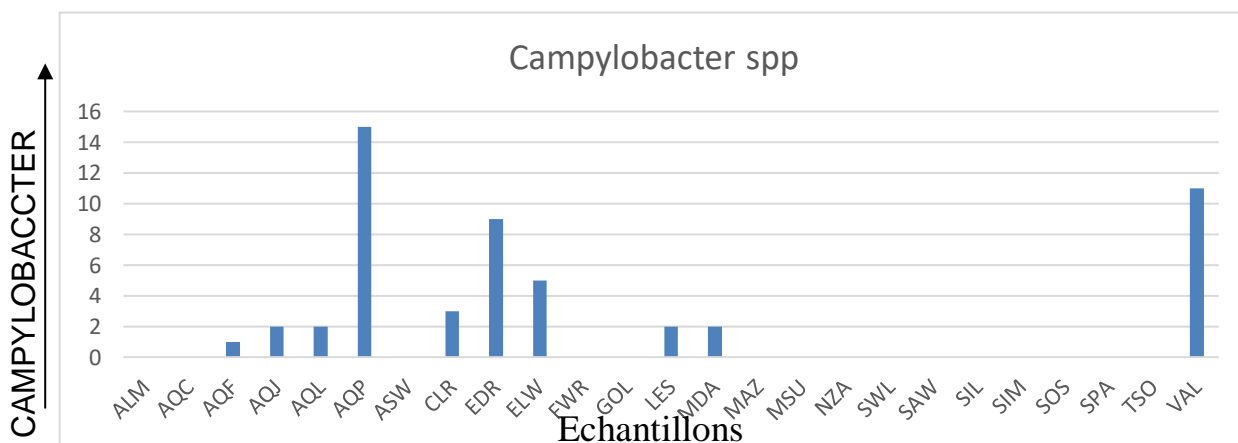


Figure 9 : Variation des Compylobacter fonction d'eau en sachets

Selon la figure 9, nous observons la présence de compylobacter dans 9 échantillons avec des valeurs comprises entre (1 à 15 UFC/ml) qui est supérieur a la valeur normale (0 UFC/ml). Ceci témoigne un risque sanitaire pour les consommateurs. Ceci traduit un pourcentage de contamination de $9/25 \times 100 = 36\%$

I.1.6 E. COLI

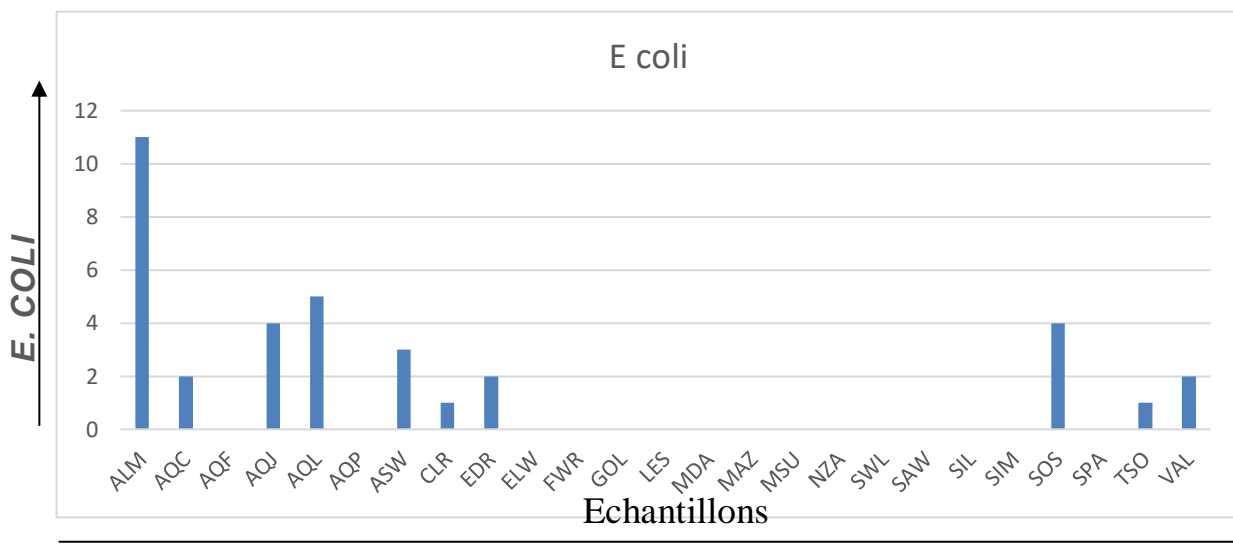
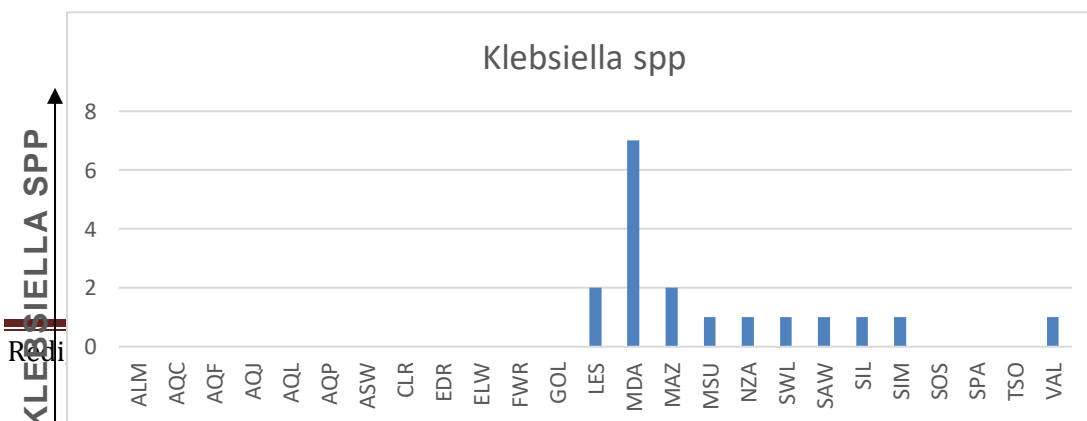


Figure 10 : Répartition d'Escherichia coli en fonction des échantillons

La figure ci- dessus stipule que *Escherichia coli* étaient présente dans 10'échantillons d'eaux prélevés avec des valeurs supérieures à la valeur normale définie par l'OMS à savoir (0 UFC/100ml). Ceci témoignant d'une contamination fécale récente avec un pourcentage de contamination de 40%.

I.1.7 KLEBSIELLA SPP



Echantillons

Figure 11 : Répartition de *Klebsiella sp* en fonction des échantillons d'eaux

D'après la figure ci-dessus nous notons une forte présence de *klebsiella spp* dans 10 échantillons avec des valeurs comprises entre 1 à 7. Pourtant la valeur normale est de 0 UFC/l, soit un pourcentage de contamination de 40 ceci témoigne donc d'un risque sanitaire pour les consommateurs

I.1.8 ENTEROBACTER SPP

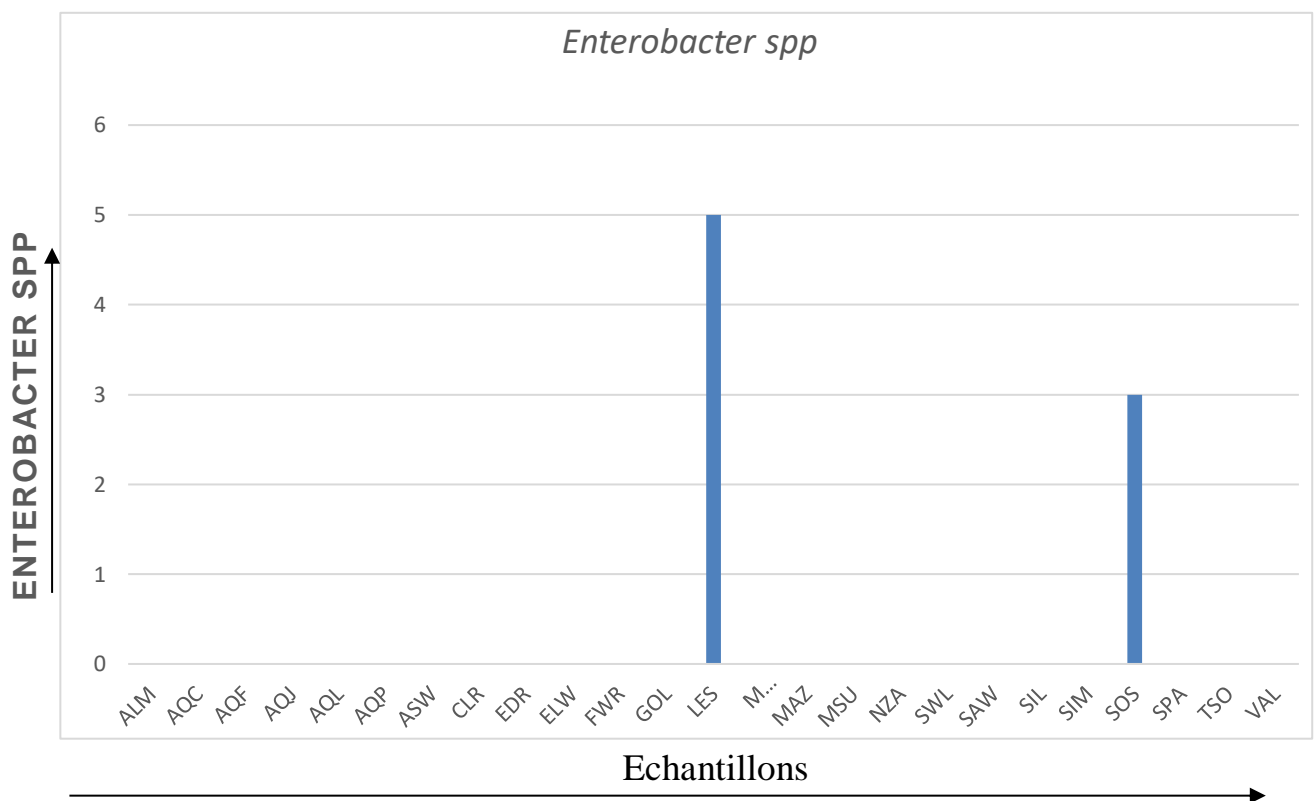


Figure 12 : Répartition des Entérobacter en fonction d'eau en sachets plastiques

D'après la figure si dessus nous notons la présence des *Enterobacter* dans deux échantillons avec des valeurs comprises entre (1 à 5 UFC/l).

I.1.9 HELICOBACTER SPP

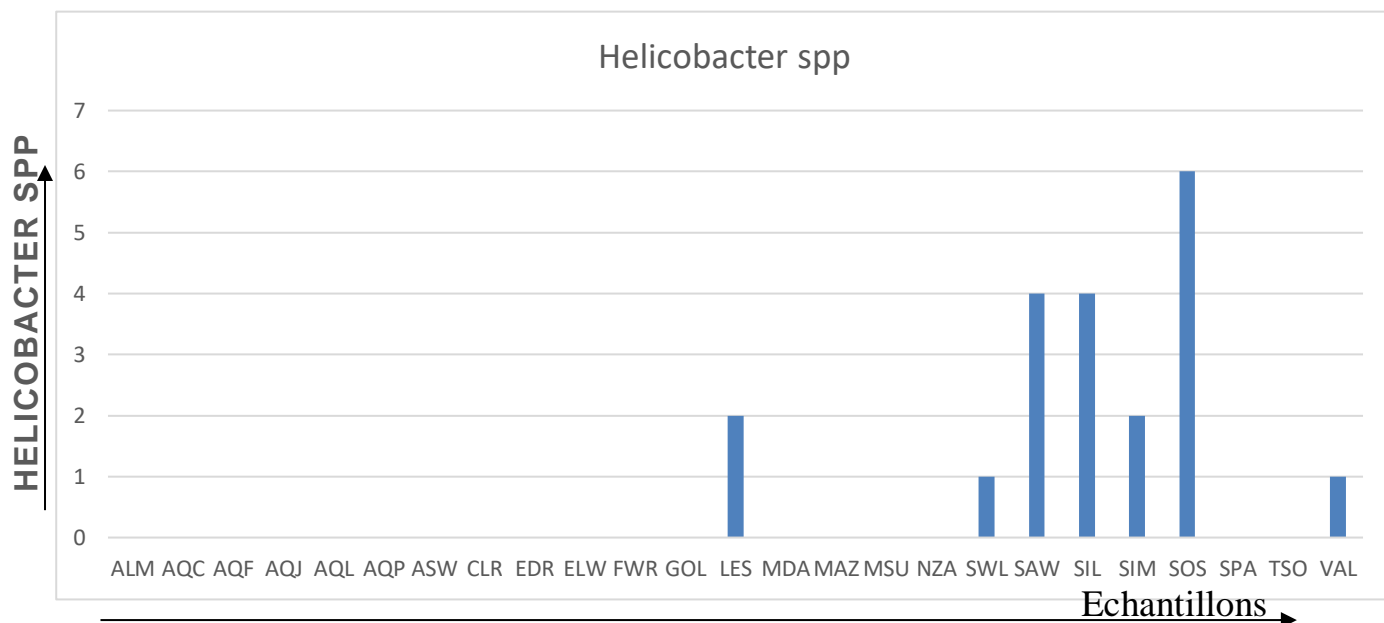
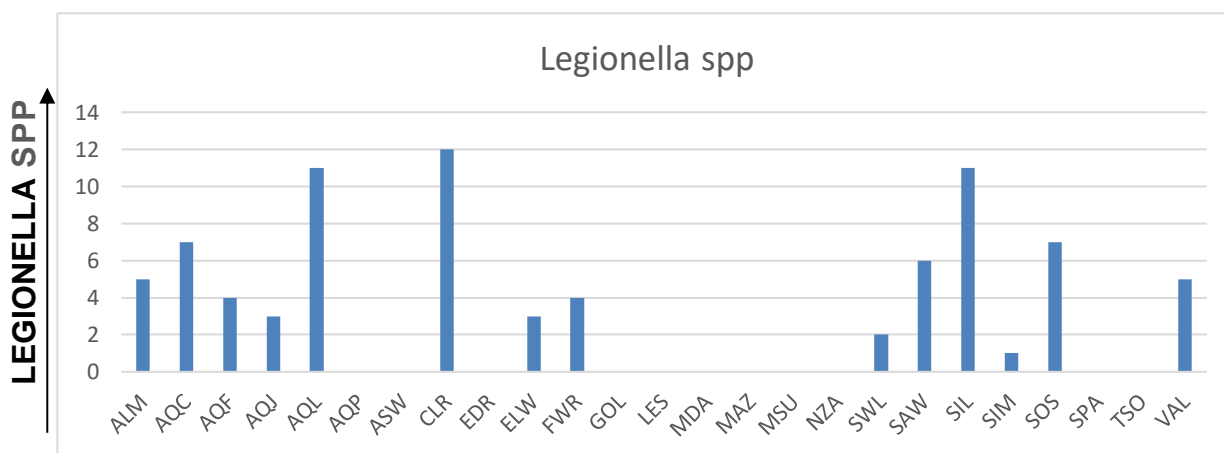


Figure 13 : Répartition des Helicobacter en fonction des échantillons

Selon notre figure nous observons la présence d'Helicobacter dans 7 échantillons avec des valeurs comprises entre (1à 6 UFC/ml). Ceci témoigne un risque sanitaire pour les consommateurs.

I.1.10 LEGIONELLA SPP



Echantillons

Figure 14 : Répartition des Legionella spp en fonction des échantillons

Selon notre figure nous observons la présence effective de Legionella dans 14 échantillons avec des valeurs comprises entre (1à 12 UFC/ml), soit un pourcentage de contamination de 56. Ceci témoigne un risque sanitaire pour les consommateurs.

I.1.11 MYCOBACTERIUM

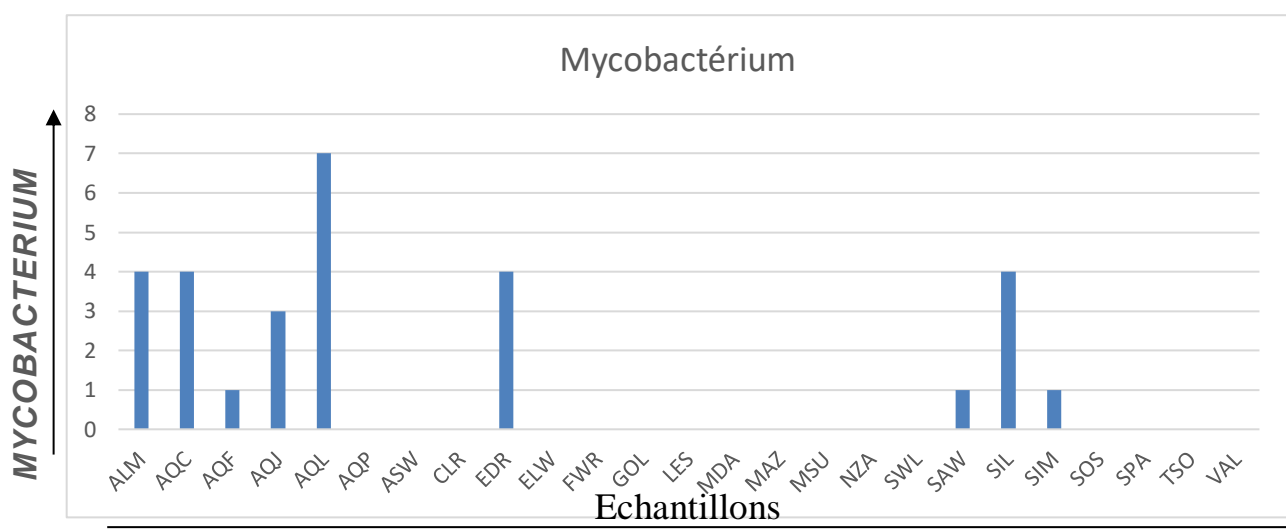


Figure 15 : Répartition des Mycobacterium en fonction d'eau

Selon notre figure nous observons la présence des Mycobacterium dans 9 échantillons avec des valeurs comprises entre (1à 7 UFC/ml). Ceci témoigne un risque sanitaire pour les consommateurs.

I.1.12- SALMONELLA

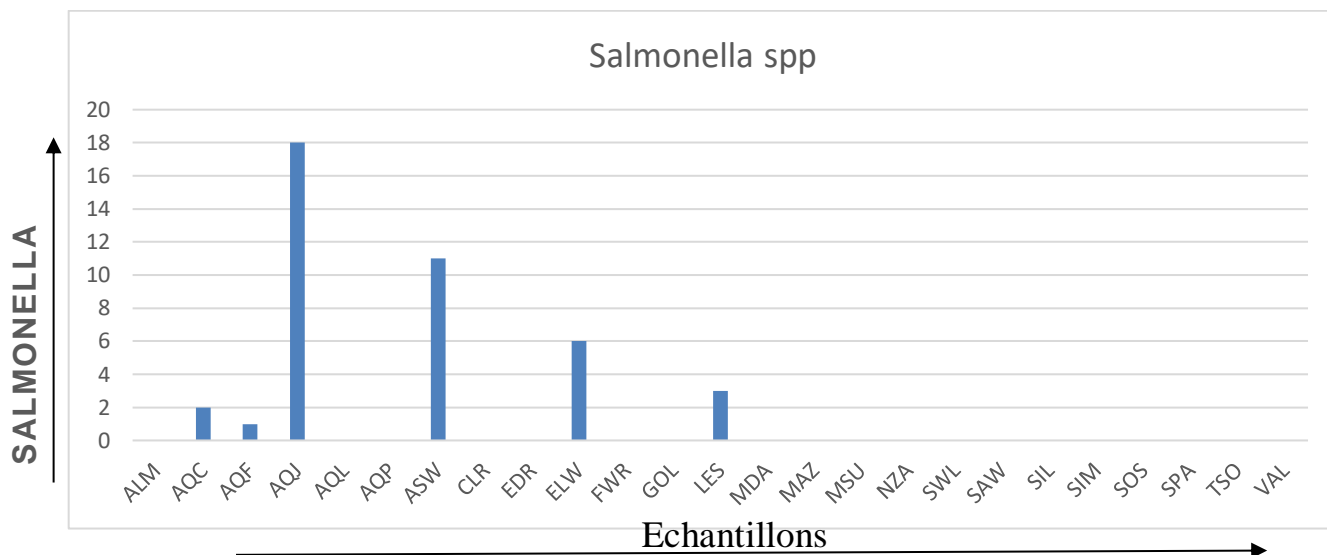


Figure 17 : Répartition des salmonelles en fonction des échantillons

Selon notre figure nous observons la présence des salmonelles dans 6 échantillons avec des valeurs comprises entre (1 à 18 UFC/ml). Ceci témoigne un risque sanitaire pour les consommateurs.

I.1.13 STAPHYLOCOCCUS

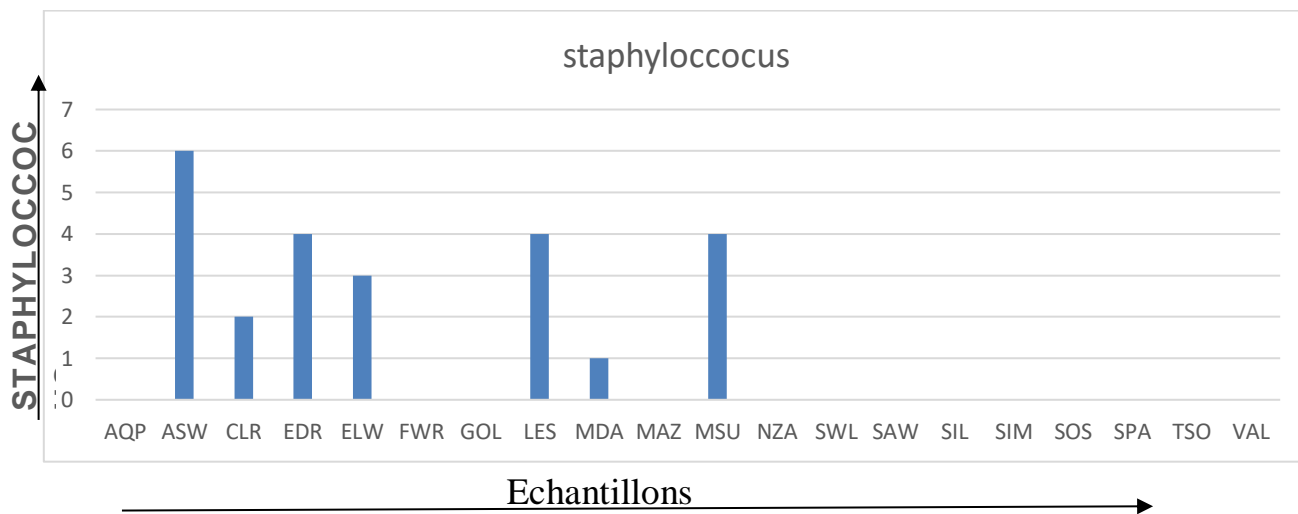


Figure 18: Répartition des staphylocoques en fonction des échantillons

Selon notre figure nous observons la présence des staphylocoques dans 7 échantillons avec des valeurs comprises entre (1 à 6 UFC/ml). Ceci témoigne un risque sanitaire pour les consommateurs.

I.1.14 VIBRIO SPP

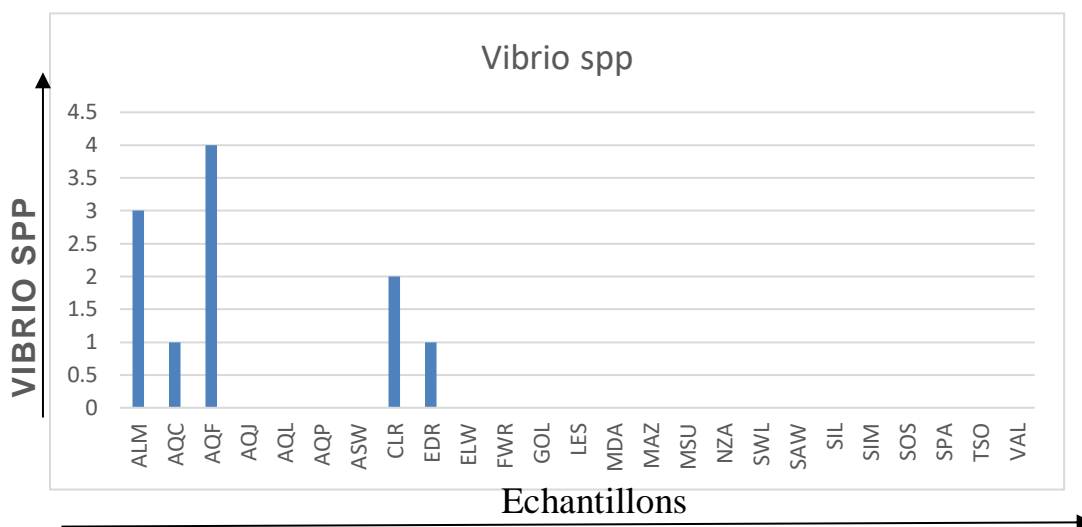


Figure 19: Répartition des vibrio en fonction des échantillons

Selon notre figure nous observons la présence des vibrio dans 5 échantillons avec des valeurs comprises entre (1 à 4 UFC/ml). Ceci témoigne un risque sanitaire pour les consommateurs.

II- CARATERISTIQUE PHYSICO CHIMIQUES DES EAUX ETUDIEES

➤ LES VARIABLES PHYSIQUES

1- MES (matières en suspension)

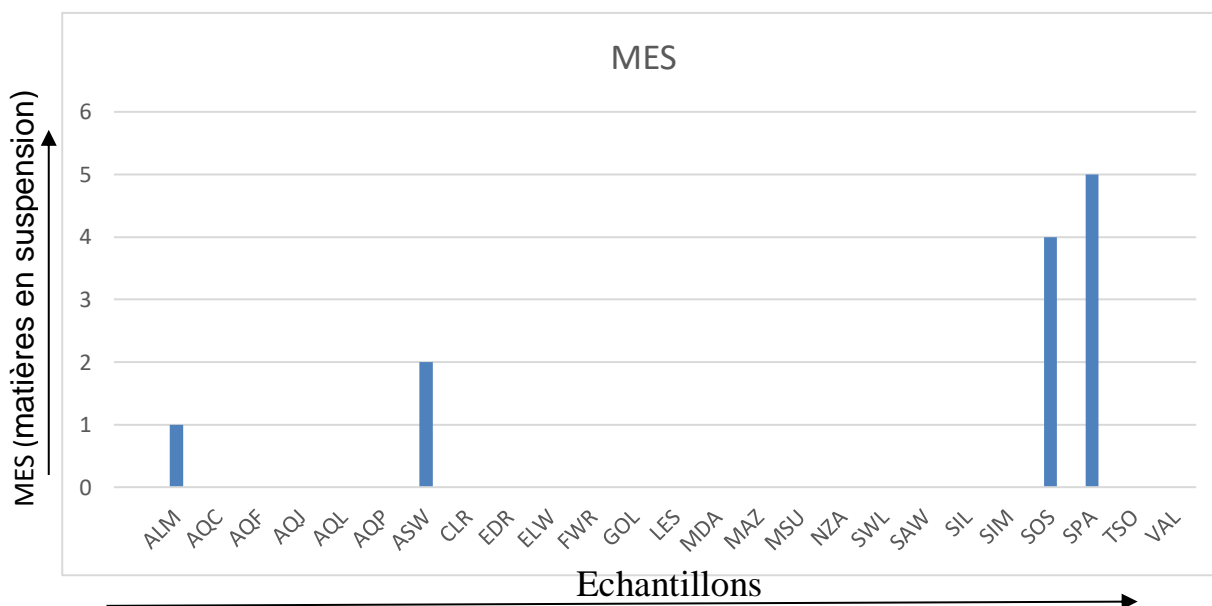


Figure 20 : La variation de MES en fonction des échantillons d'eau en sachets

D'après la figure ci-dessus, nous notons la présence de MES dans quatre échantillons dont les valeurs sont comprises entre (1 à 5 mg/L) qui est supérieur à la valeur normale soit (0mg/L), ceci traduit un risque pour les consommateurs.

2- STD (solides totaux dissous)

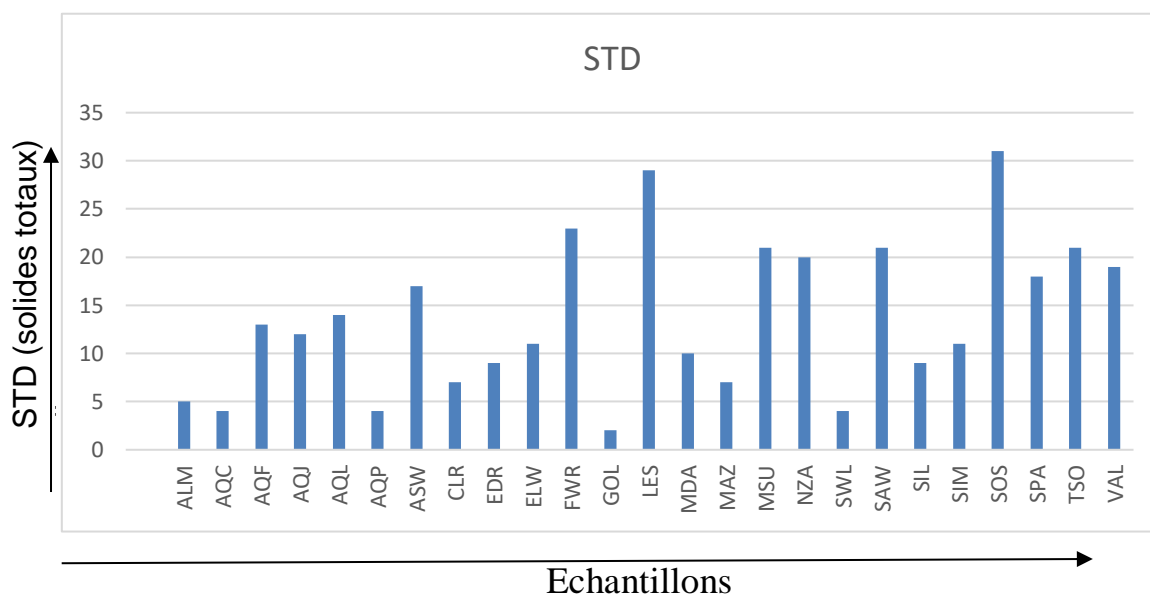


Figure 21 : Variations des STD en fonction échantillons d'eaux en sachets plastiques

D'après la figure 21, nous constatons la présence de STD dans tous les échantillons avec des valeurs comprises entre (1 à 32 mg/l). Cette valeur étant au-dessus de la valeur normale soit (0mg/L), soit un pourcentage de 100, traduit ainsi un risque sanitaire pour les consommateurs.

3- TURBIDITE

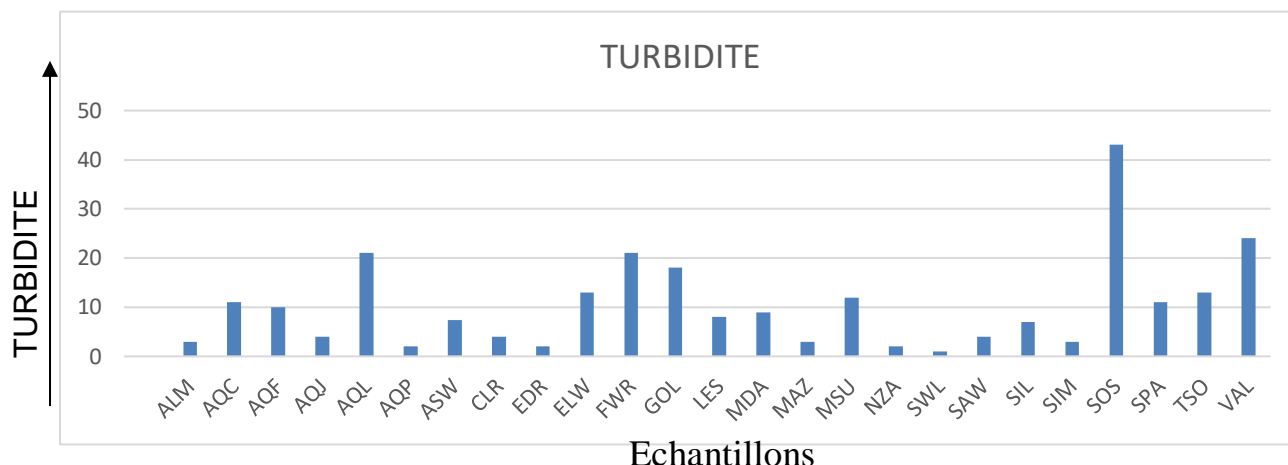


Figure 22 : Variations de la turbidité en fonction des eaux

D'après la figure ci-dessus, tous les échantillons ont été troublés, cependant, les eaux ayant une turbidité supérieure à (5 FTU) comme le recommande l'OMS peuvent être dû aux conservations. Ceci traduit la surcharge de ces eaux en sachets plastiques en matières

➤ LES VARIABLES CHIMIQUES

1- PH

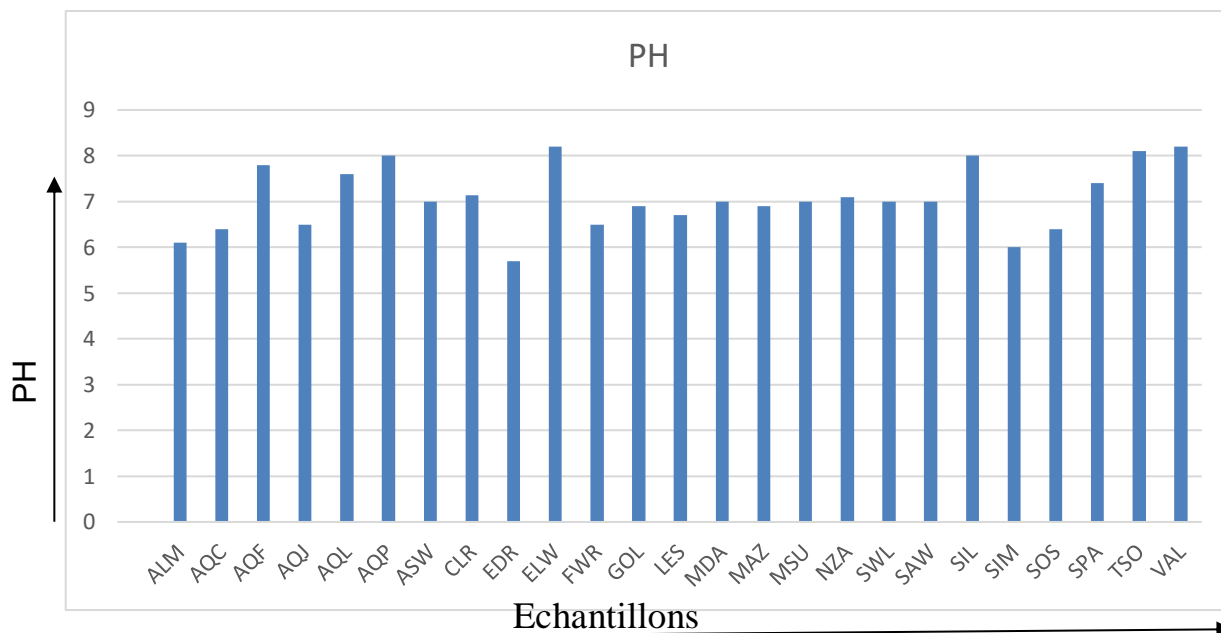


Figure 23 : La variation du pH dans les échantillons étudiés

Sur la figure ci-dessus nous observons des valeurs de pH compris entre (5,95 et 8,2 UC) dans tous les échantillons, ces valeurs respectent l'intervalle seuil défini par l'OMS compris entre (6,5 et 8,5 UC). Toutes nos eaux sont conformes en ce qui concerne le pH

2- CALCIUM

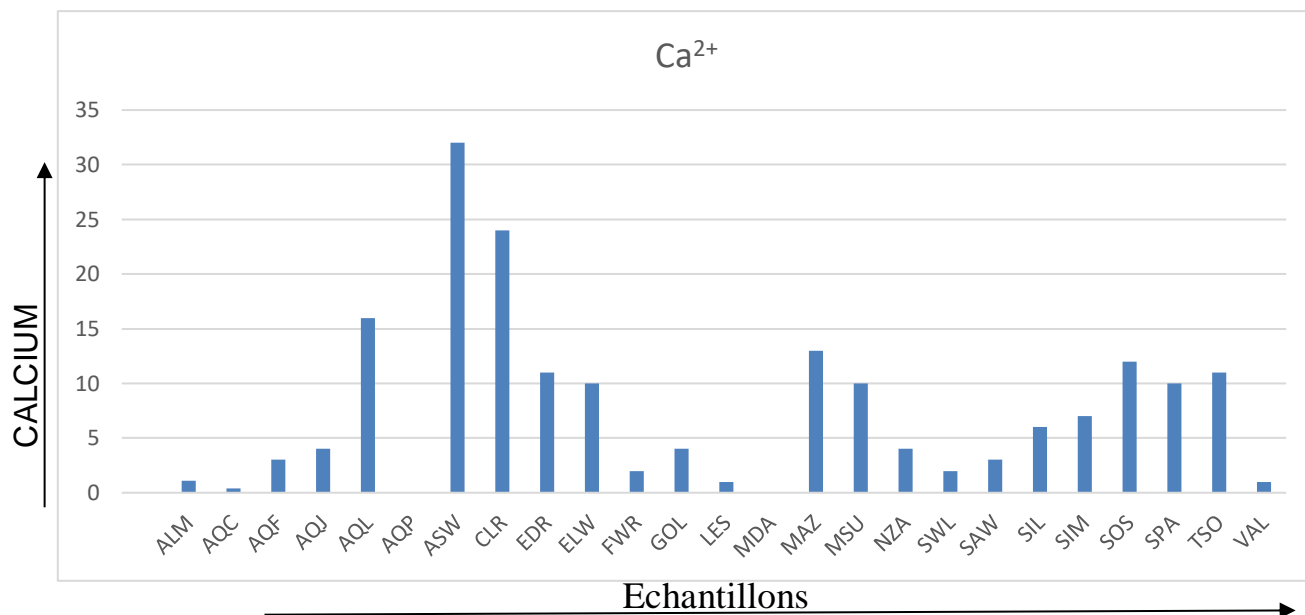


Figure 24 : La variation de teneur du Ca²⁺ dans les échantillons étudiés

Sur la figure ci-dessus nous observons des valeurs de Ca²⁺ comprises entre (1 et 35 mg/l), ces valeurs sont inférieures à la valeur normale défini par l'OMS soit (270mg/L), soit un pourcentage de non-conformité de 100%.

3- MAGNESIUM

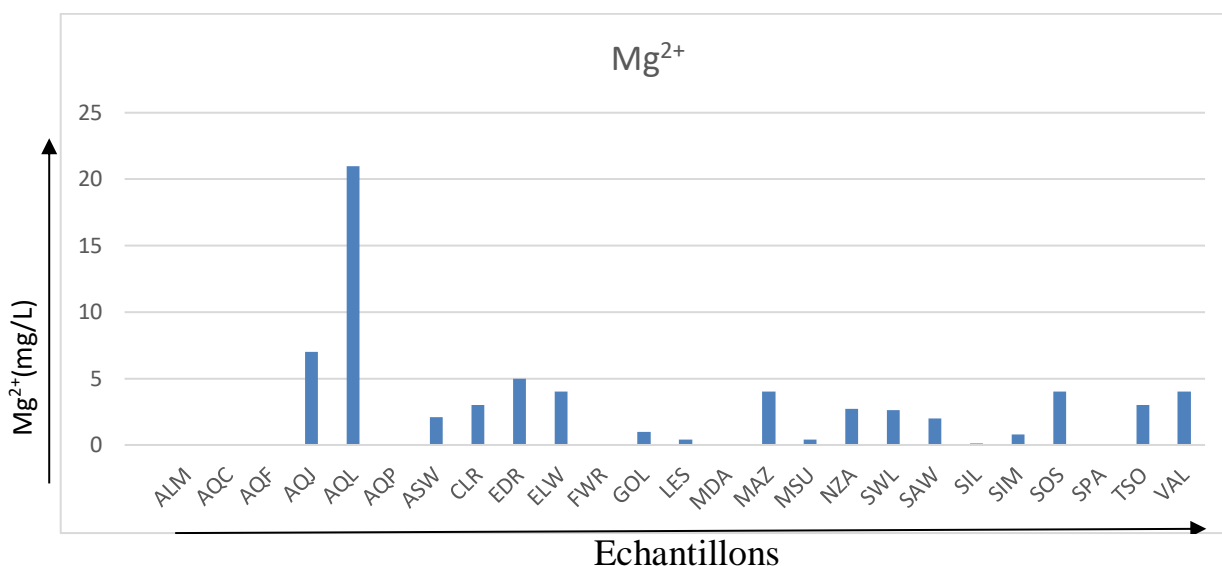


Figure 25 : la variation de teneur du Mg dans les échantillons étudiés

Sur la figure ci-dessus nous observons des valeurs de Mg²⁺ comprises entre (1 et 25 mg/l), ces valeurs ne respectent pas l'intervalle seuil défini par l'OMS soit (50mg/L), avec un pourcentage de non-conformité de 100%.

4- POTASSIUM

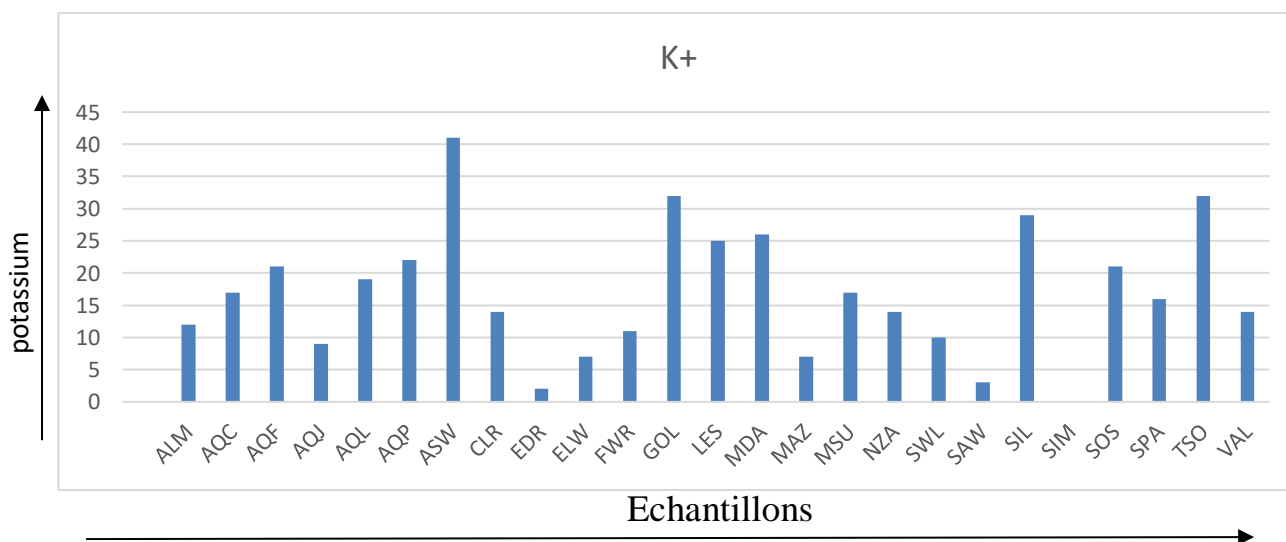


Figure 26 : La variation de teneur du potassium dans les échantillons étudiés

Sur la figure ci-dessus nous observons des valeurs de K^+ comprises entre (1 et 40 mg/l) dans les 25 échantillons, parmi ceux-ci, 09 ont des valeurs supérieures à la valeur normal seuil défini par l’OMS qui est supérieur à (20 mg/l), ceci traduit donc un pourcentage de non-conformité de 36%.

5- SODIUM

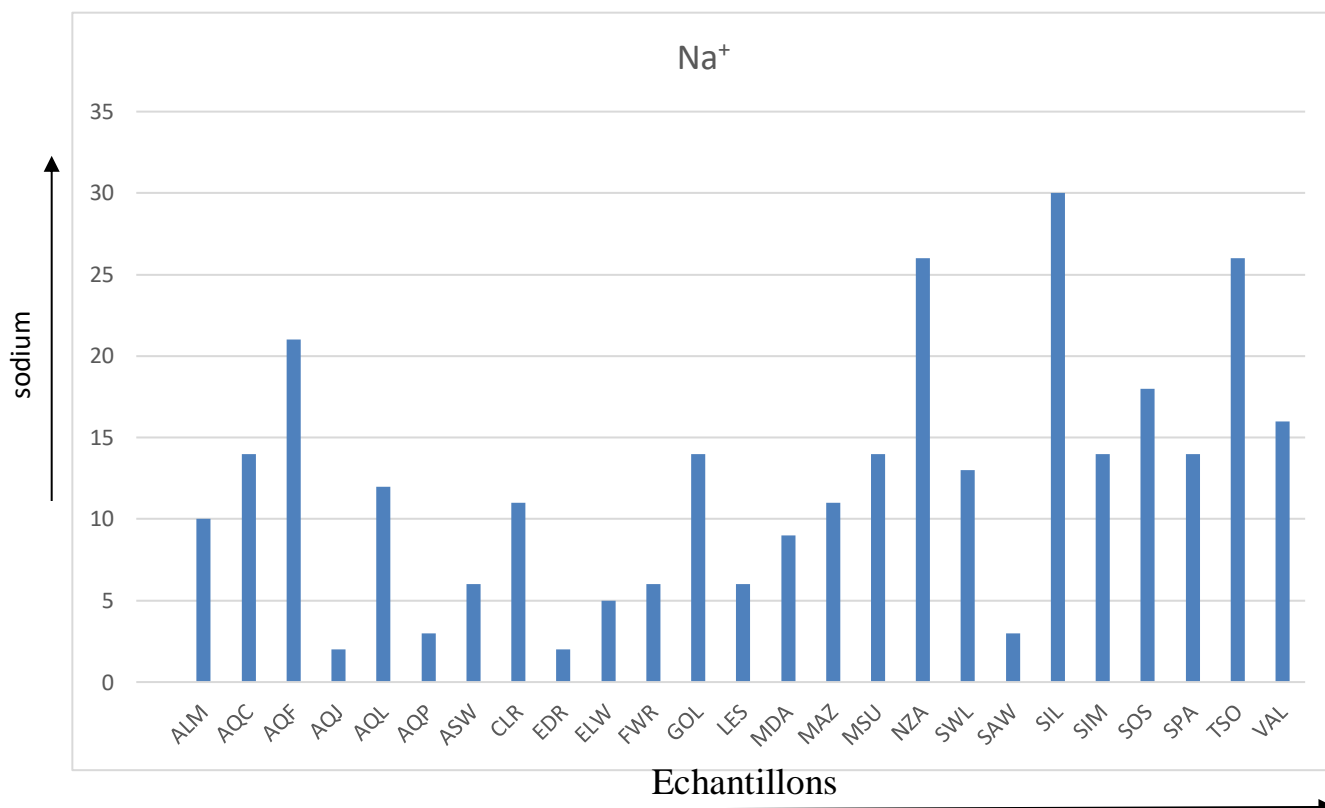


Figure 27 : La variation de teneur du sodium dans les échantillons étudiés

Sur la figure ci-dessus nous observons des valeurs de Na^+ comprise entre (1 et 30 mg/l) dans tous les échantillons.

6- NITRATES

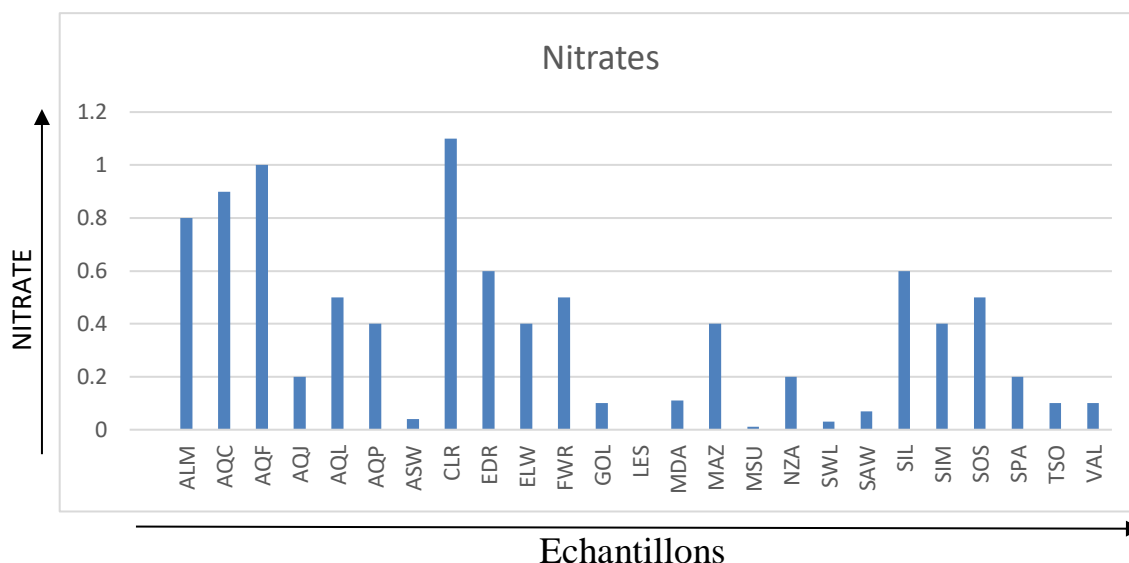


Figure 28 : La variation de teneur en nitrates dans les échantillons étudiés

Sur la figure ci-dessus nous observons des valeurs des Nitrates comprise entre (0,1 et 1,6 mg/l) dans tous les échantillons. Ceux-ci sont largement inférieur a la valeur normal (50mg/L), avec un pourcentage de non-conformité de 100%.

7- BICARBONATES

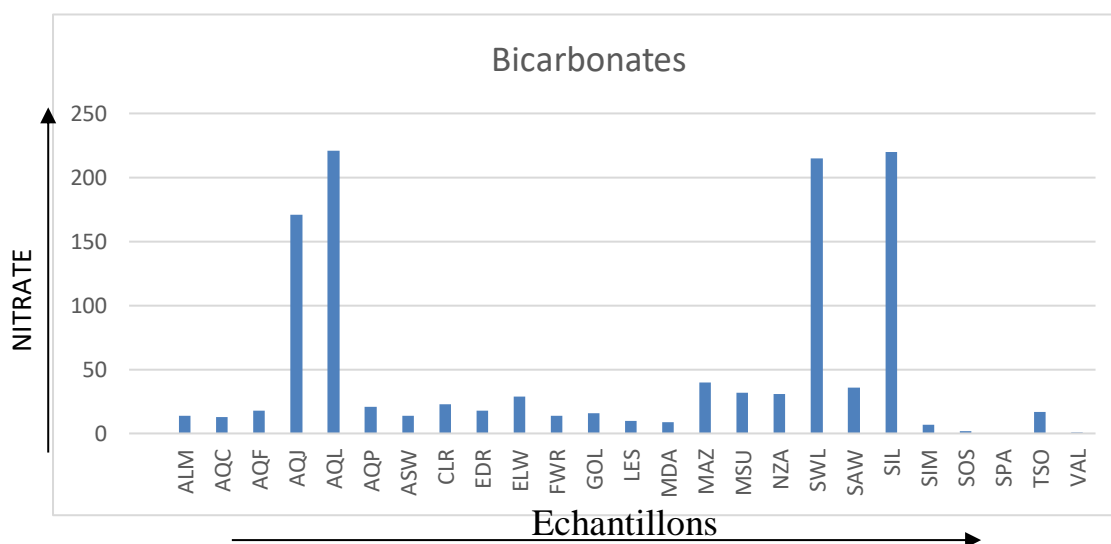


Figure 29 : La variation du bicarbonate dans les échantillons étudiés

Sur la figure ci-dessus nous observons des valeurs des bicarbonates compris entre (20 et 225 mg/l) dans les échantillons qui est inferieur a la valeur normale (250mg/L), ceux-ci traduit un pourcentage de non-conformité de 100%.

8- SULFATES

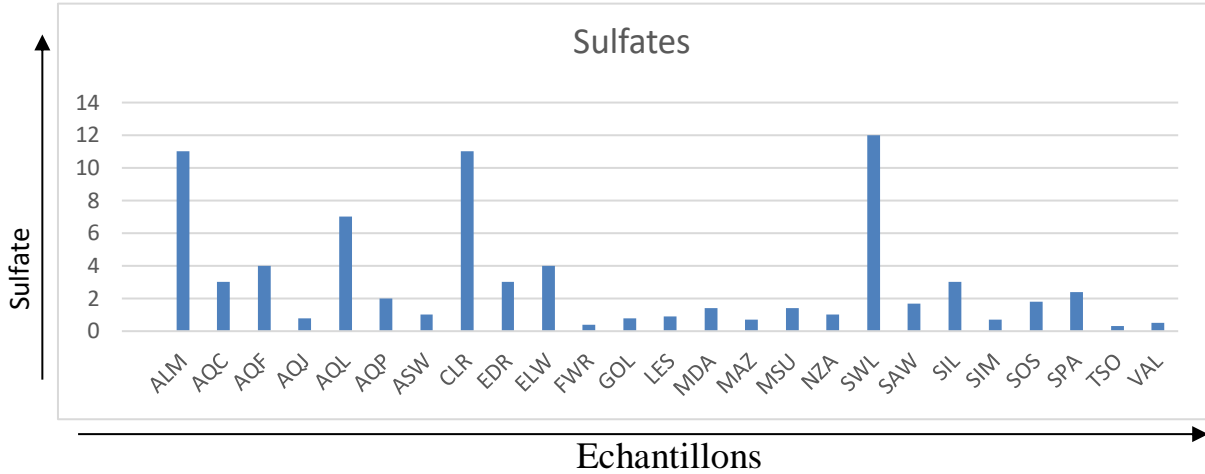


Figure 30 : La variation du sulfate dans les échantillons étudiés

Sur la figure ci-dessus nous observons des valeurs du sulfate compris entre (1 et 12mg/l) dans les échantillons. Ceux-ci sont largement inferieur a la valeur normale OMS (400mg/L) avec donc un pourcentage de non-conformité de 100%

9- CHLORURES

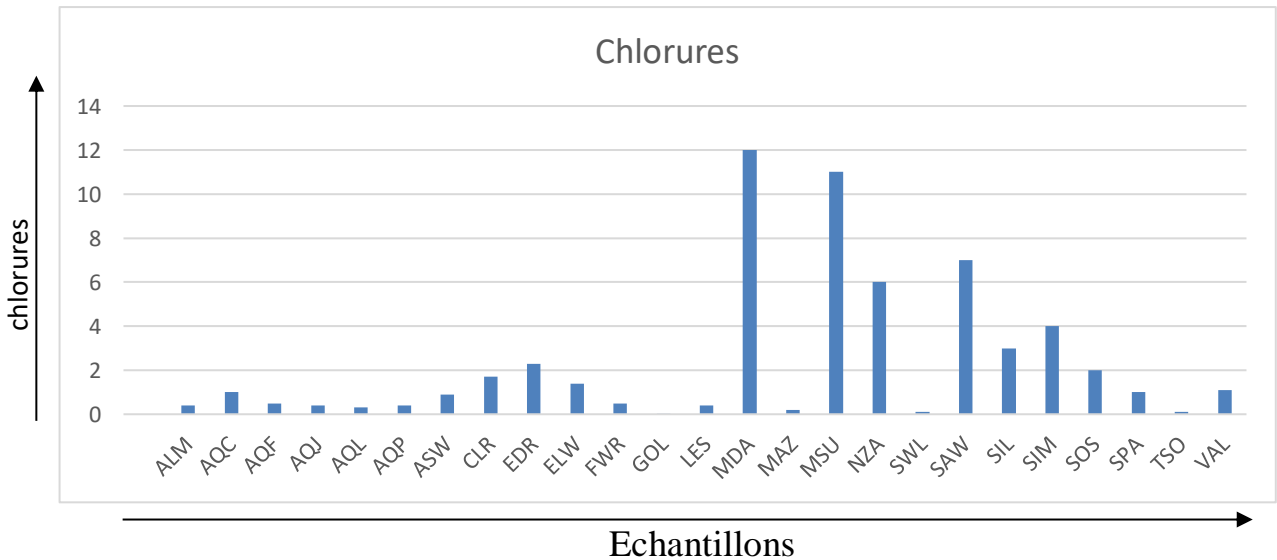


Figure 31 : la variation en Chlorure dans les échantillons étudiés

Sur la figure ci-dessus nous observons des valeurs du Cl comprises entre (1 et 12mg/l).
 Ceux-ci sont largement inférieurs à la valeur normale OMS soit (250mg/L)

10- BISPHEENOLS

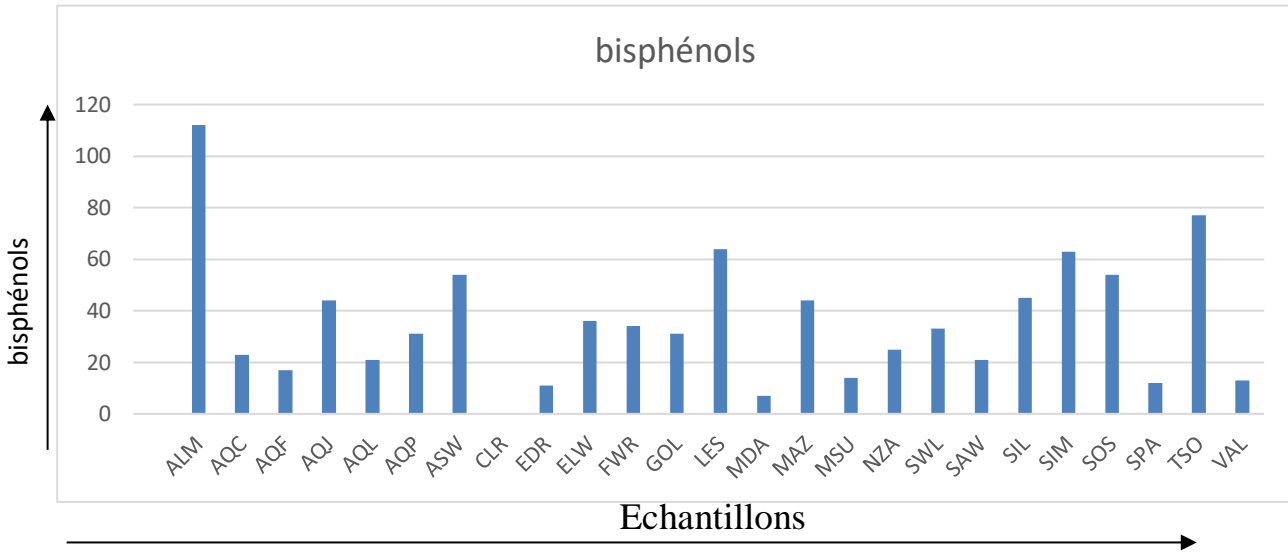


Figure 32 : la variation de teneur en bisphénol dans les échantillons étudiés

Sur la figure ci-dessus nous observons des valeurs du bisphénol comprises entre (1 et 120 mg/l) dans les échantillons. Ceux-ci ont un pourcentage de non-conformité de 20%, par rapport à la valeur de l'OMS soit (50mg/l)

11- PHTALATES

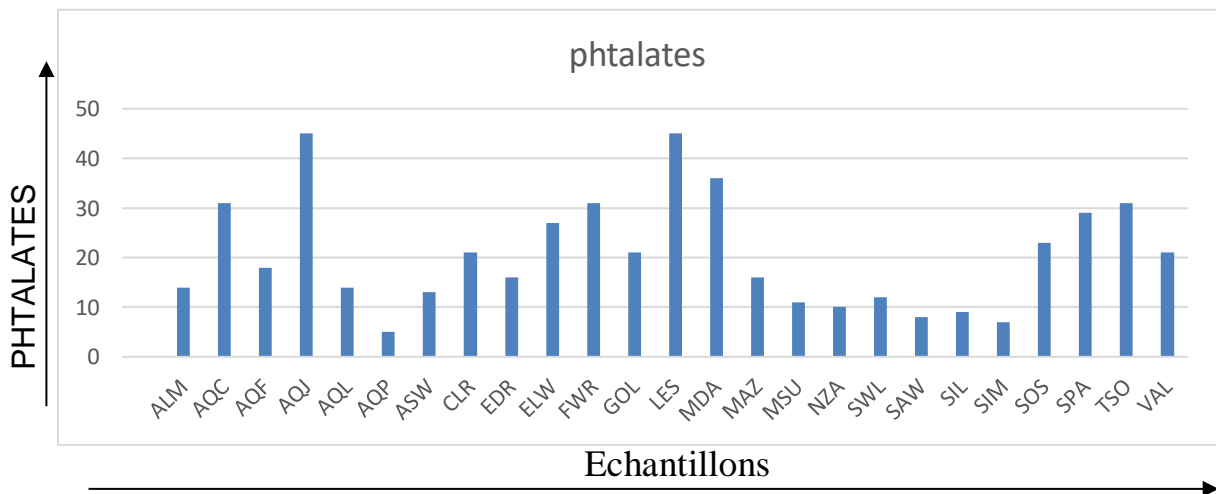


Figure 33 : La variation de teneur en Phtalates dans les échantillons étudiés

Sur la figure ci-dessus nous observons des valeurs de phalates comprises entre (5 et 45mg/l). Toutes ces eaux sont non conformes (100%) par rapport à la valeur normale (50mg/L).

12- Corrélation entre les MES et Acinéto**bacter**

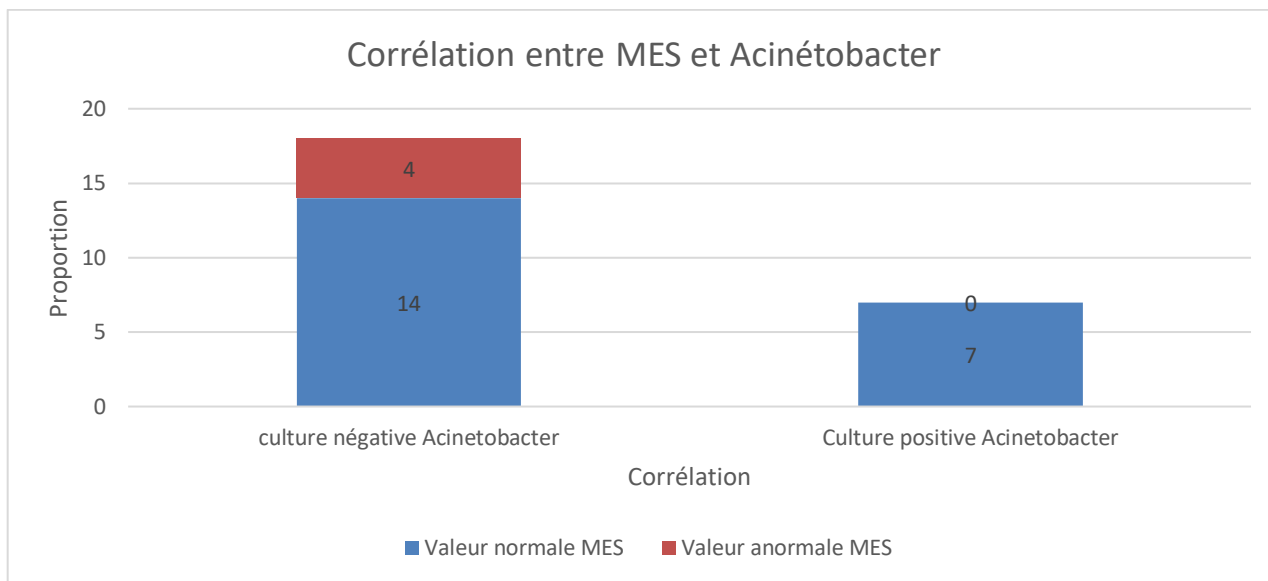


Figure 34: Représentation de la corrélation entre les MES et Acinéto**bacter**

De tous les 25 échantillons d'eau analyses, *Acinetobacter* a été isolé dans 7 échantillons, mais tous n'avaient pas de valeurs de MES anormales. Donc la présence de MES était plutôt un facteur dissuasif pour *Acinéto**bacter***, mais la relation était non significative ($p=0.29$).

13- Corrélation entre les MES et Salmonella

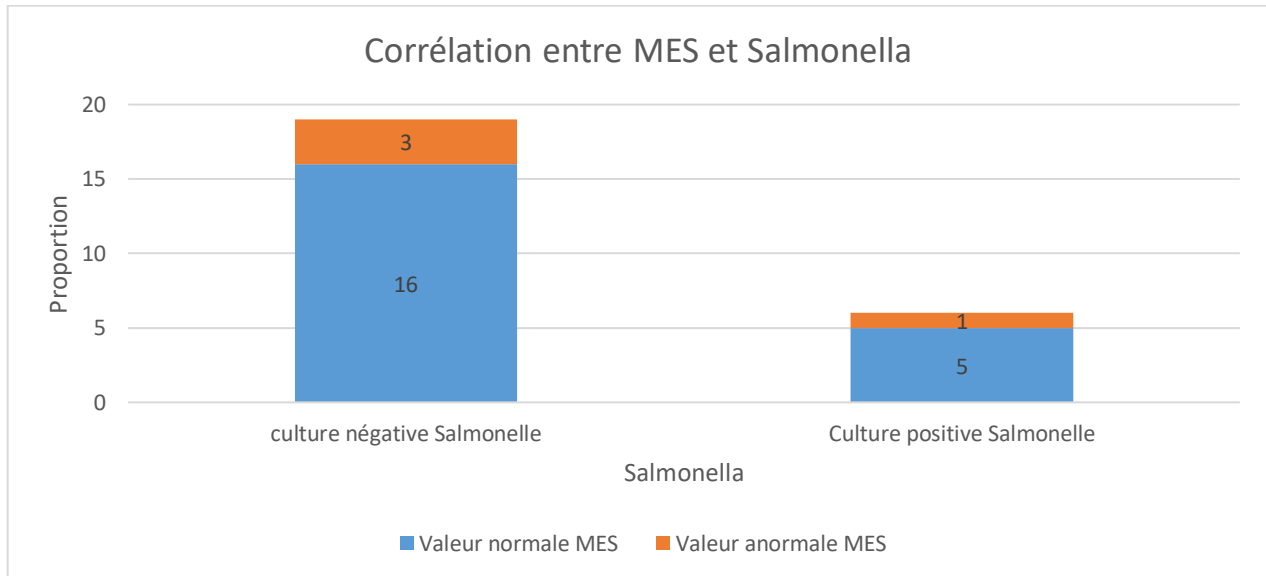


Figure 35: Représentation de la corrélation entre les MES et Salmonella

De tous les 25 échantillons d'eau analyses, Salmonelle a été isolé dans 6 échantillons, mais tous n'avaient pas de valeurs de MES anormales. Donc la présence des MES était plutôt un facteur dissuasif pour Salmonelle, mais la relation était non significative ($p=1$).

14- Corrélation entre les MES et *E. coli*

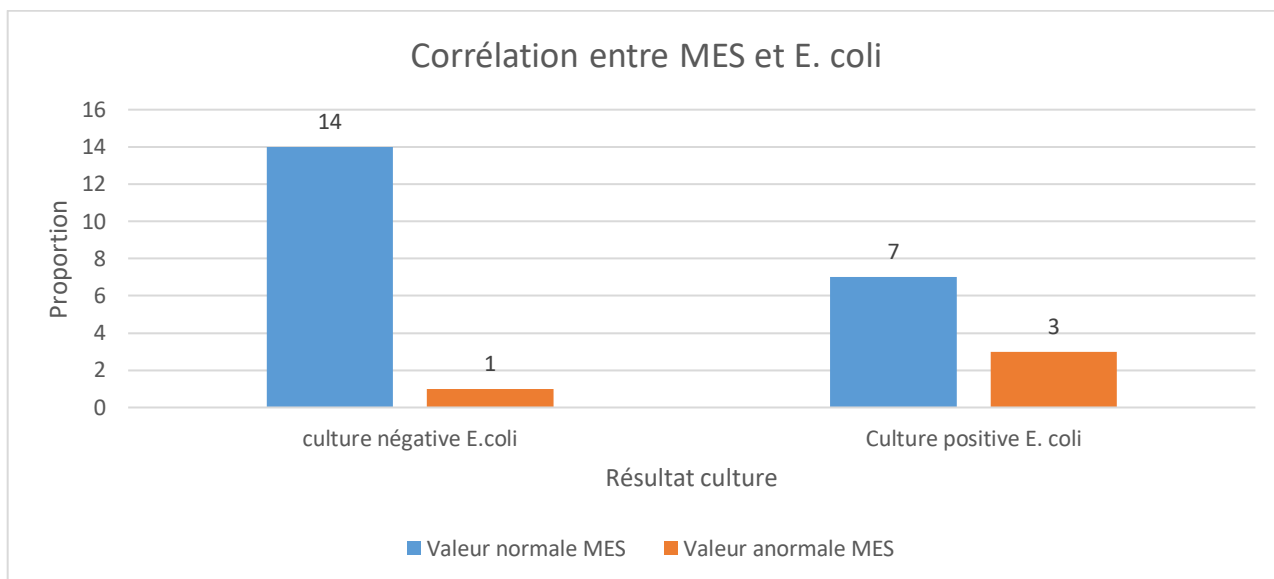


Figure 36: Représentation de la corrélation entre les MES et *E. coli*

De tous les 25 échantillons d'eau analysés, *E. coli* a été isolé dans 10 échantillons, mais tous n'avaient pas de valeurs de MES anormales. Donc la présence de MES était plutôt un facteur dissuasif pour *E. coli*, donc la relation entre *E. coli* et les MES n'est pas significative ($p=0,25$).

15- Corrélation entre les MES et vibrio

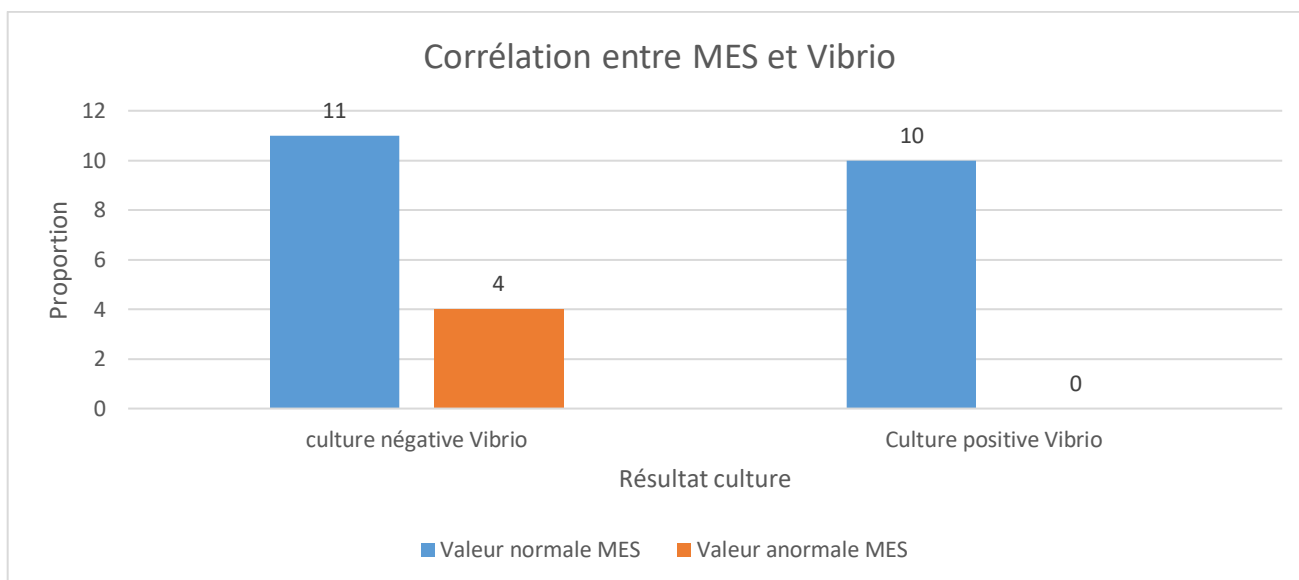


Figure 37: Représentation de la corrélation entre les MES et *Vibrio*

De tous les 25 échantillons d'eau analysés, *Vibrio* a été isolé dans 10 échantillons, mais tous n'avaient pas de valeurs de MES anormales. Donc la présence de MES n'est pas un facteur favorisant, donc la relation entre *Vibrio* et les MES n'est pas significative ($p=1$).

16- Corrélation entre les turbidité et Salmonella

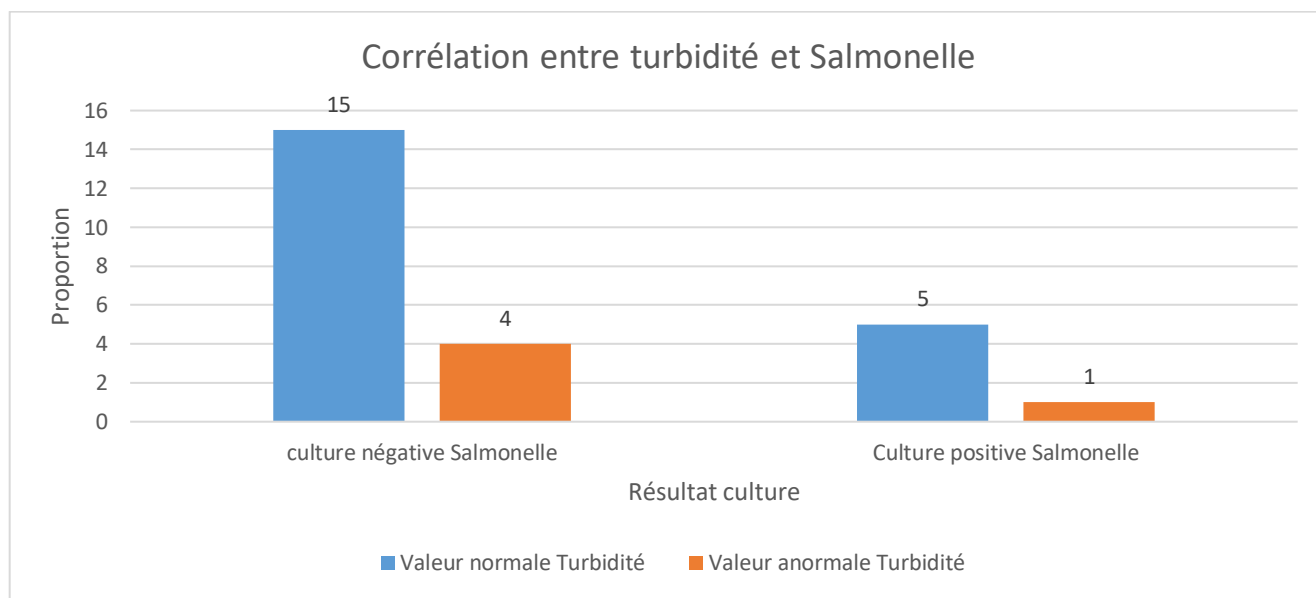


Figure 38: Représentation de la corrélation entre la turbidité et Salmonelle

De tous les 25 échantillons d'eau analysés, *Salmonelle* a été isolé dans 6 échantillons, mais tous n'avaient pas de valeurs anormales de la turbidité. Donc la turbidité n'est pas un facteur favorisant, donc la relation entre *Salmonelle* et turbidité n'est pas significative ($p=1$).

17- Corrélation entre la turbidité et *E. coli*

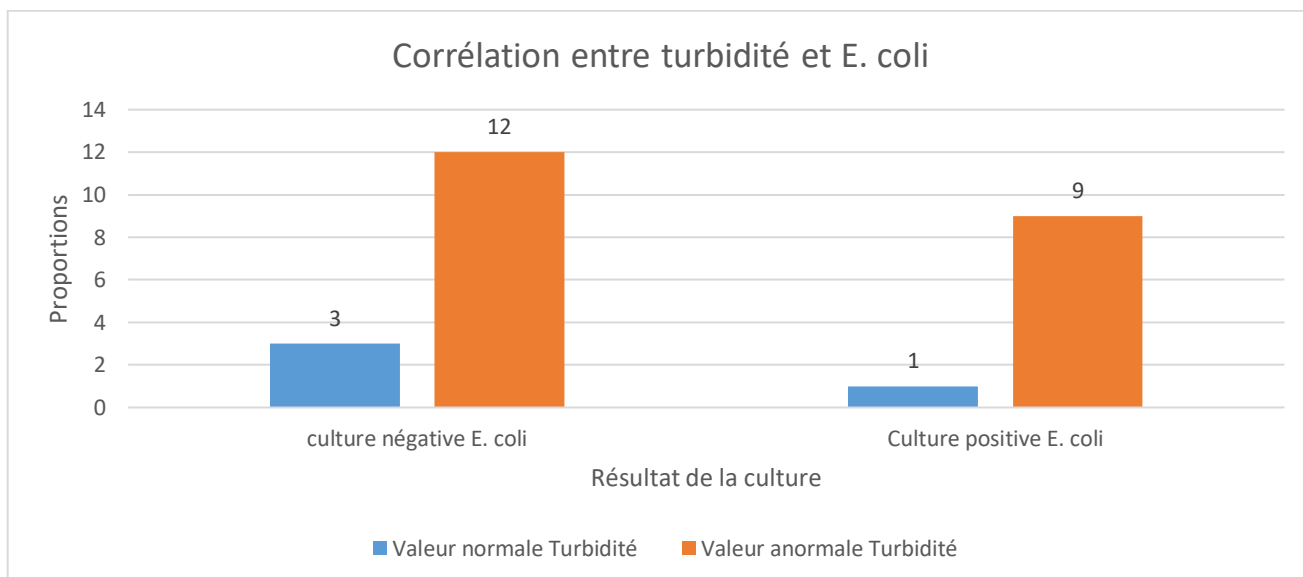


Figure 39: Représentation de la corrélation entre la turbidité et *E. coli*

De tous les 25 échantillons d'eau analysés, *E. coli* a été isolé dans 10 échantillons, mais tous n'avaient pas de valeurs anormales de la turbidité. Donc la turbidité n'est pas un facteur favorisant, donc la relation entre *E. coli* et turbidité n'est pas significative ($p=0,62$).

18- Corrélation entre la turbidité et Vibrio

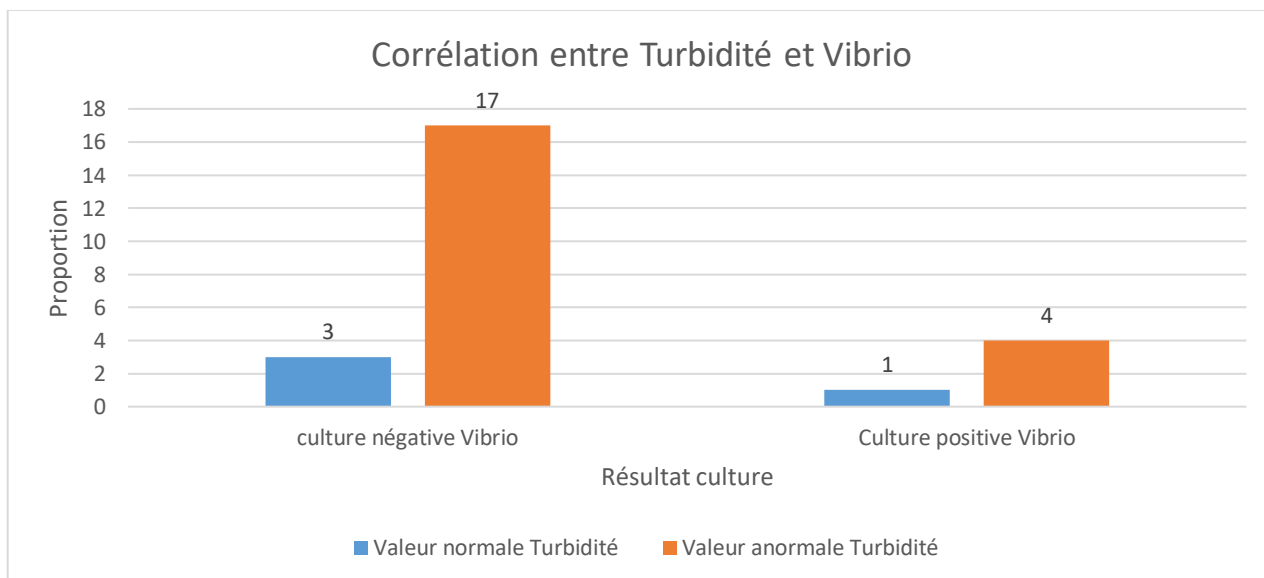


Figure 40: Représentation de la corrélation entre la turbidité et Vibrio

De tous les 25 échantillons d'eau analysés, *Vibrio* a été isolé dans 5 échantillons, mais tous n'avaient pas de valeurs anormales de la turbidité. Donc la turbidité n'est pas un facteur favorisant, donc la relation entre *Vibrio* et turbidité n'est pas significative ($p=1$).

CHAPITRE IV : DISCUSSION

Dans ce chapitre une synthèse critique des données recueillies auprès des enquêtés et les résultats obtenus après analyse des eaux en sachets plastiques sera élaborée. Cette synthèse est structurée en fonction des objectifs spécifiques ou opérationnels tels que présentés dans la partie résultats.

I- CARACTERISTIQUES BACTERIOLOGIQUES DES EAUX ETUDIEES

Afin d'étudier les risques liés à la présence des microorganismes dans les eaux en sachets plastiques, nous avons interrogé les vendeurs d'eaux en sachets plastiques. Les habitants des différents quartiers s'approvisionnent principalement en eaux en sachets plastiques. Les populations ont l'habitude d'apprécier la qualité de l'eau par sa limpidité, sa couleur.

Toutefois, cette appréciation expose les habitants à de nombreux risques sanitaires, tel que la typhoïde, la dysenterie et les gastroentériques, étant donné que ces eaux échantillonnées contiennent des taux élevés de bactéries hétérotrophes, **BHAM, coliformes totaux, coliformes focaux, E.coli, Klebsiella sp... Vibrio**, tel que observé dans les figures 4, 5, 6.....49. La mauvaise qualité de ces eaux peut s'expliquer par le manque d'hygiène (**Torkil, 2004**),

Les 13 espèces de bactéries enregistrées sur les 25 échantillons prélevés ont des valeurs largement supérieures aux normes de qualité pour les eaux de consommation humaine prescrites par l'OMS, qui requièrent 0 UFC/ml d'eau pour toutes les bactéries présentes (**OMS, 2018**).

D'une manière générale, la contamination microbienne était observée d'un type d'échantillon à l'autre, les pourcentages de contamination 68% (CT), 56% (CF), 56% (Legionella), 52% (BHAM), 40% (Klebsiella), 36% (Campylobacter), 28% (Helicobacter) étaient non satisfaisants. Ce taux de non-conformité contraste avec celui de 57% (CT), 51% (CF), 36% (Klebsiella), obtenue par **DODOLE-PAYO (2013)**.

Cependant, ces eaux restent relativement moyennes par rapport à celles trouvées par **DIOP 2015** qui sont respectivement de l'ordre 56% (CT), 48% (CF), 49% (BHAM), 30% (Campylobacter), 45% (*E. coli*). Ces résultats sont différents de ceux de **Nguepidjo et al.**

En 2020 qui avaient 61,30% des marques non conformes pour le paramètre bactériologique BHAM. Cette différence peut s'expliquer par le nombre élevé des échantillons (2000 sachets analysés dans la ville de Yaoundé). Ces résultats sont différents de ceux de **Camara** qui a eu 100% de contamination au BHAM dans une étude menée à Conakry en 2017. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que ces germes sont très envahisseurs dans les eaux en sachets plastiques.

Ces eaux sont impropres à la consommation humaine et présentent des risques sanitaires ainsi, la consommation de ces eaux peut induire l'apparition des maladies d'origine microbienne (fièvre typhoïde, dysenteries, diarrhée et gastroentérite).

II- CARACTERISTIQUES PHYSICO - CHIMIQUES DES EAUX ANALYSEES

Afin d'étudier la potabilisation des eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Douala, nous avons comparé nos résultats avec les normes de l'OMS. Comme l'illustre le tableau I.

Il en ressort que, les paramètres tel que :

- MES représente un pourcentage de contamination (16%),
- STD représente un pourcentage de contamination (100%),
- TURBIDITE représente un pourcentage de contamination (100%),

Ces pourcentages élevés traduisent donc une non-conformité physique des eaux en sachets commercialisées et peuvent être comparé aux travaux de **TRAORE (2017)** avec les pourcentages MES (20%), STD (68%), TURBIDITE (98%). Ceci nous amène à conclure que ces eaux sont impropres à la consommation humaine. Ces résultats sont différents de ceux trouvés par **Camara** sur les eaux minérales en sachets en 2017 à Conakry qui avaient 63,33% de non-conformité. Ils sont également différents (64,5%) des résultats de **Nguepidjo et al. (2020)** qui ont travaillé sur les eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Yaoundé. Ceci peut s'expliquer par le fait que la ville de Douala se trouve dans la mangrove du Littoral où les inondations sont le vécu quotidien des populations.

III- CORRELATION ENTRE LA CARACTERISATION BACTEROLOGIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUES

Nos résultats montrent qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les caractéristiques bactériologiques et les caractéristiques physico-chimiques.

**CONCLUSION- RECOMMANDATIONS -
PERSPECTIVES**

CONCLUSION

Parvenu au terme de notre travail où il était question d'évaluer les caractéristiques bactériologiques et physico-chimiques des eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Douala, nous avons :

-isolés des germes indicateurs de contamination fécale : 68% (CT), 56% (CF), 56% (Legionella), 52% (BHAM), 40% (Klebsiella), 36% (Campylobacter), 28% (Helicobacter)

- mis en évidence la présence de certains paramètres physico-chimiques ayant des valeurs supérieures aux normes seuil prescrites par l'OMS : MES représente un pourcentage de contamination (16%) ; STD représente un pourcentage de contamination (100%) ; TURBIDITE représente un pourcentage de contamination (100%),

-les résultats ont montré qu'il n'y a pas de corrélation statistiquement significative entre les paramètres bactériologiques et physico-chimiques

Ces sachets d'eau répondent non seulement à un besoin vital pour les consommateurs, mais constituent une source de revenue pour les producteurs et les vendeurs. Leur interdiction sans mesures de remplacements adéquats n'est pas envisageable. Par contre, l'éducation des producteurs et le suivi de leurs activités par des services d'hygiène communaux peuvent limiter les risques sanitaires.

RECOMMANDATIONS

En fonction des résultats obtenus de cette étude, il nous paraît important de recommander :

Au ministère de la santé publique

- Renforcer les mesures de lutte contre l'insalubrité publique ; aux instances le prise de décision et personnels de santé
- Pour limiter des dépenses faramineuses en matière de santé lors d'apparition des maladies survenues suite à la consommation des eaux polluées il est nécessaire de lancer des campagnes de sensibilisation vis-à-vis des populations vivantes dans des conditions d'hygiène non conforme aux normes.
- Mettre en place une cellule de communication dans le but de constamment tenir informées les populations sur les risques encourus et sur les programmes de prévention des risques ;
- Intensifier les campagnes de sensibilisation à l'intention des consommateurs des eaux de boisson en sachets plastiques mettant l'accent sur la sécurité et surtout le risque sanitaire dorénavant avéré ;

Aux vendeurs :

- Respecter scrupuleusement les règles élémentaires d'hygiène liées à la mise sachets plastiques;
- Adopter les règles d'hygiène allant à réduire voire supprimer le risque sanitaire lié à la consommation de leurs produits ;
- Utiliser les techniques de désinfection de l'eau à domicile (chloration, ébullition, filtration.) ;
- Assainir son cadre de vie ;

Aux consommateurs :

- Rester vigilants et exigeants face aux eaux de boisson en sachets achetés dans la ville de Douala ;
- Prendre conscience de l'existence du risque et ne pas les minimiser.

PERSPECTIVES

Pour nos travaux futurs, nous projetons :

- De faire l'analyse moléculaire des différents germes contenus dans les eaux en sachets ;
- De reprendre cette étude en augmentant la taille de l'échantillonnage

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Akely Aka S., (1994).** Aspects microbiologiques qualitatifs et quantitatifs d'une eau minérale naturelle africaine : le cas de l'eau minérale AWA. 115 p. Thèse Pharmacie Abidjan.
2. **Ainsworth R, ed. (2004).** Safe piped water: Managing microbial water quality in piped distribution systems. IWA Publishing, London, for the World Health Organization, Geneva. Microbiology.
3. **Boucenina Houda, (2018).** Analyse bactériologique des eaux de certaines écoles à la wilaya de mila. Université des Frères Mentouri Constantine. Mémoire de diplôme de Sciences de la Nature et de la Vie.
4. **Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, (2009).** Méthodes de prélèvement de conservation et d'analyse des échantillons relatifs à l'évaluation de la qualité de l'eau des piscines et autres bassins artificiels ; P11-13.
5. **Chérifl brahima Khalil Diop, (2006).** Etude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar. Université cheik hantadiop de Dakar. Mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales.
6. **CFPTEP, (2015).** Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada: <https://www.canada.ca/content/dam/hcsc/documents/services/publications/healthy-living/guidelines-canadiandrinking-water-quality-guideline-technical-document-ph-fra.pdf>. Consulté le 19/03/2018
7. **Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, (2006).** Les bactéries pathogènes d'origine hydrique : Micro-organismes préoccupants courants et Émergents. Santé Canada Février 2006
8. **Ekra N. B. (1993).** Evaluation des risques sanitaires liés à la consommation de l'eau glacée vendue aux abords des écoles primaires publiques d'Abidjan. Thèse Pharmacie, Abidjan.
9. **Fondation de l'eau (2021).** Eau-Fondation-Développement, compte rendu, conclusion,

recommandations

10. **KoolH. 1978 et 1970.** Treatment processes applied in public water supply for the removal of microorganisms. In: Proceeding of a symposium on biological indicators of water quality. Vol.2. University of Newcastle, 1978, pp. 17-31

11. **Mohamed Ben Ali Rim, (2014).** Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda. Thèse de magister en Ecologie et Environnement.

12. **(Ndounba, 2007)** *“Cracteristiques Biologiques et Physico-Chimiques de L’eau Consommation et Influence Du Mode D’approvisionnement Sur La Santé Des Population À Dschang. Mémoire Master. Dpt de Biologie Animale, Univ de Dschang-Cameroun”, 122p*

13. **N’diaye,(2008)**“*L’accès Des Ménages Pauvres À L’eau Potable Dans Les Bouteilles de Dakar* », in Daffé G., Diagne A. (éd.), *Le Sénégal Face Aux Défis de La Pauvreté. Les Oubliés de La Croissance, Paris, Karthala, CRES et CREPOS,*”, 376.

14. **Nanfack N.A, Carine, F.F, Anyangwe, V.K.P, Katte B, Fogoh J. M, (2014)** : Eaux non conventionnelles : un risque ou une solution aux problèmes d’eau pour les classes pauvres, Université de Dschang, Cameroun

15. **Ouafae El Hachemi (2012).** Traitement des eaux usées par lagunage naturel en milieu désertique (oasis de figuig): performances épuratoires et aspect phytoplanctonique. Université Mohammed Premier Faculté des Sciences Oujda.

16. **OMS**

- **OMS (1986).** *“Directives de Qualité Pour L’eau de Boisson : Critères D’hygiène et Documentation À L’appui” 2 : 102–6.*
- **OMS (1994).** *“Directive de La Qualité de L’eau de Boisson, 2e Édition Volume 1 ; Recommandations ; OMS ? Genève” 1: 135–43.*

- **OMS (2006.)** *Normes de l’OMS sur l’eau potable.*
- **OMS (2007)** *Analyse au laboratoire*
- **OMS (2008).** *Norme de potabilité de l’eau*
- **OMS (2009).** *“La Guerre de L’eau.”*

- **OMS (2013).** *Progrès en matière d'alimentation en eau et assainissement : Rapport*
- **OMS/BF. (1996).** *“Normes de Potabilité En Vigueur Pour Les Eaux de Consommation Au Burkina Faso (directives de l’OMS/BF Pour L’eau de Boisson.”*
- **OMS (2017).** *Eau-Fondation-Développement, compte rendu*
- **OMS (2015).** *(Organisation mondiale de la santé) rapport sur la santé dans la région africaine, oms-bureau régional de l’Afrique, suisse Genève, république du Congo ;*

17. **Pseu 201(2013.)** Progrès en matière d'alimentation en eau et assainissement : Rapport OMS/BF. 1996. “Normes de Potabilité En Vigueur Pour Les Eaux de Consommation Au Burkina Faso (directives de l’OMS/BF Pour L’eau de Boisson.”

18. **Redjem Fedoua, Rahmouni Rym (2018).** Evaluation de la qualité de l’eau potable distribuée dans la commune de Hamma Bouziane (wilaya de Constantine). Université des Frères Mentouri Constantine. Mémoire du Diplôme de Master Sciences de la Nature et de la Vie.

19. Revue Bio-Africa - N°11 - 2013, pp. 31-37 Risque sanitaire lié à des eaux en sachet plastique.

20. Samake Awa., 2002. Analyse physico-chimique et bactériologique au Laboratoire Nationale de Santé des Eaux de Consommation de la ville de Bamako (Mali) de 2000 2001. Thèse Pharm.

21. Solidarités internationale (2017). Baromètres 2017 de l’eau de l’hygiène et de l’assainissement

22. 213-220. 13. Traoré I. 2003. Recherche des salmonelles dans les viscères de poulet. DEA UFR STA, Abidjan.

23. **UNICEF (2008)** UNICEF Handbook on Water Quality. Disponible sur: www.unicef.org/wes/files/WQ_Handbook_final_signed_16_April_2008.pdf

24. **Valentin Manuel (2010)** « Bouteilles et Sachets En Plastique. Pratiques et Impacts Des Modes de Consommation D’eau À Boire Au Sénégal » Autre part, 57–70.

25. **Yapi H. (1992)** Qualité de l'eau de boisson de la ville d'Abidjan : Proposition d'un programme de surveillance sanitaire. Thèse Pharm.,Abidjan.www.lenntech.com ; Maladies hydriques- Lenntech.htm

ANNEXES

ANNEXE I : NOTE D'INFORMATION

Madame ET /OU monsieur,

Dans le cadre de la mise en œuvre du projet d'étude dont le titre est : « Etude des caractéristiques bactériologiques et physico-chimiques des eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Douala. » l'étudiant KAMGUEM JEAN ERNEST de l'Institut Universitaire des Sciences et Techniques de Yaoundé vous invite à participer à cette étude dont l'objet est de rechercher si les eaux en sachets plastiques sont dangereuses pour la santé humaine.

Cette étude se déroule dans un temps précis. Les données seront collectées à l'aide d'un questionnaire pour l'enregistrement de vos informations. Nous vous rassurons que les données recueillies seront soumises à l'exigence de la confidentialité. Les résultats seront dépouillés, traités et utilisés à des fins scientifiques.

Vous êtes libres d'accepter de participer ou non à cette étude. Vous pouvez également retirer votre consentement à tout moment sans toutes formes de représailles ou d'influence de relation avec l'équipe de recherche.

Aucune contribution financière ne vous sera demandée et aucune indemnité compensatrice ne vous sera également versée. Par ailleurs vous pouvez bénéficier des informations pour vos propres connaissances et les résultats d'analyses.

KAMGUEM Jean Ernest

Tel: 694942913/677 666715

APPENDICES

ANNE I: INFORMATION NOTE

Dear,

As part of the implementation of the study project, the title of which is: "studies of the physic-chemical and bacteriological characteristics of unconventional water sold in the city of Yaoundé. "The student KAMGUEM Jean Ernest from the Douala University Institute of Science and Technology invites you to participate in this study, the purpose of which is to show that unconventional waters are dangerous for human health.

This study takes place in a specific time. The data will be collected using a questionnaire for recording your information. We reassure you that the data collected will be subject to the confidentiality requirement. The results will be processed and used for scientific purposes. You are free to decide whether to participate in this study.

You can also withdraw your consent at any time without any form of retaliation or influence of relationship with the research team.

No financial contribution will also be paid to you. Besides, you can benefit from the information for your own knowledge.

KAMGUEM Jean Ernest

Tel: 694942913/677 666715

ANNEXE II : FICHE D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES

CARACTERISTIQUES BACTERIOLOGIQUES

Shigelle Nombre.....Coliformes totaux Nombre.....

Escherichia coli Nombre.....Entérocoques Nombre,

BHAM Nombre... Salmonelles Nombre

Proteus Nombre klebsielle Nombre

Isolement

Identification

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

PH.....Température.....Turbidité.....TDS.....Conductivité.....azote
ammoniacal.....

Phosphate...potassium...fluorure.....MES.....salinité...couleur....

ANNEXE 3 FICHE D'ENQUÊTE

Les informations collectées au cours de cette enquête sont strictement confidentielles au terme de la loi N°91/023 du 16 décembre 1991 sur les Recensements et Enquêtes Statistiques

SECTION 00 : IDENTIFICATION DE L'ENQUÊTÉ(E)

Date

Heure

Zone

d'enquête

.....|_|

Numéro séquentiel de

l'enquêté(e) : |_|_|

SECTION 01 : CARACTERISTIQUES SOCIO DEMOGRAPHIQUES DE L'ENQUÊTE

IDENTIFICATION DU VENDEUR

Initiales de

l'enquêté(e).....

.....|_|_|

Fonction de l'enquêté(e).....|_| Grossiste=1 Détaillant=2

Sexe.....|_| Homme=1 femme=2

Age.....|_|_| Nationalité.....|_| Camerounaise=1 étrangère=2(à

préciser)

Niveau d'étude...|_| Sans niveau=1, Primaire=2, Secondaire=3,

Supérieur=4 Autres=7 (à préciser).....

SECTION 02: COMPORTEMENT DANS L'EXERCISE DE LA FONCTION

1. Etes-vous le fabricant de cette eau ?..... |_| | Oui=1

Non=2

2. Quelle est l'origine de cette eau ?..... |_| |

CDE=1 forage/source=2 industrie/sachet=3 puits=4

Autres=7

3. Comment se fait l'approvisionnement dans le marché ?.....

.....

4. Quels sont d'après vous et par ordre de préférence marques les plus consommés ?

Marques

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. Quelle est la fréquence de livraison du produit ?..... |_| |

Chaque jour=1 une fois/semaine=2 deux fois/semaine=3 trois fois/ semaine=4

autres=7

6. Quelle est la quantité de produit livré ?..... |_| |

Un ballot=1 deux ballots=2 trois ballots=3 quatre ballots=4 cinq ballots=5

autres=7

7. Quel est votre dispositif de stockage/conservation ?..... |_| |

Sol à l'abri du soleil=1 glacière=2 réfrigérateur=3 seau=4 sol et exposé au soleil=5
autres=7.....

8. Nettoyez-vous les ustensiles de conservation ?..... |__|

Oui=1 non=2

9. Quelle est la fréquence d'écoulement du produit ?.....|__|

Un ballot/jour=1 deux ballots/jour=2 trois ballots/jour=3 quatre ballots/jour=4 cinq ballots/jour=5 autres=7

10. Conservation associée à d'autres produits :.....|__|

Oui=1 non=2

**11. Le produit vendu est-il satisfaisant ?.....|__| oui=1
non=2**

Pourquoi ?.....
.....

**12. un client s'est plein après consommation ?|__| oui
ou non**

**13. Douleurs abdominales après consommation ?|__| oui
ou non**

KAMGUEM Jean Ernest
Master II Biologie Clinique
Tel : 677666715/694942913

Yaoundé, le 10 Janvier 2022

A
Monsieur le Directeur Général de CODIMLAB
S/C
Madame la Coordinatrice de la section d'analyses
physicochimiques et Microbiologiques

Avis favorable

Objet : Demande d'autorisation d'effectuer mes travaux de recherche de mémoire dans votre laboratoire.

Monsieur le Directeur,

J'ai l'honneur de venir auprès de votre haute personnalité solliciter un poste de travail dans votre laboratoire pour effectuer mes travaux de recherche de Master.

En effet, je suis étudiant en cycle Master à l'Institut Universitaire des Sciences et Techniques de Yaoundé (IUSTY). Mon thème de recherche est « études des caractéristiques bactériologiques et physico-chimiques des eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Douala (Cameroun) » dirigé par Docteur Gilbert NGUEPIDJO (Enseignant à IUSTY) sous la supervision de Docteur KAPSO Mireille (Chargé de Cours) à l'Université de Douala. Je sollicite votre expérience et qualifications dans le domaine des études sur l'analyse des eaux et ainsi que l'utilisation du matériel de qualité dont vous disposez pour nous aider à réaliser ces travaux de mémoire sur une période de six mois allant de Janvier 2022 à Juin 2022.

Dans l'attente d'une suite favorable, veuillez agréer Monsieur le Directeur Général l'expression de mon profond respect.

Pièces jointes :

- Un exemplaire du protocole de recherche
- Photocopie de la CNI

KAMGUEM Jean Ernest


Dr KAPSO Mireille, PhD
Hydrobiologie/Environnement
Université de Douala

A

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE	i
DEDICACE	ii
LISTE DES ABREVIATIONS	v
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES.....	x
RESUME	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCTION	1
I. PROBLEMATIQUE.....	3
II. QUESTION DE RECHERCHE.....	4
III-HYPOTHESE DE RECHERCHE	4
IV. OBJECTIF D'ETUDE.....	4
1.1. OBJECTIF GENERAL	4
1.2. OBJECTIFS SPECIFIQUES.....	4
V. INTERET DE L'ETUDE	4
VI. JUSTIFICATION DU CHOIX DU SUJET.....	5
VII. DEFINITIONS DES CONCEPTS.....	5
VII.1. Définition de l'eau	5
VII.2. Eau Potable	6
VII.3. Eau non conventionnelle	6
VII.4. Norme de l'eau selon l'OMS.....	6
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE.....	9
I. GENERALITES SUR LES EAUX DE CONSOMMATION.....	9
I.1 Ressources en eau dans le monde.....	9
(Ndounla, 2007).	9
Figure 1 : Répartition de l'eau en fonction des usages dans le monde (Ndounla,2007). .	9
I.2 Ressources en eau au Cameroun	10
I.3 L'émergence du marché de l'eau conditionnée.....	10
I.4 L'eau en sachet.....	11

II.	LES NORMES DE LA POTABILITE DE L'EAU	11
II.1.	Caractéristique microbiologique de l'eau de boisson	12
II.1.1.	Principaux groupes de bactériens pathogènes indicateurs de pollution des eaux de boisson	12
II.2.	Qualité physico-chimique de l'eau	16
II.2.1.	Qualité physique de l'eau	16
II.2.2	La couleur	16
II.2.3.	La température	16
II.2.4.	Turbidité.....	16
II.2.5.	Les matières en suspension(MES)	17
II.2.6.	Qualité chimique de l'eau	17
II.2.7.	Solides Dissous Totaux(TDS)	18
II.2.8.	L'Azote ammoniacal.....	18
II.2.1.3.	Fluorure.....	19
II.3.	Caractéristique microbiologique de l'eau de boisson	20
III.	TECHNIQUE SIMPLE DE TRAITEMENT DES EAUX	20
III.1.	Traitement physique et microbiologique	20
III.1.1.	La sédimentation.....	20
III.1.2.	La filtration.....	21
III.1.3.	La désinfection.....	21
III.2.	Traitement d'origine chimique	21
III.3.	Hygiène des récipients et des vendeurs.....	22
III.3.1.	Hygiène des récipients	22
III.3.2.	Hygiène des vendeurs	22
CHAPITRE II	MATERIELS METHODES	24
II.3.	Approche méthodologique	27
II.3.1.	Type de l'étude	27
II.3.2.	Période de l'étude	27
II.3.3.	Méthode de l'étude.....	27
II.3.4.	Echantillonnage.....	27
I.3.5.	Outils de collecte des données.....	28
II.3.6.	Traitements et analyses des échantillons.....	28
II.3.7.	Considérations éthiques	28
II.4	Mesure des variables bactériologiques.....	28

II.4.1. Techniques d'isolements utilisées	29
II.4.1.1. La technique par étalement en boîtes de Pétri	29
II.3. Recherche des groupes bactériens	30
II.4.1. Recherche des BHAM	30
II.5. Contrôle qualité des milieux de culture	31
CHAPITRE III : RESULTATS	36
I- CARACTERISTIQUES BACTERIOLOGIQUES DES ECHANTILLONS D'EAU EN SACHETS PLASTIQUES	37
CONCLUSION	67
RECOMMANDATIONS	69
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	70
ANNEXES	70

Etude des caractéristiques bactériologiques et physico-chimiques des eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Douala

KAMGUEM Jean Ernest

Résumé

L'eau est une source de vie de par son caractère indispensable et surtout pour la place importante qu'elle occupe dans notre vie. Cette eau de boisson conditionnée en sachets plastiques est très prisée par les populations du fait de son coût abordable, son caractère rafraichissant, sa facilité de consommation et de son accessibilité. Cependant, la qualité douteuse et le manque d'hygiène constaté autour de sa vente, font craindre des risques sanitaires. C'est dans cette optique que nous nous sommes proposés d'étudier les caractéristiques bactériologiques et physico-chimiques des eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Douala au Cameroun. Notre étude quantitative transversale, à visée descriptive s'est déroulée sur une période de trois mois allant d'avril à juin 2022. Notre étude a consisté à recenser 25 sociétés de fabrication correspondant à 25 marques d'eau en sachets plastiques dans la ville de Douala. Ces eaux en sachets plastiques ont été analysés par la méthode de filtration sur membrane pour la bactériologie et la spectrophotométrie par absorption moléculaire atomique pour la physico-chimie. Les données compilées sur des fiches ont été insérées dans Microsoft Excel 2013 et analysées à l'aide du logiciel SPSS.25.0 La turbidité était non conforme pour toutes nos eaux (100%). Parlant des solides totaux dissous, 100% des eaux en sachet étaient non conformes. Nous avons noté la présence des métaux lourds dans nos eaux tels que les ptalates et le bisphénol. Toutes nos eaux étaient non conformes aux ptalates. En ce qui concerne les paramètres bactériologiques, toutes les marques d'eaux en sachets étudiées étaient contaminées soit par les coliformes fécaux, les coliformes totaux, les BHAM ou les trois groupes de germes à la fois. Les taux de non-conformité des paramètres bactériologiques et physico-chimiques sont très élevés. Ces eaux en sachets plastiques constituent un danger pour la santé des populations.

Mots clés : Caractéristiques, bactériologiques, physico-chimiques, eau en sachet, Douala.

Abstract

Water is a source of life because of its indispensable nature and especially for the important place, it occupies in our lives. This drinking water, packaged in plastic bags, is highly prized by the population because of its affordable cost, its refreshing character, its ease of consumption and its accessibility. However, the dubious quality and the lack of hygiene around its sale raise fears of health risks. With this in mind, we proposed to study the bacteriological and physico-chemical characteristics of water in plastic bags sold in the city of Douala in Cameroon. Our quantitative, cross-sectional, descriptive study was conducted over a three-month period from April to June 2022. Our study consisted in identifying 25 manufacturing companies corresponding to 25 brands of water in plastic bags in the city of Douala. These plastic sachet waters were analysed by the membrane filtration method for bacteriology and atomic molecular absorption spectrophotometry for physico-chemistry. The data compiled on sheets were inserted into Microsoft Excel 2013 and analysed using SPSS.25.0 software. Turbidity was non-compliant for all our waters (100%). Speaking of total dissolved solids, 100% of bagged water was non-compliant. We noted the presence of heavy metals in our waters such as ptalates and bisphenol. All our waters were non-compliant for ptalates. Regarding bacteriological parameters, all brands of sachet water studied were contaminated with either faecal coliforms, total coliforms, BHAM or all three groups of germs at the same time. The rates of non-compliance of bacteriological and physico-chemical parameters are very high. This water in plastic bags constitutes a danger for the health of the population.

Key words: Characteristics, bacteriological, physico-chemical, sachet water, Douala.

RUFSO Revue "Université sans Frontières pour une Société Ouverte"

ISSN : 2313-285x (en ligne)

Volume 35: numéro 2

Site Web de la revue: rufso.org

Thèse:

Langue : Français

Titre : Etude des caractéristiques bactériologiques et physico-chimiques des eaux en sachets plastiques vendues dans la ville de Douala

Auteur : KAMGUEM Jean Ernest

Publiée: Février 2023

Doi : [10.55272/rufso.rjsse](https://doi.org/10.55272/rufso.rjsse)