



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2019-2020

N° D'ORDRE : 0348 / 2021

N° CARTE D'ETUDIANT :
CI0415003877

LABORATOIRE :

BIODIVERSITE ET
ECOLOGIE TROPICALE

MASTER

Protection de l'Environnement et Gestion des Risques

THEME:

**Evaluation du niveau de contamination microbienne des
ressources alternatives d'adduction d'eau : cas des puits du
quartier soleil 2 (Daloa, Centre-ouest, Côte d'Ivoire)**

Présenté par :

N'DRI Koffi Hugues Olivier

JURY

Président : M. KOUASSI Kouakou Lazare, Professeur Titulaire,

Université Jean Lorougnon Guédé

Directeur : M. ASSEMIAN N'Guessan Emmanuel, Maître de Conférences,

Université Jean Lorougnon Guédé

Encadreur : M. KOUASSI Kouassi Clément, Maître de Conférences,

Université Jean Lorougnon Guédé

Examineur : M. SYLLA Idrissa, Maître-Assistant,

Université Jean Lorougnon Guédé

Soutenu publiquement

le: 27/02/2021

DEDICACE

A

Feu mon père N'DRI Kouamé Mathieu et à feu ma mère KOFFI Adjoua Chantal qui, m'ont apporté soutien moral et financier tout au long de mes études. Que vos âmes reposent en paix et merci pour votre inestimable affection.

A

Tous mes oncles, tantes, frères et sœurs qui par leurs conseils, encouragements et soutien moral comme financier m'ont conduit à ce niveau d'étude.

A

Tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce mémoire et qui m'ont apporté leurs soutiens durant mon parcours scolaire.

REMERCIEMENTS

Nous voudrions exprimer toute notre gratitude et reconnaissance à toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Tout particulièrement nous tenons à remercier :

Madame TIDOU Abiba Sanogo Epouse KONE, Professeur Titulaire, Présidente de l'Université Jean Lorougnon Guédé, pour tout ce qu'elle entreprend au sein de cette université.

Mes remerciements à M. KONE Tidiani, Professeur Titulaire et M. AKAFFOU Doffou Sélastique Professeur Titulaire respectivement Vice-Président en charge de la pédagogie, de la vie universitaire, de la recherche et de l'innovation technologique et Vice-Président en charge des relations extérieures, pour les efforts fournis quotidiennement en vue de la bonne marche de l'Université Jean Lorougnon Guédé.

Monsieur KOUASSI Kouakou Lazare, Professeur Titulaire à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, Président du jury, Directeur de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) Environnement, pour tous les efforts consentis en vue d'une meilleure réalisation de cette formation.

Monsieur ASSEMIAN N'Guessan Emmanuel, Maître de Conférences à l'Université Jean Lorougnon GUEDE de Daloa, Directeur Scientifique de ce travail, Responsable de la filière Production Aquacole et Protection de l'Environnement (PAPE) pour sa disponibilité et sa rigueur.

Monsieur KOUASSI Kouassi Clément (Encadreur), Maître de Conférences à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, pour tous ses conseils, son orientation, son soutien pour la réalisation de ce mémoire. Un grand merci à vous Docteur et que Dieu vous comble de sa grâce de jour en jour.

Nous exprimons notre gratitude également à l'endroit du personnel administratif de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) Environnement pour leurs enseignements qui nous ont été utiles pour la continuité de ce travail de recherche.

Je remercie le laboratoire d'Agrovalorisation de l'UFR Agroforesterie de l'Université Jean Lorougnon Guédé pour tout le soutien technique, matériel et financier.

Remerciements

J'exprime ma reconnaissance aux Docteurs KOUASSI Kra Athanase et OUINA Toualy Serges, pour leurs contributions, dévouements et conseils lors du déroulement des travaux de recherche du présent mémoire.

Mes sincères remerciements aux aînés KONAN Kouakou Ahossi et KANGA Koffi Wilfred pour leurs contributions remarquables, leurs disponibilités et conseils pour la réalisation de ce mémoire. Que Dieu le tout puissant vous élève d'avantages dans vos domaines respectifs.

Mes chaleureux remerciements à tous les Enseignants-Chercheurs de l'Université Jean Lorougnon Guédé pour les connaissances scientifiques et pédagogiques transmises au cours de mon parcours universitaire.

Mes sincères remerciements à ma famille entière, mes oncles N'DRI Kouakou François et N'DA Yao Albert pour m'avoir soutenu moralement, financièrement et spirituellement durant ces années d'études.

TABLE DES MATIERES

	Pages
TABLE DES MATIERES.....	i
LISTES DES SIGLES ET ABREVIATION.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTES DES FIGURES.....	vi
LISTE DES ANNEXES.....	vii
INTRODUCTION.....	1
Première partie : Généralités.....	3
1-EAU.....	3
1-1-Ressources en eau dans le monde	3
1-2-Gestion des ressources en eau	3
1-3-Problèmes liés à l'accès à l'eau potable en Côte d'Ivoire et dans la ville de Daloa.....	3
1-4-Importance de l'eau pour la santé humaine	4
1-5-Ressources alternative à l'adduction d'eau : puits à eaux	5
1-5-1-Définitions du puits.....	5
1-5-2-Classification et usages des puits	5
2- CONTAMINATION MICROBIENNE DE L'EAU	6
2-1-Evaluation de la contamination microbienne de l'eau	6
2-2- Critère d'appréciation de la qualité des eaux de puits.....	7
2-3-Bioindicateurs microbiens de l'eau	7
2-3-1-Coliformes totaux.....	8
2-3-2- Coliformes fécaux.....	8
2-3-3-Streptocoques fécaux	9

2-3-4-Levures et moisissures	9
2-3-5-Entérobactéries.....	9
2-3-6- <i>Escherichia coli</i>	10
2-4-Qualité d'un bon indicateur.....	10
2-5 - Maladies à transmission hydrique	11
2-5-1-Maladies d'origine bactérienne.....	12
2-5-1-1- Choléra.....	12
2-5-1-2- Fièvre typhoïde	13
2-5-2- Maladies d'origine virale	13
2-5-2-1- Hépatite A.....	13
2-5-2-2-Poliomyélite.....	13
2-6- Prévention des risques de maladies à transmission hydrique.....	14
Deuxième partie : Matériel et méthodes.....	17
1-MATERIEL.....	17
1-1- Présentation de la zone d'étude.....	17
1-2- Matériel technique.....	17
1-3- Matériel étudié.....	18
1-4- Milieux de culture	18
1-5- Normes employées	18
2- METHODES	19
2-1- Elaboration du questionnaire d'enquête et enquête auprès des ménages.....	19
2-2- Echantillonnage des eaux de puits	20
2-2-1- Prélèvement et transport des échantillons.....	20
2-3- Technique d'analyses microbiologiques	20

2-3-1- Préparation des milieux de culture.....	20
2-3-2- Préparation de la suspension mère et des dilutions décimales.....	20
2-3-2-1- Préparation de la suspension mère.....	20
2-3-2-2- Préparation de la dilution décimale.....	21
2-4-Ensemencement, incubation et dénombrement.....	21
2-5-Denombrement des microorganismes.....	22
Troisième partie : Résultats et discussion.....	26
1- RESULTATS.....	24
1-1- Caractéristiques des puits servant de sources alternatives à l’adduction d’eau potable..	24
1-1-1- Description du système de protection des puits.....	24
1-1-2- Différents types d’usage domestique de l’eau de puits.....	25
1-1-3- Environnement immédiat des puits.....	25
1-1-4-Profil des utilisateurs de l’eau de puits comme source alternative à l’adduction d’eau potable.....	26
1-2-Suivi des paramètres microbiologiques des eaux de puits.....	27
1-2-1-Flore microbienne de contamination.....	27
1-2-2-Flore microbienne d’origine fécale et leur origine.....	28
1-2-2-1- Flore microbienne d’origine fécale.....	28
1-2-2-2- Origine des germes d’origine fécale.....	29
1-2-3-Germes potentiellement pathogènes : <i>E. coli</i>	30
2-DISCUSSION.....	31
CONCLUSION.....	35
Références.....	37
Annexes.....	47

LISTES DES SIGLES ET ABREVIATION

BEA	:	Bile Esculine Azide
PCA	:	Plate Count Agar
VIH	:	Virus de l'immunodéficience Humaine
SIDA	:	Syndrome de l'immunodéficience Acquis
UNICEF	:	Fond des Nations Unies Pour l'enfance
OMS	:	Organisation Mondiale de la Santé
SODECI	:	Société de Distribution D'Eau de Cote D'Ivoire
VRBG	:	Violet Rouge neutre Bile Glucose Gélose Glucosée Biliée au Rouge neutre et au cristal Violet
UFC/mL	:	Unité Formant Colonie par mL
EPT	:	Eau Peptonée Tamponnée
<i>E. coli</i>	:	<i>Escherichia coli</i>
CF	:	Coliformes fécaux
SF	:	Streptocoques fécaux
GAM	:	Germes Aérobie Mésophile
MCo	:	Puits sans cuvelage
MCCo	:	Puits avec margelle, cuvelage et couvercle
MC	:	Puits avec margelles et bien cuvelés pas couvertes
LM	:	Levures et moisissures

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau I: Indices caractéristiques des différents types de puits	6
Tableau II : Critères d'hygiène et de sécurité applicables aux eaux de puits	7
Tableau III : Infections transmissible par l'eau.....	11
Tableau IV : Critères pour la détermination de l'origine de la contamination fécale	23
Tableau V : Profil des utilisateurs de l'eau de puits	27
Tableau VI : Profil des utilisateurs de l'eau de puits.....	28
Tableau VII : Charges moyennes des germes d'origine fécale	29
Tableau VIII : Ratio coliformes fécaux/ streptocoques fécaux des différents puits	30
Tableau IX: Germes potentiellement pathogènes : <i>E. coli</i>	31

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1 : Bioindicateurs de la contamination microbienne de l'eau.....	8
Figure 2 : Situation géographique des différents puits étudiés	17
Figure 3 : Echantillon d'eau prélevé.....	18
Figure 4 : Echantillonnage.....	20
Figure 5 : Puits investigués.....	20
Figure 6 : Diagramme de réalisation de la suspension mère et des dilutions décimales	21
Figure 7 : Différents types de support de couverture des puits du quartier soleil 2 de la ville de Daloa.....	24
Figure 8 : Différents types d'usage domestique de l'eau de puits.....	25
Figure 9 : Répartition des potentiels facteurs de pollution de l'eau de puits du quartier soleil 2 de Daloa.....	26

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Fiche d'enquête

INTRODUCTION

L'eau est une ressource essentielle aux besoins fondamentaux de l'homme et à son environnement (Yapo *et al.*, 2010), cependant elle peut être aussi une source de maladie (Coulibaly, 2005). D'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé, cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la contamination des aliments ou de l'eau de boisson (Coulibaly, 2005). La consommation d'une eau potable, facteur déterminant dans la prévention des maladies liées à l'eau, doit bénéficier d'une attention particulière. En effet, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir ni substances chimiques dangereuses, ni germes nocifs pour la santé.

Des études menées en Côte d'Ivoire en milieu urbain par Coulibaly *et al.* (2004), Fofana (2005), Jourda *et al.* (2006), et Yapo *et al.* (2010) ont permis de caractériser les eaux de puits à usage domestique des quartiers précaires d'Abidjan et de mettre en évidence les sources de pollution de ces puits. Les résultats de ces études font état de pollution, chimique et bactériologique d'origine anthropique. La ville de Daloa, comme celle d'Abidjan, exploite pour son alimentation en eau potable la nappe profonde. Desservie par le service public d'eau potable depuis 1967, la ville bénéficie régulièrement de programmes de renforcement de ces infrastructures et équipements pour un accès de qualité à l'eau (Koukougnon, 2012).

Cependant l'offre du service public de l'eau se caractérise par une inconstance avec une desserte intermittente et des baisses de pression d'eau allant jusqu'au manque d'eau dans les robinets (Koukougnon, 2020). Face à cette situation, la population du quartier soleil 2 en réaction à la pénurie d'eau a recours à des puits. La construction de ces puits se fait souvent sans tenir compte des recommandations de l'OMS. L'eau issue de ces puits pourrait être soumise à diverses contaminations notamment les contaminations microbiennes.

D'après l'Organisation Mondiale de la Santé, l'eau destinée à la consommation et aux besoins des ménages ne doit pas contenir de microorganismes pathogènes ; aucun échantillon de 100 mL d'une eau destinée à la consommation ne doit contenir de germes anaérobies sulfito-réducteurs, de coliformes et de streptocoques (WHO, 2008).

Ainsi, cette étude a été menée afin d'évaluer le niveau de contamination microbienne des eaux de puits et déterminer les risques sanitaires auxquels s'exposeraient les populations qui utilisent cette eau. De façon spécifique, il s'agit de :

- ✓ Caractériser les puits servant de sources alternatives à l'adduction d'eau potable ;
- ✓ Déterminer les caractéristiques microbiologiques des eaux de puits ;
- ✓ Déterminer les risques sanitaires microbiologiques et les origines des contaminations.

Le contenu de ce mémoire est structuré en trois parties essentielles hormis les pages intermédiaires, l'introduction, la conclusion, les perspectives et les références. La première partie présente la revue de la littérature portant sur les eaux, la contamination microbienne de l'eau, les maladies hydriques liées à la mauvaise qualité de l'eau et la prévention des risques de maladies à transmission hydrique. La deuxième partie décrit le matériel et les méthodes utilisés pour atteindre nos objectifs. La troisième partie présente les principaux résultats obtenus suivis de leur discussion.

Première partie : Généralités

1-EAU

1-1-Ressources en eau dans le monde

Il est difficile de donner un ordre de grandeur, même approximatif, de la quantité d'eau contenue dans la croûte terrestre. Citons pourtant les chiffres de certaines estimations, faisant ressortir le volume total des eaux de notre planète à

- 97,20 % : eaux salées, 1 300 millions de km³.
- 2,15 % : glaces polaires, 25 millions de km³.
- 0,63 % : eaux souterraines, 150 000 km³.
- 0,019 % : eaux de surface (lacs, fleuves, et rivières), 350 000 km³.
- 0,001 % : eaux dans l'atmosphère, 13 000 km³.

Le temps moyen qui doit s'écouler pour que le volume stocké dans un réservoir à un moment donné soit remplacé entièrement par les apports postérieurs, l'eau se renouvelle plus ou moins vite : 1 000 ans pour une nappe souterraine, 4 000 ans pour un océan, 15 000 ans pour un glacier. Or seule l'eau douce (dont une partie seulement est facilement mobilisable) est utilisée pour les besoins vitaux de l'homme (alimentation, agriculture...). On estime que plus de 80 pays dans le monde (soit, plus de 40 % de la population du globe) connaissent de sérieuses pénuries d'eau. (Boukamoum, 2016)

1-2-Gestion des ressources en eau

L'UNICEF accorde une place importante à l'élaboration de normes et des lois nationales relatives à la qualité de l'eau, et la mise en œuvre de la surveillance de la qualité de l'eau au niveau des collectivités locales. Dans les régions du Bangladesh, du Vietnam et d'autres pays touchés par l'arsenic, on procède à des essais grandeur nature de technologie basées sur les filtres domestiques et mets au point des sources de substitution sans arsenic, telles que les systèmes de captage des eaux de pluie, les puits de surface et les systèmes de filtration des étangs (Bengaibona , 2010).

1-3-Problèmes liés à l'accès à l'eau potable en Côte d'Ivoire et dans la ville de Daloa

Le droit à l'eau potable et à l'assainissement est un droit de l'homme explicitement reconnu par l'assemblée générale des Nations Unies en 2010. Dans le monde entier, la problématique de l'accès

à l'eau potable demeure une préoccupation pour les autorités. Par ailleurs, 30 % de la population mondiale, n'ont pas accès à des services d'alimentation domestique en eau potable, et surtout dans les pays en développement où les infrastructures des services de base ne suivent pas la croissance démographique dû à une urbanisation anarchique. Cet état de fait entraîne des difficultés d'approvisionnement pour les populations en eau potable. (Awomon *et al.*, 2019)

En Côte d'Ivoire comme, dans la plupart des pays africains, les populations vivent ce phénomène. Les villes de l'intérieur du pays sont sujettes à d'énormes difficultés d'approvisionnement en eau potable. A Daloa, seulement 4,3 % des ménages des quartiers précaires sont raccordés à la Société de distribution d'eau de la Côte d'Ivoire et 95,7 % non raccordés. La ville de Daloa enregistre un faible niveau d'accès des ménages à l'eau distribuée par la SODECI. (Awomon *et al.*, 2019)

Ce constat est dû au coût jugé élevé du branchement et de l'abonnement au réseau de distribution dans un contexte de paupérisation généralisé de la population urbaine (Awomon *et al.*, 2019). L'usage quasi-exclusif de l'eau de puits traditionnel dans des quartiers de Daloa résulte de l'absence de couverture du réseau d'eau et du coût de revient très élevé pour tout éventuel raccordement au réseau d'eau potable. Le demandeur d'un branchement d'abonnement devra déboursier 167 356 F.CFA (Awomon *et al.*, 2019), au titre des frais de connexion au-delà des 12 mètres accordés après la canalisation principale. Le requérant devra payer des frais supplémentaires. Et la triste réalité, c'est que ces quartiers demeurent éloignés des canalisations d'eau potable (Koukougnon, 2012).

1-4-Importance de l'eau pour la santé humaine

L'eau est une commodité première sans laquelle aucune vie n'est possible. Elle est indispensable à la vie de l'homme, des plantes et des animaux. Elle est un important facteur de progrès qui conditionne l'évolution des communautés quand l'approvisionnement est adéquat pour permettre aux habitants de vivre sainement et confortablement (Frantzy, 2017). Ce nutriment indispensable est le principal composant du corps humain puisqu'il représente environ les 2/3 du poids corporel. Pour un adulte de 80 kg, son corps renferme 50 à 60 litres d'eau. L'eau permet tous les échanges nutritifs à l'intérieur des cellules et aussi entre les cellules présentes dans nos différents organes ; même les influx nerveux ont besoin d'un milieu aqueux pour que les échanges d'ions et de particules électriques puissent avoir lieu (Vermande, 2002). Comme pour le climat terrestre, l'eau contrôle notre température interne. Nous faisons tous partie intégrante du cycle global de l'eau qui

nous lie, à travers le sang, le liquide rachidien et le liquide amniotique. Notre vie est dépendante des fonctions biologiques assumées par l'eau. Celle-ci assure la dissolution et le transport des aliments et des carburants (énergie) à travers notre organisme et nos voies métaboliques. Elle purifie nos cellules, les débarrasse des déchets et remplit tout notre système vital du liquide rachidien au liquide amniotique. En l'état des connaissances, l'eau liquide est la seule capable de dissoudre les nutriments pour les amener aux cellules et débarrasse celles-ci des métabolites et des impuretés (Bouguerra, 2003). Ce rôle crucial ne peut se concevoir sans la notion de salubrité. Si la fourniture de l'eau doit se faire en quantités suffisantes, il est également nécessaire que cette eau soit saine et pure, car elle est connue comme le véhicule le plus commun et le plus important de la transmission des maladies (Fantzy, 2017). À ce titre, l'eau est une préoccupation majeure de l'hygiène publique.

1-5-Ressources alternative à l'adduction d'eau : puits à eaux

1-5-1-Définitions du puits

Un puits est un trou vertical, généralement cylindrique, permettant d'atteindre la nappe phréatique. Le puits est composé principalement d'un équipement de surface (margelle, couvercle, treuille...), d'un cuvelage qui le protège de l'effondrement, des parois et d'une colonne de captage de la nappe (Myslik, 2006).

1-5-2-Classification et usages des puits

Les puits sont caractérisés par leur profondeur et leur diamètre. Ces caractéristiques permettent de distinguer généralement les puits forés à la sondeuse, les puits à pointe filtrante, les puits forés à la tarière et les puits creusés par des outils (Tableau I). Par ailleurs, la majorité des puits creusés par les outils traditionnels en Afrique de l'Ouest ne disposent en général pas de tous les équipements de protection.

Tableau I: Indices caractéristiques des différents types de puits (Myslik, 2006).

Diamètre du tubage	Profondeur (p)	Types de puits
Très faible diamètre 2,5 - 5 cm	$p < 10$ m	Puits à pointe filtrante
Faible diamètre 10 - 20 cm	$p \leq 30$ m	Puits forés à la sondeuse
Grand diamètre 60 - 120 cm	$15 \text{ m} \leq p \leq 30 \text{ m}$	Puits forés à la tarière
Grand diamètre 60 - 120 cm	$p \leq 9$ m	Puits creusés par des outils traditionnels

2- CONTAMINATION MICROBIENNE DE L'EAU

La contamination microbiologique est une forme de pollution de l'eau engendrée par la présence de microorganismes pathogènes tels que des virus, des parasites ou des bactéries. Ceux-ci peuvent présenter un risque pour la santé humaine ou animale. La grande majorité des problèmes de santé liés à l'eau et, surtout les plus graves résultent d'une contamination microbiologique. Le risque microbiologique est majoritairement associé à l'ingestion d'eau contaminée avec les matières fécales humaines ou animales (OMS, 2006).

2-1-Evaluation de la contamination microbienne de l'eau

L'évaluation de la contamination microbienne de l'eau consiste réellement à déterminer sa qualité microbiologique. La qualité microbiologique de l'eau est évaluée par la recherche de plusieurs types de microorganismes, notamment des bactéries témoins de la contamination fécale. Ces germes, peu dangereux par eux-mêmes excepté *E. coli*, montrent que des micro-organismes pathogènes peuvent s'introduire dans le réseau. Leur présence dans l'eau révèle donc un manque de fiabilité des équipements. C'est ainsi que la détection des coliformes fécaux dans une eau traitée doit faire sérieusement soupçonner une contamination d'origine fécale (Elmund *et al.*, 1999).

2-2- Critère d'appréciation de la qualité des eaux de puits

Le tableau II qui suit présente les critères microbiologiques applicables aux eaux de boisson et de préparation

Tableau II : Critères d'hygiène et de sécurité applicables aux eaux de puits

Germes recherchés	Critères	References
Levures et moisissures	10 ⁵ UFC/100 mL	Décret n° 91-980 du 20 septembre 1991 issu de la directive 76/160/CEE du 8 décembre 1975
<i>E. coli</i>	Absence/100 mL	
Coliformes fécaux	10 UFC /100 mL	
Streptocoques fécaux	Absence/100 mL	
Coliformes totaux	10 UFC /100 mL	
Enterobacteries	10 UFC/100 mL	
Germes aérobies mésophiles	10 ⁵ UFC/100 mL	

2-3-Bioindicateur microbiens de l'eau

Les bioindicateurs microbiens sont utilisés pour rendre compte de la qualité de l'eau. Ces bioindicateurs microbiens dits « classiques » sont entre autres coliformes totaux, coliforme fécaux, streptocoques fécaux, levures et moisissures, entérobactéries, *E. coli*. (Edberg *et al.*, 2000)

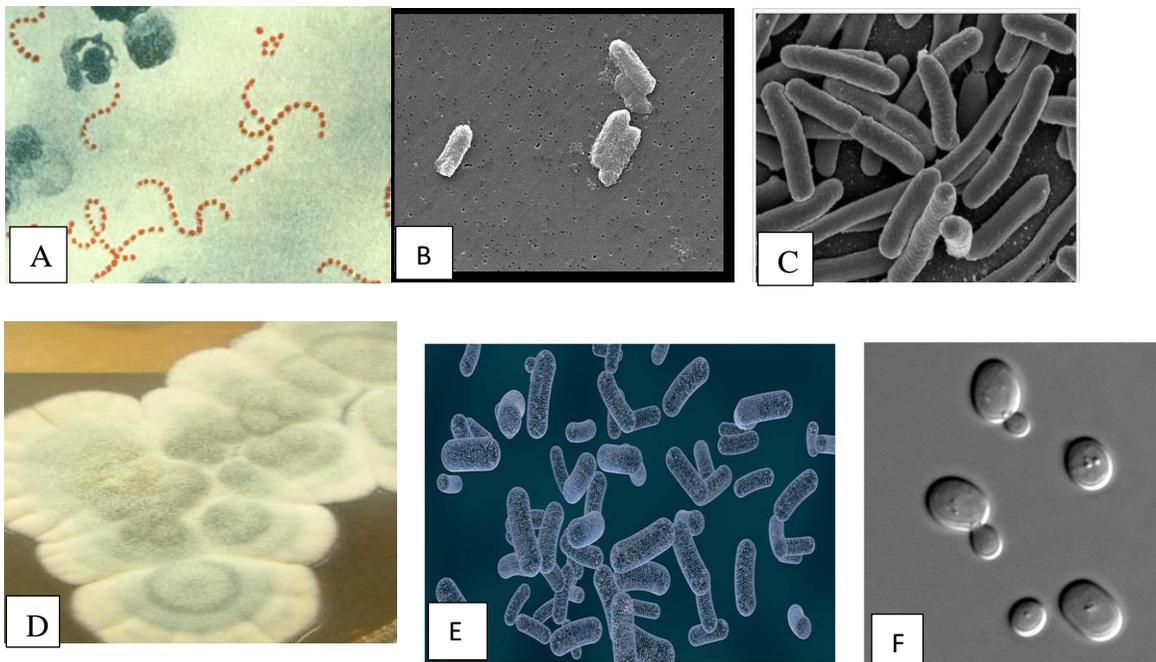


Figure 1 : Bioindicateurs microbiens de l'eau. (Edberg *et al.*, 2000)

A : *Streptococcus pyogenes* (Streptocoques fécaux).

B : *citrobacter* (coliformes totaux).

C: *Escherichia coli*

D: *Penicillium notatum* (Moisissure).

E : *Klebsiella pneumonia*

F : *Saccharomyces-cerevisiae*

2-3-1-Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent indirectement s'associer à une pollution d'origine fécale. Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme β -galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélosé approprié (Archibald, 2000 ; Edberg *et al.*, 2000). La quasi-totalité des espèces sont non pathogènes et ne représente pas de risque direct pour la santé (Edberg *et al.*, 2000 ; OMS, 2000), à l'exception de certaines souches d'*E. coli*.

2-3-2- Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux ont la capacité de fermenter le lactose à une température de 44,5°C. L'espèce la plus habituellement associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (Elmund *et al.*, 1999; Edberg *et al.*, 2000). *E.coli* est la seule bactérie indicatrice qui représente sans équivoque une contamination d'origine fécale animale ou humaine. Sa détection dans une eau doit être considérée comme reflétant la présence possible des germes pathogènes d'origine entérique *E. coli* est considérée en fait comme le meilleur indicateur de contamination fécale de l'eau (Edberg *et al.*, 2000) qui selon son origine, comporte des risques plus ou moins importants d'infection à caractère entérique (Bopp *et al.*, 1999).

2-3-3-Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux (SF) sont des espèces appartenant au genre *Enterococcus* et quelques-uns seulement au genre *Streptococcus*. Ce sont des bactéries sphériques, regroupées en paire ou en chaîne, à Gram positif, catalase négative et anaérobies facultatives. Ils se développent en présence d'azote et fermentent des hydrates de carbone pour produire de l'acide lactique (OMS, 2008).. L'utilité des streptocoques comme indicateur de pollution fécale réside d'abord dans le fait que comparativement aux coliformes, ils sont plus résistants aux conditions environnementales difficiles (même après une importante dilution) et sont plus persistants dans l'eau. De ce fait, ils sont plus nombreux à être détectés (Groupe Scientifique sur l'Eau (GSE), 2002). Cette forte résistance caractérise une contamination plus ancienne et est comparée à une potentielle contamination virale (Lin & Ganesh, 2013). Ensuite, la présence d'entérocoques est liée à celles des coliformes fécaux et des *E. coli* dans les eaux de consommation non traitées (GSE, 2002). Par ailleurs, certaines espèces sont impliquées dans diverses infections nosocomiales où le genre *Enterococcus* est reconnu comme la troisième plus importante cause de ce type d'infection (Facklam *et al.*, 1999 ; Hancock & Gilmore, 2000).

2-3-4-Levures et moisissures

Les moisissures et les levures font partie de la classe de champignons microscopique. Les moisissures, malgré qu'elles soient considérées comme micro-organisme, elles peuvent être visibles à l'œil nu lorsqu'elles se multiplient en grand nombre pour former une colonie. Elles peuvent être noires, blanches, vertes ou bleues. Elles peuvent être cotonneuses, granuleuses ou veloutées. Les moisissures sont présentes dans l'environnement et elles y jouent un rôle bien important. En effet, elles font partie des organismes qui dégradent, décomposent la matière. Tout comme les bactéries et les virus, elles peuvent avoir divers effets nocifs sur la santé tout dépendamment de sa nature, de sa quantité, de la durée d'exposition et de la sensibilité de l'individu exposé. (airtests.ca)

2-3-5-Entérobactéries

La famille des entérobactéries comprend environ 30 genres de bactéries et de plus de 100 espèces. Ce sont des bacilles à Gram négatif, immobiles ou mobiles grâce à une ciliature péritriche. Ils sont aéro-anaérobies facultatifs et se développent sur milieu ordinaire. Ils sont des hôtes du tube digestif de l'homme et de nombreux animaux où ils sont retrouvés soit à l'état pathogène, soit à l'état de

commensaux. Mais cette localisation digestive n'est pas exclusive (Drame, 2001). On les retrouve également dans l'environnement (sols, eau) où ils participent à la dégradation des matières organiques, à l'altération des plantes suite à des nécroses, à une dégénérescence ou à un ramollissement (Gueye, 2007). Les entérobactéries d'intérêt sont souvent regroupées en 4 tribus *Escherichia*, *Klebsiellae*, *Proteae* et *Yersinia* (Denis & Ploy, 2007).

2-3-6-*Escherichia coli*

Caractérisé par les enzymes *B*-galactonidase et *B*-glucoronidase, *Escherichia coli* correspond à des coliformes thermotolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane (Emmanuel, 2004). Il est abondant dans les fèces humaines et animales jusqu'à des concentrations de 10^9 par gramme de matières sèches. Sa présence est l'indicateur le plus précis de la contamination par les matières fécales qui peut contenir des microorganismes pathogènes, comme des bactéries, des virus ou des parasites (El Haissoufi *et al.*, 2011). Selon Emmanuel (2004), il est aussi retrouvé dans les eaux d'égout, les effluents traités, ainsi que dans toutes les eaux naturelles et les sols victimes d'une contamination fécale récente, qu'elle soit d'origine humaine, animale ou agricole.

2-4-Qualité d'un bon indicateur

On distingue deux types principaux d'indicateurs :

-**Les indicateurs de contamination** qui permettent d'apprécier avec plus ou moins de sûreté ou de précocité le risque d'une contamination éventuelle par les microorganismes pathogènes ;

-**Les indicateurs d'efficacité de traitement** qui permettent d'évaluer la qualité d'un traitement vis-à-vis d'un microorganisme ou de plusieurs microorganismes pathogènes dont la présence peut être redoutée. Il en résulte que pour servir d'indicateur de contamination fécale, un organisme doit présenter un certain nombre de caractéristiques :

- ✓ Il doit être présent en même temps que les pathogènes et l'être en plus grand nombre qu'eux afin de faciliter l'analyse des échantillons. En principe, le nombre de microorganismes indicateurs devraient être proportionnel au taux de pollution fécale ;
- ✓ Il doit avoir une croissance supérieure à celle des pathogènes éventuellement présent dans l'échantillon et présenter des propriétés culturales et biochimiques uniformes et stables ; de plus, il doit être facile à isoler, à identifier, et à énumérer en analyse de routine ;

- ✓ Enfin, il est souhaitable qu'il soit plus résistant aux agents de désinfection et au milieu aquatique que les pathogènes afin que sa destruction marque avec certitude celles des pathogènes (Rodier, 1996).

2-5 - Maladies à transmission hydrique

Les maladies à transmission hydrique (MTH) recouvrent un large éventail de manifestations pathologiques d'origine bactérienne, parasitaire ou virale dont l'élément commun est le mode de contamination : l'eau. (Kreisel, 1991). (Tableau III)

Tableau III : Infections transmissibles par l'eau (Kreisel, 1991).

Origine de contamination	Pathologie	Microorganismes	Classification	
I	GE et syndromes cholériques	<i>Aeromonas spp</i>	Bactéries	
I	GE	<i>Camphylobacter jejuni</i>		
I	GE et syndromes cholériques	<i>Clostridium perfringens</i>		
Inhalation d'aérosols	Pneumopathie, fièvre	<i>E.coli</i> enteropathogènes, enterotoxiques, enteroinvasives		
C (baignade, eaux, aliments)	Leptospiroses ictérochémorragiques	<i>Legionella pneumophila</i>		
C	Infection cutanée, suppurative, ou épurative. Surinfection, pneumopathies	<i>Leptospira spp</i>		
I (eaux, coquillage)	Fièvres typhoïdes	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
I	GE Infection systémiques	<i>Salmonella typhiques et paratyphiques</i>		
I	GE et dysenterie	<i>Salmonella typhimurium</i> <i>Salmonella enteridis</i>		
C (baignades)	GE	<i>Shigella dysenteriae</i>		
C	Infection cutanée suppurative	<i>Staphylococcus aureus</i>		
I (eaux, coquillage) Coquillage, poissons	GE et cholera infection cutanée GE	<i>Vibrio cholerae ; Vibrio spp</i> <i>Vibrio parahaemolyticus</i>		
I	GE	<i>Yersinia enterocolitica</i>		
I C, piscines	GE Pharyngite, conjonctivite	Adenovirus		
I	Poliomyélite, affections neurologiques, respiratoires cutanées, musculaires et cardiaques	Enterovirus		

I(eaux,coquillage)	Hepatitis	Hépatite A virus(virus HAV) Hépatite E virus (HEV)	Virus
C(en piscine)	Verrues	Papilloma virus	
I	GE	Rotavirus	
I(kystes) C	Amibiase kérative	Amibes : <i>Naegleria,Entamoeba,</i> <i>Acanthamoeba, Balanridium</i>	Protozoaires
I	GE	<i>Cryptospridium pavum</i>	
I (kystes)	GE giardise	<i>Giardia lamblia</i> <i>Giardia intestinalis</i>	
C(baignade en piscine) I	Anguilluse	Anguillules	Helminthes
C (larves)	Ankylostomiase	<i>Ankylostoma duodenle</i> <i>Ankylostoma brasiliensis</i>	
I (larves)	Ascariodose	<i>Ascaris lumbricoides</i>	
C(voies transcutanée)	Bilharziose	<i>Schistosoma</i>	
I irrigation par eaux usées	Teaniasus	<i>Taenia saginata</i> <i>Taenia solium</i>	
C(baignade en mer, en piscine)	Candidose	<i>Candida albicans</i>	Fungi
C(eaux de mer)	Mycoses cutanées	Dermatophytes : <i>Trichophyton,</i> <i>Microsporium</i> <i>Trichosporium</i>	

I : contamination par ingestion d'eau

C : contamination par contact avec l'eau contaminée

GE : gastro-entérites (se traduisant par douleurs abdominales, diarrhées, vomissements, fièvre à des degrés divers)

spp : diverses espèces

La liste des infections pouvant être transmises par voie hydrique étant très longue nous ne retiendrons que les grandes familles ainsi que les espèces responsables.

2-5-1-Maladies d'origine bactérienne

2-5-1-1-Choléra

C'est une maladie infectieuse diarrhéique à caractère épidémique, d'origine bactérienne, transmise par voie digestive. L'agent pathogène de Choléra est un bacille Gram négatif : *Vibrio cholerae*. Il s'agit d'une bactérie appartenant à la famille des Vibrionaceae et au genre du cholerae. La transmission de ce germe est donc hydrique ou inter-humaine : eaux polluées, produits marins

contaminés, fruits et légumes irrigués, mains sales (toilette et transport des cadavres, repas). Le syndrome « cholérique » est caractérisé par l'apparition brutale d'une diarrhée aqueuse, eau de riz, d'odeur fade, sans glaire ni sang, avec des vomissements abondants, entraînant une déshydratation rapide et sévère réalisant la triade « diarrhée aqueuse, vomissements, déshydratation ». Le nombre d'émission est de l'ordre de 10 à plus de 50 par jour (4 à 20 litres de liquides) (Piar, 2002 ; Aubry, 2013).

2-5-1-2-Fièvre typhoïde

La fièvre typhoïde (du grec tymphos, torpeur) ou typhus abdominal est une maladie infectieuse découverte en 1818 par Pierre Bretonneau, causée par une bactérie de la famille Entérobactérie, du genre des salmonelles dont les espèces responsables sont : *Salmonella enterica*, *Salmonella typhi* ou *Salmonella paratyphi* A, B et C. C'est une maladie bactérienne transmissible strictement humaine. Elle est provoquée par des salmonelles que l'on trouve dans le lait, la nourriture ou l'eau contaminée. Elle est parfois grave, en particulier en raison de ses complications et du terrain sur lequel elle survient généralement la malnutrition. Son diagnostic est souvent difficile d'où l'importance d'évoquer une typhoïde devant toute fièvre qui dure, habituellement associée à des troubles digestifs ou neurologiques (Jamai *et al.*, 2010).

2-5-2- Maladies d'origine virale

2-5-2-1- Hépatite A

L'hépatite A est l'hépatite virale la plus répandue au monde avec des zones de haute endémicité en Afrique et en Asie du Sud-est. Elle est bénigne dans près de 99% des cas. L'agent causal de cette maladie est le virus de l'hépatite A (VHA) appartenant à la famille de Picornaviridae genre *Héparnavirus*. Le virus de l'hépatite A (VHA) se transmet en général par voie féco-orale, soit par contact direct d'une personne à l'autre, soit par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés. La contamination peut être par l'eau de boisson ou de piscine contaminée. Les eaux usées sont également susceptibles de transmettre le VHA au personnel d'entretien des réseaux d'assainissement. Pour cette maladie virale, il n'y a pas de traitement spécifique. Il y a des vaccins sûrs et efficaces utilisés pour la prévention de l'hépatite A (Belataf *et al.*, 2004 ; OMS, 2012).

2-5-2-2-Poliomyélite

La poliomyélite est une maladie infectieuse aiguë, essentiellement neurotrophe, immunisante, endémo-épidémique, causée par des poliovirus sauvages (3 sérotypes différents 1, 2 et 3). La

transmission se fait par voie oro-pharyngée dans les pays développés, par voie féco-orale dans les pays en voie de développement (mains sales, eaux). L'infection est inapparente dans l'immense majorité des cas ; une forme clinique patente pour 200 formes inapparentes. Cette maladie est apparue dans les pays à mauvaise hygiène : l'endémie y est permanente avec une recrudescence saisonnière estivo-automnale, elle touche surtout les jeunes enfants entre 3 mois et 5 ans (paralyse infantile) (Zoungrana, 2009 ; Aubry & Gaüzere, 2012).

2-6- Prévention des risques de maladies à transmission hydrique

La chloration est la désinfection de l'eau potable par le chlore. Le chlore est l'un des désinfectants les plus utilisés pour le traitement de l'eau (Murray & Lantagne, 2015). Depuis le début du 20^{ème} siècle, l'usage du chlore dans les chaînes de traitement d'eau potable a contribué à l'éradication des épidémies de diarrhée en Amérique du Nord et en Europe.

Dans les pays en voie de développement, en plus de son usage dans les systèmes d'adduction d'eau potable, le chlore sert à désinfecter directement l'eau potable provenant des autres sources (rivières, sources, puit, forages...) stockée dans les ménages à faibles revenus (Quick *et al.*, 2002 ; Crump *et al.*, 2004, 2005 ; Chiller *et al.*, 2005 ; Girones *et al.*, 2014 ; Mohamed *et al.*, 2015). Il est également utilisé dans les situations d'urgences (catastrophe naturel, guerre) où il y a peu d'infrastructures fiables d'approvisionnement en eau potable.

Les avantages de la chloration sont le faible coût du chlore, la simplicité d'utilisation et l'efficacité à l'inactivation de la plupart des micro-organismes pathogènes responsables des maladies hydriques (Murray & Lantagne, 2015). Le chlore résiduel est maintenu dans l'eau et empêche une recontamination microbienne dans la distribution, le transport et le stockage de l'eau (OMS, 2011). Mais, cette méthode présente des inconvénients liés à l'acceptabilité du goût de l'eau, l'inefficacité du chlore contre les protozoaires *Cryptosporidium* et la formation de sous-produits de la désinfection tels que des trihalométhanes et des acides halo acétique ayant des effets cancérigènes (Rook, 1974). Cependant, les risques sanitaires de ces sous-produits sont extrêmement faibles comparés aux risques liés à la non-désinfection de l'eau (OMS, 2011). Le chlore est un oxydant puissant qui détruit les virus et bactéries pathogènes contenus dans l'eau (Tampo *et al.*, 2014). Hassen *et al.* (2000) ont par ailleurs montré que la dose de chlore influence la cinétique de l'inactivation des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux.

Il existe plusieurs composés chlorés tel le dioxyde de chlore (ClO_2), le dichlore gazeux (Cl_2), l'hypochlorite de sodium (NaOCl) et l'hypochlorite de calcium ($\text{Ca}(\text{ClO}_2)$) (Grondin, 2005). L'hypochlorite de calcium est sous forme granulée, à l'apparence blanchâtre ou grisâtre. Il présente une forte odeur ocre et est facilement soluble dans l'eau. Sa solution est un liquide translucide vert jaune. Il est caractérisé par un excellent effet bactéricide, une bonne solubilité, une haute stabilité et un temps de conservation long à la température ambiante. Son effet bactéricide augmente avec la durée de contact du désinfectant avec l'eau.

Deuxième partie : Matériel et méthodes

1-MATERIEL

1-1- Présentation de la zone d'étude

Cette zone est située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire entre le 6°90' latitude Nord et le -6°45' longitude Ouest. Les sites investigués sont tous situés au quartier soleil 2 comme l'indique la figure ci-dessous (figure 2).

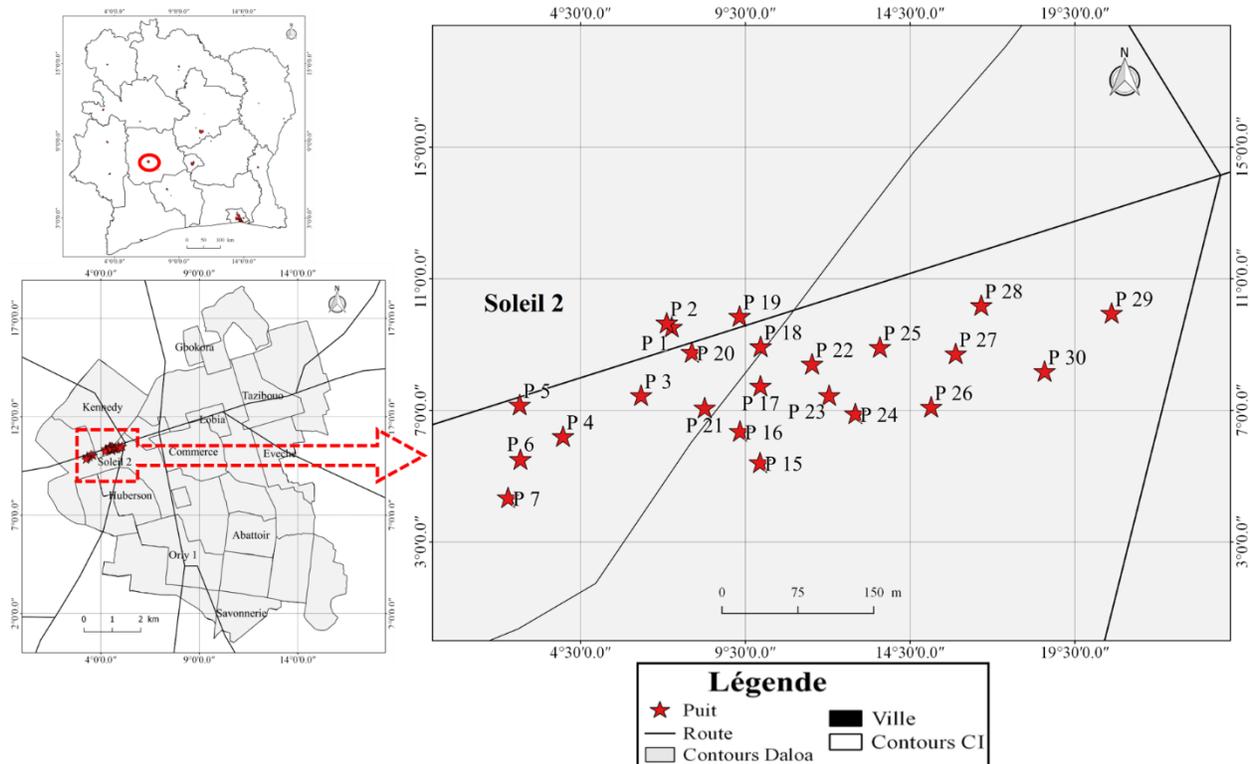


Figure 2 : Situation géographique des différents puits étudiés

1-2- Matériel technique

Les moyens matériels techniques utilisés pour la réalisation de cette étude sont les suivants :

- Du sachet stomacher pour prélever les échantillons ;
- Une glacière pour le transport des échantillons ;
- Des fiches d'enquêtes destinées à chaque ménage où les prélèvements ont été faits ;
- Un GPS de type GARMIN pour relever les coordonnées géographiques ;
- Un appareil photo pour les prises de vue ;
- Un autoclave pour la stérilisation des milieux de culture ; Erlenmeyers pour le mélange des milieux de culture ; Une balance pour peser les milieux de culture ; Un bain marie pour le refroidissement des milieux de culture ; - Une étuve pour l'incubation des milieux de culture ;

1-3- Matériel étudié

Le matériel étudié était constitué des eaux prélevées dans les puits du quartier soleil 2 de la ville de Daloa. (Figure 3)



Figure 3 : Echantillon d'eau prélevé

1-4- Milieux de culture

Les milieux de culture ayant servi à la réalisation de cette étude sont les suivant :

- Le bouillon Eau Tamponnée (EPT) (**Difco**)TM est utilisé pour la préparation de la suspension mère ;
- La gélose Plate Count Agar (PCA) (**CONDA**) est utilisée pour le dénombrement des germes aérobies mésophiles ;
- La gélose Sabouraud au Chloramphénicol (**ALPHA BIOSCIENCES**) est utilisée pour le dénombrement des levures et moisissures.
- La gélose VRBL (**DIAGNOSTICI-LIOFILCHEM**) est utilisée pour le dénombrement des coliformes dans les aliments et les eaux ;
- La gélose Rapid *E. coli* 2 (**BIORAD**) est utilisée pour la recherche et le dénombrement d'*Escherichia coli* dans les denrées alimentaires et les eaux de boisson ;
- La gélose BEA est utilisée pour le dénombrement les streptocoques fécaux dans les aliments et les eaux.
- La gélose VRBG (**DIAGNOSTICI-LIOFILCHEM**) est utilisée pour le dénombrement des entérobactéries dans les aliments et les eaux.

1-5- Normes employées

- ✓ La norme NF/ISO 4833 :2003 est utilisée pour le dénombrement des germes aérobies mésophiles ;

- ✓ La norme NF/ISO 16140 : 2013 a servi à l'isolement et le dénombrement de *Escherichia coli*.
- ✓ La norme NF/ISO 16212 : 2011 utilisée pour le dénombrement des levures et les moisissures.
- ✓ La norme ISO 21528-2 : 2004 est préconisée pour l'énumération des entérobactéries.
- ✓ La norme ISO7899-2 :2000. pour le dénombrement des streptocoques fécaux.
- ✓ la gélose Violet Rouge neutre Bile Lactose (VRBL) est un milieu sélectif utilisé pour la recherche des coliformes fécaux

2- METHODES

Cette étude a été réalisée en deux parties qui sont : une partie enquête qui s'est faite auprès des ménages et une partie analyse d'échantillons d'eau de puits au laboratoire d'Agrovalorisation de l'UFR Agroforesterie de l'Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa).

2-1- Elaboration du questionnaire d'enquête et enquête auprès des ménages

2-1-1- Elaboration du questionnaire

Ce questionnaire comprend plusieurs séquences qui sont les suivantes :

-Identification des personnes questionnées et caractéristique du ménage : cette partie marque la prise de contact avec le ménage enquêté où l'on renseigne plusieurs informations (nom, âge, ethnie, niveau intellectuel, situation matrimoniale, sexe et enfin le nombre d'utilisateurs de l'eau de puit) issues de la personne enquêtée.

-Caractéristique du puits : cette séquence renseigne sur la profondeur du puit, la présence d'un système à poulie, si le puits est couvert ou non, sur les types d'usages domestique de l'eau de puits, les raisons de l'usage et si l'eau est traitée avant l'utilisation

-Environnement immédiat du puits : Elle renseigne sur la nature des pollutions et la distance entre ces sources de pollution et le puits.

2-1-2- Enquête auprès des ménages

Le terme « ménage » désigne l'ensemble des familles qui utilisent l'eau de puits.

L'enquête s'est déroulée pendant trois semaines (15 septembre au 07 octobre 2021). Elle a constitué à prendre des informations sur les utilisateurs des puits, sur les puits même et leur environnement immédiat à travers un ensemble de questionnaire.

2-2- Echantillonnage des eaux de puits

2-2-1- Prélèvement et transport des échantillons

L'échantillonnage s'est déroulé pendant trois semaines. Les échantillons ont été prélevés et transportés respectivement à l'aide de papiers stomachers et d'une glacière contenant des carboglaces. Le seau de puisage de chaque maison est utilisé pour prélever l'eau de puits et l'eau est introduite dans les papiers stomachers aseptiquement. Les prélèvements sont effectués chaque trois jours.



Figure 4 : : Echantillonnage



Figure 5 : Puits investigués

2-3- Technique d'analyses microbiologiques

2-3-1- Préparation des milieux de culture

Les différents milieux utilisés pour effectuer le travail ont été préparés selon les recommandations du fabricant mentionnées sur les différentes boîtes.

2-3-2- Préparation de la suspension mère et des dilutions décimales

La préparation de la suspension mère et des dilutions décimales a été réalisée selon la norme N F EN ISO 6887-1 qui définit les règles générales pour la préparation de la suspension mère et des dilutions décimales en vue d'examen microbiologiques

2-3-2-1- Préparation de la suspension mère

Dix (10) mL d'eau de puits sont ajoutés aseptiquement à un volume de 90 mL d'eau peptonée tamponnée préalablement préparée et stérilisée. Le mélange a été homogénéisé pendant 2 min pour

obtenir la suspension mère. Cette suspension est laissée au repos pendant 30 min, pour permettre une revivification des microorganismes à la température du laboratoire. A partir de cette suspension, une série de dilutions décimales est ensuite effectuée.

2-3-2-2- Préparation de la dilution décimale

Une quantité de 1 ml de la suspension mère est prélevée puis introduit dans un premier tube à essai contenant neuf (9) mL d'eau distillée préalablement préparée et stérilisée. Ensuite une autre quantité de 1 mL est prélevée de nouveau dans le premier tube et introduit dans un deuxième tube contenant aussi 9 mL d'eau distillée. Ainsi de suite cette opération se poursuit jusqu'à obtention de la dilution voulue. Cette opération consiste à diminuer la charge de la suspension mère (figure 6).

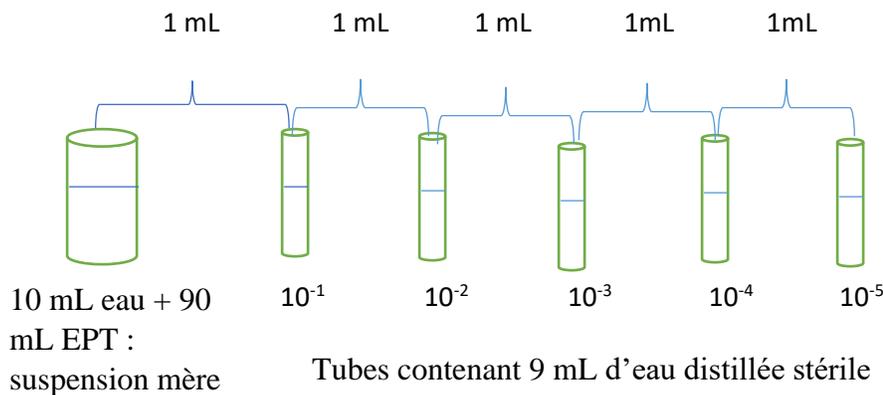


Figure 6 : Réalisation de la suspension mère et des dilutions décimales

2-4-Ensemencement, incubation et dénombrement

L'ensemencement de masse a été utilisé pour la recherche et le dénombrement de GAM, des LM, des streptocoques fécaux, des enterobactéries, des coliformes fécaux. A l'aide d'une pipette stérile, un (1) mL de chaque dilution obtenue est introduit dans les boîtes de Pétri. Une quantité de 20 mL des milieux Sabouraud + Chloramphénicol, BEA, VRBG, VRBL, PCA et rapid *E. coli* 2 préalablement préparés est coulée dans les boîtes de Pétri. Les boîtes sont homogénéisées et laissées sur la paillasse pour solidification. Les ensemencements sont réalisés chaque trois jours c'est-à-dire le même jour de l'échantillonnage.

Les boîtes ainsi solidifiées sont renversées et incubées à 25 °C pendant 7 jours pour les dénombrements des levures et moisissures, à 30 °C pendant 24 heures pour les coliformes fécaux, à 37°C pendant 24 heures pour les entérobactéries, 30°C pendant 72 heures pour les germes

aérobies mésophiles 37 °C pendant 24 à 48 h pour les streptocoques et 44°C pendant 24 heures pour les *E. coli*.

Le dénombrement est significatif lorsque le nombre de germes relevés par boîte est compris entre 15 et 150 colonies pour les streptocoques fécaux, les levures et moisissures, les entérobactéries, les coliformes, et entre 30 et 300 pour les germes aérobie mésophiles. Notons que les dénombrements sont effectués à partir du lendemain du jour de l'ensemencement, ensuite chaque jour jusqu'au dernier jour en fonction du temps d'incubation des germes recherchés.

2-5-Denombrement des microorganismes

Le calcul du nombre de microorganismes par gramme d'échantillon (UFC / mL) à partir du nombre de colonies obtenues dans les boîtes de Pétri choisies est réalisé par l'équation :

$$N = \frac{\Sigma Ci}{d.V}$$

N : nombre de colonie en UFC / mL ;

ΣCi: somme des colonies caractéristiques comptées sur toutes les boîtes retenues.

d : taux de dilution correspondant à la première dilution ;

V : volume de l'inoculum prélevé.

2-6-Détermination de l'origine de la contamination fécale

Elle est basée sur les critères définis par Borrego & Romero (1982). Selon ces auteurs, la contamination est d'origine animale si le rapport coliforme fécaux/ streptocoques fécaux indique 0,7 et d'origine humaine si ce rapport est supérieur à 4 (Tableau IV).

Tableau IV : Critères pour la détermination de l'origine de la contamination fécale

Ratio coliformes fécaux/streptocoques fécaux	Source de contamination
$R < 0,7$	Strictement d'origine animale
$0,7 < R < 1$	Mixte à prédominance animale
$1 < R < 2$	Origine incertaine
$2 < R < 4$	Mixte à prédominance humaine
$R > 4$	Strictement d'origine humaine

Troisième partie : Résultats et discussion

1- RESULTATS

1-1- Caractéristiques des puits servant de sources alternatives à l'adduction d'eau potable

1-1-1- Description du système de protection des puits

L'enquête réalisée à l'issue de cette étude a porté sur une séquence qui donne les informations recueillies sur le système de protection des puits et le moyen de transport de l'eau à partir du puits de la zone d'étude. Selon l'enquête les résultats obtenus sont les suivants : En effet, sur les 30 puits 04 (13 %) ne pas sont couverts et 26 (87 %) le sont. Parmi les puits couverts (26 au total), 07 des 30 échantillons (23 %) sont couverts d'un support à base de tôle de toiture, 09 des 30 échantillons (30 %) à partir de bois, 04 des 30 échantillons (14 %) à partir de feuille de fer et 06 des 30 échantillons (20 %) à partir de tôle de toiture et bois (Figure 7).

Aussi, ces puits ne sont pas dotés de système à poulie pour puiser l'eau. Les différents ménages enquêtés utilisent des puisettes pour le transport de l'eau.

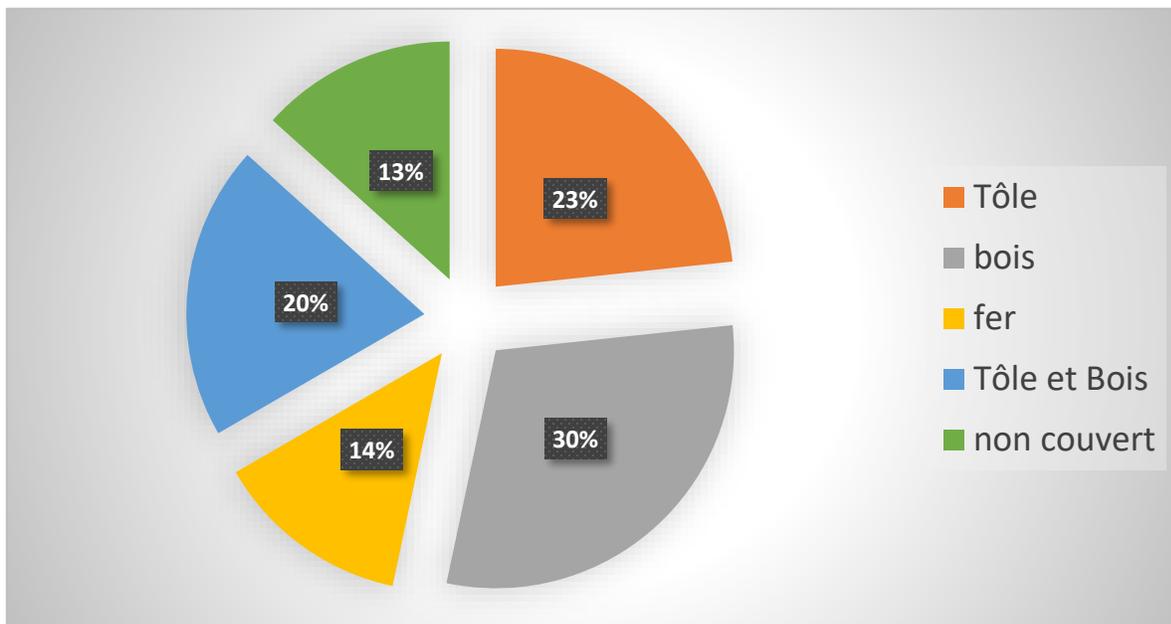


Figure 7 : Différents types de support de couverture des puits du quartier soleil 2 de la ville de Daloa.

1-1-2- Différents types d'usage domestique de l'eau de puits

La figure 8 présente les proportions des différents types d'usages domestiques de l'eau. Elle montre que l'eau de puits dans notre zone d'étude a plusieurs usages. En effet, elle est utilisée principalement comme eau de boisson et pour d'autres usages tel que la cuisine, le lavage, la vaisselle, la lessive et les toilettes dans 87 % des ménages enquêtés parmi ceux-ci 88,5 % la traite tandis que 11,5 % ne la traite pas. Cependant 13 % des ménages enquêtés ne boivent pas l'eau de puits mais l'utilisent pour d'autres usages (la cuisine, le lavage, la vaisselle, la lessive et les toilettes).

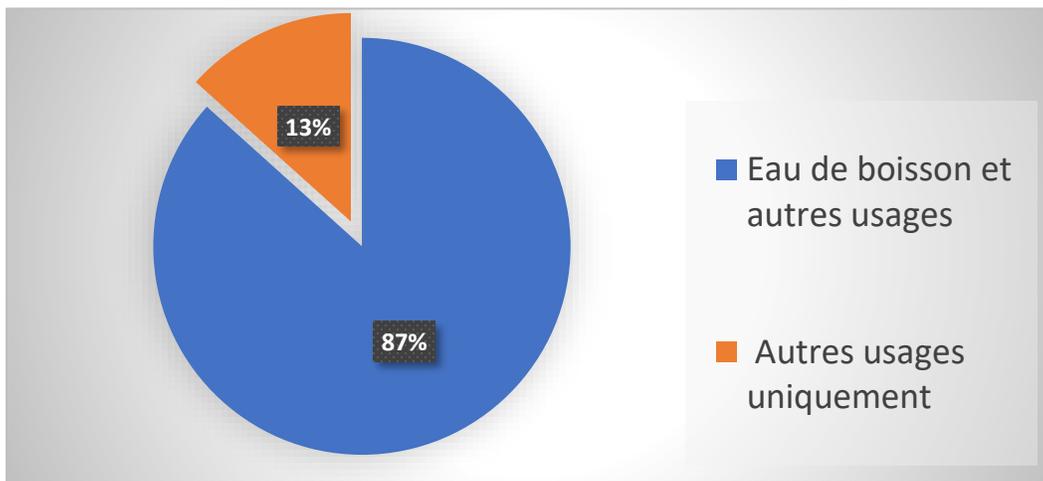


Figure 8 : Différents types d'usage domestique de l'eau de puits

1-1-3- Environnement immédiat des puits

La zone d'étude regorge des puits relativement pollués par divers sources de pollutions. Les puits étudiés sont situés dans une zone de bas-fond où les normes de construction des puits modernes ne sont toujours pas respectées. Notons que cette zone est dotée d'une forte densité de population à habitation précaire et pas suffisamment assaini d'où le ruissèlement anarchique d'eaux usées près des puits. L'enquête réalisée a permis d'obtenir les proportions des différents facteurs de pollution dans l'environnement immédiat du puits. En effet selon l'enquête, 26 % des puits sont pollués par les ménages, 27 % par les eaux usées, 20 % par les latrines (traditionnelles), 17 % par les dépotoirs d'ordures et 10 % par l'élevage. (Figure 9)

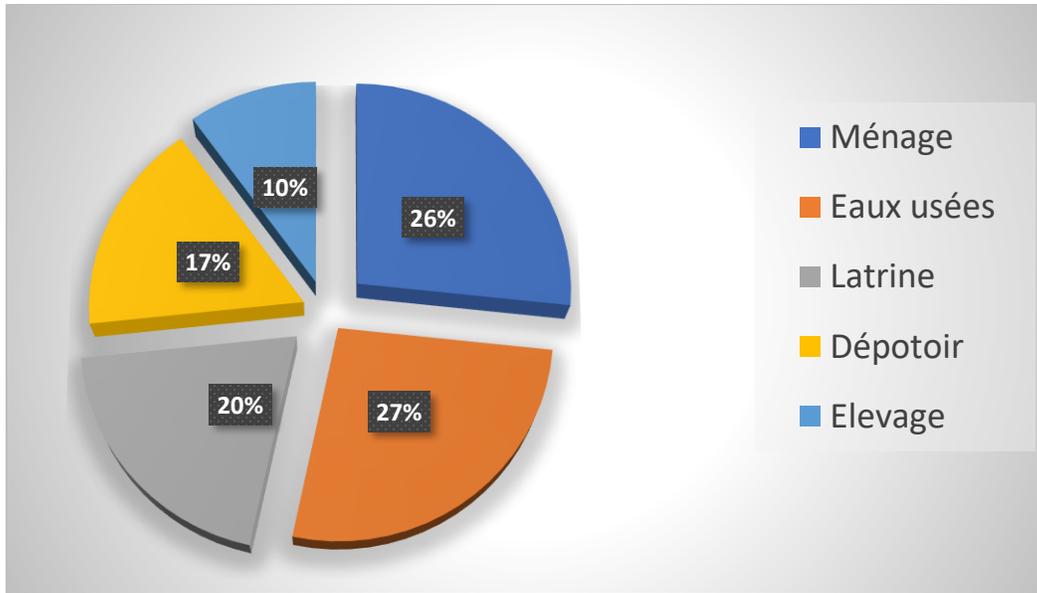


Figure 9 : Répartition des potentiels facteurs de pollution de l'eau de puits du quartier soleil 2 de Daloa.

1-1-4-Profil des utilisateurs de l'eau de puits comme source alternative à l'adduction d'eau potable

Concernant le profil des utilisateurs l'enquête a révélé un niveau d'instruction relativement faible des utilisateurs. En effet, 10 (33,3 %) de ces personnes enquêtées ne sont pas alphabétisées, 10 (33,3 %) avaient un niveau d'études primaire, 7 (23,3 %) ont un niveau d'études secondaire, 3 (10,0 %) avaient un niveau d'études universitaire. Aussi, 21 (70 %) du genre prédominant étant masculin contre 9 (30 %) du genre féminin (Tableau V). Les données obtenues ont aussi renseigné que dans chaque ménage, en moyenne 15 personnes utilisent l'eau de puits.

Tableau V : Profil des utilisateurs de l'eau de puits

Modalité	Variable	Fréquence (%)
Sexe	Masculin	70
	Féminin	30
Niveau d'étude	Aucun	33,3
	Primaire	33,3
	Secondaire	23,3
	Universitaire	10

1-2- Paramètres microbiologiques des eaux de puits

1-2-1-Flore microbienne de contamination

L'analyse microbiologique a permis de rechercher des germes de contamination microbienne qui sont : les levures et moisissures, les germes aérobies mésophile, les entérobactéries. L'étude a montré que les germes de contamination microbienne sont présents en majorité dans les échantillons analysés. La charge des levures et moisissures oscille entre $6,5.10^2$ UFC/100 mL et $24,7.10^3$ UFC/100 mL. Celle des germes aérobies mésophile oscille entre $2,1. 10^3$ UFC/100 mL et 57.10^3 UFC/100 mL. Ces charges sont conformes aux critères microbiologiques. La charge des entérobactéries oscille entre 8.10^2 UFC/100 mL et $15,9.10^3$ UFC/100 mL. Par ailleurs, la charge des entérobactéries ne respecte pas les normes exigées qui fixe la limite des charges dans l'eau de puits à 10 UFC/100 mL (Tableau VI).

Tableau VI : Profil des utilisateurs de l'eau de puits

Echantillons	Charges moyennes en UFC/100 mL		
	Levures et moisissures	Germes aerobies mésophiles	Entérobacteries
E1	$9,77. 10^3 \pm 45,6. 10^2$	$25,4.10^3 \pm 51,6. 10^3$	$8,3. 10^3 \pm 12,4. 10^2$
E2	$14,8.10^3 \pm 44,5. 10^2$	$15,4.10^3 \pm 11,3. 10^3$	$6,8. 10^3 \pm 19,1. 10^2$
E3	$7,2.10^2 \pm 4,6. 10^2$	$3,2. 10^3 \pm 2,2. 10^3$	$4,3. 10^3 \pm 7,1. 10^2$
E4	$12.10^3 \pm 4,4. 10^3$	$2,1. 10^3 \pm 8,8. 10^2$	$3,2. 10^3 \pm 29,5. 10^2$
E5	$6,5.10^2 \pm 4,1. 10^2$	$5,4. 10^3 \pm 6,3. 10^3$	$5,2. 10^3 \pm 48,9. 10^2$
E6	$3,5.10^3 \pm 1,2. 10^3$	$16,7.10^3 \pm 3,8. 10^3$	$10.10^3 \pm 38,9. 10^2$
E7	$24,7.10^3 \pm 4,1. 10^3$	$57.10^3 \pm 54,1. 10^3$	$8.10^2 \pm 2,8.10^2$
E8	$13,8.10^3 \pm 4,1.10^2$	$48,8.10^3 \pm 45,7. 10^3$	$1,8. 10^3 \pm 3,9.10^2$
E9	$13,3.10^3 \pm 9,9. 10^2$	$46,3.10^3 \pm 45,3. 10^3$	$15,9.10^3 \pm 4,8. 10^3$
E10	$15,8.10^3 \pm 2,4. 10^3$	$48,3.10^3 \pm 2,7. 10^3$	$9. 10^3 \pm 2. 10^3$
Critères microbiologiques	10^5 UFC/100 mL	10^5 UFC/100 mL	10 UFC/100 mL

1-2-2-Flore microbienne d'origine fécale et leur origine

1-2-2-1- Flore microbienne d'origine fécale

La flore de germes d'origine fécale est composée de coliformes fécaux et de streptocoques fécaux. Les charges varient d'un échantillon à un autre. La charge de coliformes fécaux oscille entre $4,2. 10^2$ UFC/100 mL et $8,8.10^3$ UFC/100 mL et celle des streptocoques fécaux oscille entre $5,5.10^2$ UFC/100 mL et $49,6.10^3$ UFC/100 mL. Les charges de coliformes fécaux et streptocoques fécaux de tous les échantillons dépassent largement les limites recommandées par les critères microbiologiques qui sont respectivement 10 UFC/100 mL et Absence/100 mL (Tableau VII).

Tableau VII : Charges moyennes des germes d'origine fécale

Echantillons	Charges moyennes en UFC/100 mL	
	Coliformes fécaux	Streptocoques fécaux
E1	$1,6. 10^3 \pm 9,5.10^2$	$11,1.10^3 \pm 8,6. 10^3$
E2	$4,2. 10^2 \pm 1,1.10^2$	$3,1.10^3 \pm 2,3. 10^3$
E3	$7,2. 10^2 \pm 2,5.10^2$	$2,25.10^3 \pm 1,8. 10^3$
E4	$9. 10^2 \pm 1,4. 10^2$	$49,6.10^3 \pm 3,1. 10^3$
E5	$9. 10^2 \pm 2,8. 10^2$	$5,5.10^2 \pm 2,8. 10^3$
E6	$1,1. 10^3 \pm 8,8.10^2$	$7,8.10^3 \pm 9,2. 10^2$
E7	$1,8. 10^3 \pm 3,5.10^2$	$10.10^3 \pm 9,6. 10^3$
E8	$8,7. 10^2 \pm 3,2.10^2$	$19,8. 10^3 \pm 5,1. 10^3$
E9	$8,8. 10^3 \pm 7,1. 10^3$	$18,7. 10^3 \pm 5,3. 10^3$
E10	$4,8. 10^3 \pm 8,1.10^2$	$8,5.10^3 \pm 5. 10^3$
Critères microbiologiques	10 UFC /100 mL	Absence/100 mL

1-2-2-2- Origine des germes d'origine fécale

Les rapports des charges de coliformes fécaux et des streptocoques fécaux (CF/SF) dans les différents échantillons étaient variables. Ces rapports indiqueraient que ces flores fécales sont d'origines diverses. Les différentes origines des contaminations fécales des différents puits est résumé dans le Tableau VIII.

Tableau VIII : Ratio coliformes fécaux/ streptocoques fécaux des différents puits

Ratio coliformes fécaux/ streptocoques fécaux (R)	Valeurs trouvées	Source de contamination
E 1	0,1	Strictement d'origine animale
E 2	0,1	Strictement d'origine animale
E 3	3,2	Mixte à prédominance humaine
E 4	0,2	Strictement d'origine animale
E 5	1,6	Origine incertaine
E 6	0,1	Strictement d'origine animale
E 7	0,2	Strictement d'origine animale
E 8	0	Strictement d'origine animale
E 9	0,4	Strictement d'origine animale
E10	0,5	Strictement d'origine animale

1-2-3-Germes potentiellement pathogènes : *E. coli*

Les charges d'*E. coli* varient d'un échantillon à un autre. La charge la plus élevée provient de l'eau du puits 7 avec une charge de $15,6 \cdot 10^3$ UFC/100 mL. Les charges varient entre $8 \cdot 10^2$ UFC/100 mL et $15,6 \cdot 10^3$ UFC/100 mL. Tous les échantillons sont non conformes aux critères microbiologiques définis. Les charges en *E. coli* sont résumés dans le Tableau IX.

Tableau IX: Germes potentiellement pathogènes : *E. coli*

Echantillons	Charge moyenne <i>E. coli</i> UFC/100 mL
E1	$8,5.10^3 \pm 5,8. 10^3$
E2	$2,1.10^3 \pm 1,1. 10^3$
E3	$3,3.10^3 \pm 3,5. 10^2$
E4	$9,7.10^2 \pm 1,8. 10^2$
E5	$10^3 \pm 2,5. 10^2$
E6	$1,8.10^3 \pm 3,2. 10^2$
E7	$15,6. 10^3 \pm 7,3. 10^3$
E8	$8. 10^2 \pm 4,9. 10^2$
E9	$9.10^3 \pm 8,7. 10^3$
E10	$2,6.10^3 \pm 6. 10^2$
Critères microbiologiques	Absence/100 mL

2-DISCUSSION

Cette étude avait pour objectifs d'évaluer le niveau de contamination microbienne des eaux de puits du quartier soleil 2 de la ville de Daloa. Une enquête a été réalisée pour caractériser les puits servant d'alternatives à l'adduction en eau et cette enquête a révélé que les puits étaient mal protégés. Sur les 30 échantillons, 04 (13,33 %) sont pas couverts et 26 (86,66 %) le sont. Parmi les 26 puits couverts on dénombre 26,92 % qui sont couverts à partir de tôle, 34,62 % à partir de bois, 15,38 % de fer et 23,08 % de tôle et bois. Ces résultats sont différents de ceux réalisés dans des études antérieures. Plus précisément, les résultats de Kouadio (2019) dans une étude réalisée sur les risques sanitaires liés aux eaux de consommation des puits traditionnelles à Agboville a montré que les puits avec margelle, cuvelage et couvercle (MCCo) représentaient respectivement 45,45 %, 50 %, 69,23 % et 92,85 % des puits de la zone 4, zone 2, zone 1 et zone 3. Les puits avec margelles et bien cuvelés pas couvertes (MC) représente respectivement 30,77 %, 33,33 %, 7 %, 15 %, 18,18 % des puits des zones 1, 2, 3, 4. Les puits sans cuvelage (MCo) représentaient respectivement 8,33 % et 36,37 % des puits de la zone 2 et 4. Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude pourraient être due à la situation de ces puits, ils sont situés dans une zone précaire ou le niveau d'instruction est relativement faible. En effet, 33,3 % des personnes enquêtées ne sont pas alphabétisés, 33,3% avait un niveau primaire, 23,3 % avait un niveau secondaire, 10 % avait un niveau universitaire.

Aussi, la pollution de ces puits est due à diverses sources de pollutions. En effet, ces puits sont pollués à 26 % par les ménages, 27 % par les eaux usées, 20 % par les latrines (traditionnelles), 17 % par les dépotoirs d'ordures et 10 % par l'élevage. Ces résultats sont totalement différents de ceux obtenus dans une autre étude similaire réalisée à grand PoPo au Bénin par Makoutode *et al.*, (1999). Les résultats montrent que la pollution microbiologique des puits est liée à l'assainissement du milieu, aux comportements de la communauté (défécation à l'air libre) et au mode de gestion des eaux de puits (recueil, transport, stockage) car l'enquête a révélé que du point de vue de recueil et du transport de l'eau, 41 % des ménages enquêtés utilisent un récipient sale pour recueillir l'eau, 29 % des ménages investigués utilisaient des branchages et des feuilles pour équilibrer et limiter le mouvement de l'eau dans la bassine pour son transport. Toutes ces pratiques montrent que l'eau présumée potable, recueillie et transportée dans ces conditions est exposée à un risque très élevé de contamination. Cette différence s'explique par le fait que dans cette zone d'étude les puits sont situés au sein des ménages c'est-à-dire plus proche des concessions donc ne nécessitant pas le transport de l'eau sur une longue distance tandis qu'à grand PoPo les puits sont éloignées des

concessions d'où la place importante du moyen de transport de l'eau comme facteurs de pollution. Ensuite, les enquêtes réalisées dans ce travail ont montré que l'eau de puits est utilisée principalement comme eau de boisson et pour d'autres usages tel que la cuisine, le lavage, la vaisselle, la lessive et les toilettes dans 87 % des ménages et seulement 13 % des ménages enquêtés ne boivent pas l'eau mais l'utilisent uniquement pour d'autres usages (la cuisine, le lavage, la vaisselle, la lessive, les toilettes. Cette réalité se rapproche de celle révélée par Kouadio (2019) dans une étude à Agboville. Selon les résultats de cette étude, l'eau de puits est principalement destinée à la boisson dans la plupart des ménages enquêtés à Agboville (84 %). Seulement 16 % de ces ménages ne boivent pas cette eau et s'en servent uniquement pour les autres usages telles que la cuisine, la lessive, la vaisselle, le bain, le nettoyage, l'arrosage, etc.

Les analyses microbiologiques des eaux de puits ont relevé une moyenne abondance des flores microbiennes de contamination et une forte abondance des flores microbiennes d'origine fécale et forte abondance des germes potentiellement pathogènes : *E. coli*. Concernant la flore microbienne de contamination, la charge des GAM oscillaient entre $2,1 \cdot 10^3$ UFC/100 mL et $57 \cdot 10^3$ UFC/100 mL et celle des levures et moisissures oscillaient entre $6,5 \cdot 10^2$ UFC/100 mL et $24,7 \cdot 10^3$ UFC/100 mL. Tous les puits analysés respectent les critères microbiologiques de ces germes. Cela pourrait s'expliquer par l'utilisation de javel pour le traitement, ce traitement pourrait donc réduire la contamination des puits par les GAM et les levures et moisissures. Par ailleurs, la charge des entérobactéries (oscille entre $8 \cdot 10^2$ UFC/100 mL et $15,9 \cdot 10^3$ UFC/100 mL) ne respecte pas les normes exigées. Ces abondantes charges d'entérobactérie peuvent être due à l'environnement immédiat des eaux et/ou un traitement adéquat.

En outre, la charge de la flore d'origine fécale composée de coliforme fécaux et streptocoques fécaux était fortement abondante. Les charges de coliformes fécaux varient entre $4,2 \cdot 10^2$ UFC/100 mL et $8,8 \cdot 10^3$ UFC/100 mL et celle des streptocoques fécaux oscillent entre $5,5 \cdot 10^2$ UFC/100 mL et $49,6 \cdot 10^3$ UFC/100 mL. Ces résultats se rapproche de ceux de Aouissi (2010) qui a trouvé que la charge de coliformes fécaux varie entre 11 UFC/100 mL et 160 UFC/100 mL dans les eaux des puits et ceux de Mgbatou (2015) qui a trouvé que la charge de streptocoques fécaux varie de 1,6 à $3,6 \log_{10}/100$ mL. Ces charges de streptocoques fécaux dépassent largement les normes locales (JORA, 2011) et françaises (AFNOR, 1997) qui exigent l'absence totale de cette flore dans les eaux destinées à la consommation humaine. Selon les ratios coliformes fécaux/streptocoques fécaux des différents puits, cette contamination est d'origine strictement animale pour tous les puits

sauf pour les puits 3 et 5 qui sont respectivement d'origine mixte à prédominance humaine et origine incertaine. L'enquête a révélé que les puits sont pollués à 10 % par l'élevage cela confirme donc l'origine de la contamination des puits qui est strictement animale trouvé par l'utilisation des rapport coliformes fécaux/streptocoques fécaux. La contamination fécale du puits 5 peut être due à la proximité du puits des rejets ménagés, des latrines (fosses septiques) et par l'infiltration d'eaux de surface (eaux de ruissellement, eaux usées) dans le puits. Ces causes rejoignent celles détectées dans l'étude menée par El Haissoufi *et al.* (2011) sur la pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès au Maroc. D'après les travaux de Youmbi *et al.*, (2013), la présence en nombre important de streptocoques fécaux dans les eaux de puits atteste la contamination des eaux par les matières fécales stockées dans les latrines. Aussi, ces charges de SF dans tous les puits constituent une preuve d'insuffisance de traitement de l'eau vu que ceux-ci sont des performants indicateurs d'efficacité de traitement. Les charges d'*E. coli* varient entre $8 \cdot 10^2$ UFC/ mL et $15,6 \cdot 10^3$ UFC/ mL. D'après l'enquête réalisée auprès des ménages les dépotoirs d'ordures, site d'élevage sont très proche des puits et la distance latrines-puits est inférieure à celle recommandée par l'OMS, ces résultats de l'enquête pourraient donc justifier cette contamination par *E. coli*. L'OMS (2004), énonce que la présence d'*E. coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente. Selon les valeurs indicatives de l'Organisation Mondiale de Santé (OMS) une eau de puits doit être exempte de contamination fécale, c'est-à-dire ne doit pas contenir de coliforme fécal.

Conclusion

Au terme de cette étude qui a été menée pour évaluer la contamination microbiologique des eaux de puits du quartier soleil 2 de la ville de Daloa. Il en ressort des résultats issus de l'enquête et des analyses microbiologiques que les utilisateurs de l'eau avaient un niveau relativement faible d'étude (33,3 % analphabète, 33,3 % niveau primaire, 23,3 % niveau secondaire, 10,0 % niveau supérieur) et était dominé par le genre masculin (66,7 %). Aussi concernant les systèmes de protection des puits, 87 % étaient couverts à partir de bois, fer, tôle et 13 % n'étaient pas couverts. L'eau issue de ces puits est utilisée par 87 % des ménages comme eau de boissons, cuisine, lavage. Tandis que dans 13 % des ménages n'utilisent pas l'eau comme eau de boisson mais plutôt pour les autres types d'usages. Concernant les puits, ils étaient relativement proche des facteurs de pollution qui sont les ménages (26 %), les eaux usées (27 %), les latrines traditionnelles (20 %), les dépotoirs d'ordures (17 %) et l'élevage (10 %). L'analyse microbiologiques des eaux de puits ont relevé une moyenne abondance des flores microbiennes de contamination et une forte abondance des flores microbiennes d'origine fécale et forte abondance des germes potentiellement pathogènes : *E. coli*. Les charges moyennes des LM, GAM, entérobactéries étaient respectivement de $13,385.10^3$ UFC/100 mL, $26,952.10^6$ UFC/100 mL, $6,550.10^3$ UFC/100 mL. Celles des coliformes fécaux et streptocoque fécaux était respectivement $21,50.10^2$ UFC/100 mL, $13,147.10^4$ UFC/100 mL. Quant à *E. coli* sa charge moyenne pour les dix puits était de $32,11 2.10^4$ UFC/100 mL. En générale toutes ces pollutions étaient liées à l'environnement immédiat des puits et au manque d'éducation hygiénique des utilisateurs. La pollution de ces eaux constitue un véritable risque sanitaire pour les populations utilisatrices de ces puits, Elles dépendent pour la plupart de ces eaux pour leurs besoins quotidiens en eau potable. Afin de limiter cette pollution nous faisons les recommandations suivantes :

- Mener une bonne campagne de sensibilisation afin d'apprendre aux populations les règles élémentaires d'hygiène, en leur montrant le risque sanitaire encouru par la consommation d'une eau de mauvaise qualité et de faire respecter les distances latrine-puits recommandés (OMS)
- Apprendre à ces populations la méthode de dilution suivie d'une désinfection par les composés chlorés notamment l'hypochlorite de calcium à l'échelle familiale à l'aide des compte-gouttes
- Proposer aux populations de prendre l'avis d'un technicien de l'assainissement pour le choix de l'emplacement et le creusage de leur puits.

Conclusion

Dans l'optique d'approfondir les recherches sur la qualité des eaux des puits de ce quartier de Daloa, des analyses physico-chimiques, parasitologiques pourraient être entreprises et une caractérisation des différents microorganismes pour la recherche de profil aiderait à connaître la diversité et la maîtrise de contamination.

Références

REFERENCES

- AFNOR, (1997). Qualité de l'eau, Tome1 : Terminologie, échantillonnage et évaluation des méthodes, 3^{ème} édition, Paris, France, 656p.
- Aouissi. A. (2010). Microbiologie et physico chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie), Diplôme de Magister en Hydro-écologie, Faculté des sciences et de l'ingénierie du département de biologie, Université du 08 mai 1945 de Guelma (Nord-Est, Algérie),P129.
- Archibald, F. (2000). The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill watersystem-a cause for concern?. *Water quality Research journal of Canada*, 35(1): 1-22
- Aubry P & Gaüzere B.A., (2012). Les maladies liées à l'eau, Mise à jour le 20/04/2012, *médecine tropicale*, P 05.
- Aubry P, (2013). Choléra, *médecine tropicale*, PP:1-4.
- Awomon née.D. F, Coulibaly M., Niamke. G.M & Santos D.S, (2019). La problématique de l'approvisionnement en eau potable et le développement des maladies à transmission hydrique dans les quartiers d'extension Orly de la ville de Daloa, (Cote d'Ivoire). *Revue Espace, Territoires, Sociétés et Santé*. 1 (2) : 91-108
- Bengaibona B.B . (2010). Analyse comparée des qualités microbiologique et physico-chimique des eaux de pluie stockées dans des citernes en Ferro ciment : Cas des impluviums de DORI. Mémoire de Master spécialisé , Génie Sanitaire et Environnement , Fondation 2IE (Burkina faso) , p54.
- Belataf M., Boukrine F & Zellagui A., (2004). Les maladies à transmission hydrique : Choléra, Fièvre typhoïde, Shigellose, Amibiase, Hépatites virales à transmission fécoorale, Edit, PP : 148-150.
- Bopp C., Brenner F., Wells J & Strockbine N., (1999). Escherichia, Shigella and Salmonella, In Manual of clinical microbiology (Eds, Patrick R. Murray and American Society for

- Microbiology) American Society for Microbiology Press, Washington, D.C., PP: 459-474.
- Borrego A. F & Romero P. (1982). Study of microbiological pollution of malaga littoral area II, Relationship between fecal coliforms and fecal streptococci, VIème journée études. Pollution Cannes, 561-569
- Bouguerra M. L. (2003). Les batailles de l'eau pour un bien commun de l'humanité. Enjeux, Planète. Une collection mondiale pour une autre mondialisation. 225p
- Boukamoum M. (2016). Contribution à la prévision de la demande en eau en Algérie (application sur l'agglomération de SETIF). Mémoire de Master en hydraulique, Département d'Hydraulique Urbaine, Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique (ARBAOUI Abdellah , Algerie) , 43 p.
- Briere F.G., (2000). Distribution et collecte des eaux, 2ème édition : École Polytechnique de Montréal, PP : 299-300.
- Chiller T.M., Mendoza C. E., Lopez M.B., Alvarez M., Hoekstra R. M., Keswick B.H & Luby S. P. (2005). Reducing diarrhoea in Guatemalan children: randomized controlled trial offlocculant-disinfectant for drinking-water. *Bull. World. Health Organ.*, 84 (1) : 28 - 35.
- Coulibaly K. (2005). Etude de la qualité physico-chimique et bacteriologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako, Thèse de doctorat d'Etat, Faculté de médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie, Université de Bamako (Mali).p42.
- Coulibaly L, Diomandé D, Coulibaly A & Gourène G. (2004). Utilisation des ressources en eaux, assainissement et risques sanitaires dans les quartiers précaires de la commune de Port-Bouët (Abidjan; cote d'ivoire). *Vertigo – La Revue en Sciences de l'Environnement*, 5(3): 11, DOI : 10.4000/vertigo.3299

- Crump J.A., Okoth G.O., Slutsker L., Ogaja D.O., Keswick B.H & Luby S.P. (2004). Effect of point-of-use disinfection, flocculation and combined flocculation - disinfection on drinking water quality in western Kenya. *J. Appl. Microbiol.*, 97: 225 - 231.
- Denis F. & Ploy M.C. (2007). Bactériologie médicale : techniques usuelles. *Elsevier Masson*, 5: 316-318.
- Drame B. (2001). Micro-méthode d'identification et d'étude de la sensibilité des entérobactéries : Intérêts thérapeutiques. Thèse de Doctorat en Pharmacie, université de Dakar (Sénégal), 192 p.
- Edberg, SC, EW Rice, Karlin RJ & Allen MJ , (2000). *Escherichia coli*: The best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of applied Microbiology*, 64: 3079-3083.
- El Haissoufi H., Berrada S., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., El Ouali & lalami A., (2011). Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc, *Rev. Microbiol. Ind. Santé et Environment*. 5(1): 37-68.
- Elmund G.K, Allen M.J & Rice E.W., (1999).comparison of *Escherichia coli*, total coliform and fecal coliform population as indicators of wastewater treatment efficiency. *Water Environ. Res.*, 71: 332-339.
- Emmanuel E. (2004). Évaluation des risques sanitaires et écotoxicologiques liés aux effluents hospitaliers. Thèse de doctorat. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. 246p.
- Facklam R.R., Sahm D.F & Teixeira L.M. (1999). Enterococcus. *Manual of clinical microbiology*, American Society for Microbiology:297 - 305.
- Fofana F. (2005). Evaluation et cartographie de la vulnérabilité à la pollution de la nappe d'Abidjan selon les méthodes Drastic et God. Mém. DEA, Univ. Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 72 p.
- Frantzy O. (2017). Etude de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine dans le sous-bassin versant de Ravine Diable (Anse-a-Veau). Master de spécialisation en

- sciences et gestion de l'environnement dans les pays en développement. Université de Liège (Belgique).58p
- Girones R., Carratalà A., Calgua B., Calvo M., Rodriguez-Manzano J. & Emerson S. (2014). Chlorine inactivation of hepatitis E virus and human adenovirus 2 in water. *J. Water Health*, 12 (3) : 436 - 442.
- Grondin P. M. (2005). Chloration en milieu rural dans les pays en voie de développement. Actes de la réunion organisée par le pS-Eau. Cahier N°10 : 55 p.
- GSE (Groupe Scientifique sur l'Eau) , (2002). Entérocoques et streptocoques fécaux, Dans Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Institut national de santé publique du Québec, 5 p
- Gueye O, (2007). Utilisation des méthodes biométriques dans l'identification de quelques bacilles à Gram négatif. Thèse De Pharmacie, université de Dakar (Sénégal), 153p.
- Hancock L.E & Gilmore M.S. (2000). Pathogenicity of enterococci. *Gram positive pathogens. American Society for Microbiology*, 7(4) : 251 - 258.
- Hassen A. Heyouni A., Shayeb H., Cherif M & Boudabous A. (2000). Inactivation of indicator bacteria in wastewater by chlorine: A kinetics study. *Bioresour.Technol.*, 72 (1) 85-93.
- Hordé P., (2014). Gastro-entérite aiguë : Symptômes et traitement, santé médecine, P19.
- Jamai N., Kouider A. F & Halilem F., (2010). La fièvre typhoïde, mémoire de fin d'étude, Université Abou Bar Belkaied, Faculté de médecine, Département de Pharmacie, Tlemcen, 23p.
- Jourda JP, Kouamé KJ, Saley MB, KouadioB,& Oga Y. (2006). *Contamination of the Abidjan Aquifer by Sewage: An Assessment of Extent and Strategies for* vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines: application à la plaine du Gharb (Maroc). *Revue des Sciences de l'Eau*, 20(2) : 185-199, DOI : 10.7202/015812ar
- Journal Officiel de la République Algérienne (JORA)., (2011). Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de

- consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers : Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie, PP: 7-25
- Kouadio A.N.B. (2019). Evaluation des risques sanitaires liés à la consommation des eaux de puits traditionnels par les ménages à faibles revenus en milieu urbain : cas de la ville d'Agboville (Côte d'Ivoire), Thèse Unique, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, 184 p
- Koukougnon G.W, (2012). Milieu urbain et accès à l'eau potable : cas de Daloa (Centre-ouest de la Côte d'Ivoire), Thèse de doctorat unique de Géographie, Université Félix Houphouët-Boigny, 362 p.
- Koukougnon. (2020), Résilience des établissements hôteliers de la ville de Daloa a l'inconstance
- Kreisel W. (1991). Water Quality And Health, *Water science & tehnologie*, 23(1-3): 201-209.
- Lin J., Ganesh A. (2013). Water quality indicators: bacteria, coliphages, enteric viruses. *Int. J. Environ. Health Re.*, 23 (6) : 484 - 506.
- Mgbatou.G.M.(2015). Etude de l'état de la pollution des eaux des puits domestiques cas de la commune urbaine de Ouahigouya, Mémoire de master en ingénierie de l'eau et de l'environnement, institut internationale d'ingénierie, Ouagadougou (Burkina Faso), P37.
- Mohamed H., Joe B., Robert M. N., Thomas C., Hamisi M.M & Steven M. (2015). Pointof-use chlorination of turbid water: results from a field study in Tanzania. *J. Water Health.*, 13 (2): 544 - 552.
- Murray A., Lantagne D. (2015). Accuracy, precision, usability and cost of free chlorine residual testing methods. *J. Water Health.*, 13 (1): 9 - 90.
- Myslik J. (2006). Les eaux souterraines. Une ressource rurale importante : Les puits privés d'eau en milieu rural. F tech-ISSN 1198-7138-Imp de la reipo l'Otario, 6 : 118 p.
- OMS., (2000). Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2ème édition, 1050 p.

- OMS, (2004). Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol 1. Directives, Ed. Organisation mondiale de la santé, Genève, 110 p
- OMS., (2006). Paludisme : lutte antivectorielle et protection individuelle, Série de Rapports techniques, N°936, 71p.
- OMS. (2008). Directive de la qualité pour l'eau de boisson. Recommandation, Genève, 71 p.
- OMS. (2011). Guidelines to Drinking-water Quality (fourth edition). ISBN 978 92 4 1548151 (NLM classification : WA 675), 564 p.
- OMS., (2012). Prévention et lutte contre l'hépatite virale, Organisation mondiale de la Santé, Genève, P04.
- Piar Roux R., (2002). Le choléra : épidémiologie et transmission, Expérience tirée de plusieurs interventions humanitaires réalisées en Afrique, dans l'Océan Indien et en Amérique Centrale .*Bull Soc Pathol Exot*, 95(5): 345-350.
- Quick R., Kimura A., Thevos A., Tembo M., Shamputa I., Hutwagner L & Mintz E. (2002). Diarrhea prevention through household level water disinfection and safe storage in Zambia. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 66 : 584 - 589.
- Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.P., Chambon, P., Champsaur H & Rodier L , (1996). L'Analyse de l'Eau, Dunod ,8è édition, Paris (France) ,1384, pp..
- Rook J.J. (1974). Formation of haloforms during chlorination of natural waters. *Water. Treatm. Examina.*, 23 : 234 - 243.
- Tampo L., Ayah M., Kodom T., Tchakala I., Boguido P., Bawa L & Djaneye B. (2014). Impact de la demande en chlore et de la chloration sur la désinfection des eaux de puits des quartiers de Lomé : cas des quartiers de Démakpoé et d'Agbalépédogan (Togo). *J. Appl.Biosci .*, 75 : 6272 – 6281.
- Vermande P. (2002). La Gestion Intégrée de l'Eau : les enjeux mondiaux et régionaux. In : Actes du Colloque International réalisé à Port-au-Prince les 26, 27, 28 juin 2002. pp 10-19.

References

- World Health Organization, (2008). Guidelines for drinking-water quality, third edition incorporating the first and second addenda, Recommendations, Geneva, 494p.
- Yapo OB, Mambo V, Seka A, Ohou MJA, Konan F, Gouzile V, Tidou A. S, kouame KV & Houenou P. (2010). Evaluation de la qualité des eaux de puits à usage domestique dans les quartiers défavorisés de quatre communes d'Abidjan (Côte d'Ivoire) : Koumassi, Marcory, Port-Bouet et Treichville. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(2): 289-307. DOI: <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- Youmbi J.G.T., Feumba R., Njitat V.T., Marsily G & Ekodeck G.E., (2013). Pollution de l'eau souterraine et risques sanitaires à Yaoundé au Cameroun, Colloque panafricain (Dakar 2012), Comptes Rendus Biologies, Elsevier Masson SAS., PP : 310–316
- Zoungrana E.I., (2009). La poliomyélite, 12 Mai 2009, 9p.
- <https://airtests.ca/blog/2018/02/20/les-virus-les-bacteries-les-moisissures-tous-des-microbes-distincts/> Consulté le 20/01/2021 à 14h50.

Annexes

Annexes 1 : Fiche d'enquête

**QUESTIONNAIRE D'ENQUETE DE CONTAMINATION MICROBIOLOGIQUE
DES**

Puits N°.... DATE /...../..... Coord.Geo: Site :

I-) IDENTIFICATION

1-Nom : Prénom : Nationalité

2-Ethnie : Age : Lieu : Sexe.....

3-Niveau intellectuel : aucun primaire secondaire universitaires 4-Situation matrimoniale marié(e) célibataire

5- Nombre d'utilisateur de l'eau du puits :

II-) Information sur les puits6-Profondeur du(des) puit(s) : 5m≤Profondeur≤10m 10m≤Profondeur≤15m 15m≤Profondeur≤20m 20≤Profondeur≤25m 25m≤Profondeur≤30m 7-Puits avec systèmes à poulie pour tirer l'eau : oui non

Sinon comment l'eau est transportée du puits aux différents récipients pour l'utilisation ?.....

8-Puits couvert ? : OUI NON Si oui : Tôle bois fer cadenassé 9-Différents types d'usage domestique de l'eau de puits : Lavage eau deBoisson Cuisine Lessive Toilette Vaisselle 10-Raison de l'usage de l'eau de puit : organoleptique limpide 11-Traitement préalable avant utilisation de l'eau ? oui non

Si oui pourquoi un traitement avant utilisation ? :.....

Si oui quels sont les produits utilisés ? :.....

Puits cimenté à l'intérieur : oui non **III-) Environnement immédiat du puit**

Pollution : Elevage Ménage Latrine Dépotoir eaux usées

Distance latrine-puits : ...

RESUME :

Cette étude a contribué à l'évaluation du niveau de contamination microbienne des eaux de puits et déterminer les risques sanitaires auxquels s'exposent les populations qui utilisent cette eau au quartier soleil 2 dans la ville de Daloa. Une enquête portant sur les systèmes de protection des puits, sur l'environnement immédiat du puits a permis de mieux cerner l'origine des sources de pollution de ces puits ainsi que les moyens à mettre en place pour éviter d'éventuelle pollutions. Cette enquête a révélé que 13,33% des puits étaient couverts à partir de bois, fer, tôle et 86,66% n'était pas couverts. Ces puits étaient relativement proches des facteurs de pollution qui sont les ménages (26%), les eaux usées (27%), les latrines traditionnelles (20%), les dépotoirs d'ordures (17%) et l'élevage (10%). L'eau issue de ces puits était utilisée par 87% des ménages comme eau de boissons, cuisine, lavage. Tandis que dans 13% des ménages n'utilisent pas l'eau comme eau de boisson mais plutôt pour les autres types d'usages. Aussi, les utilisateurs de puits étaient dominés par le genre masculin (66 %) avec un niveau d'étude relativement faible. L'analyse microbiologique des échantillons d'eau a révélé une forte contamination par les flores microbiennes de contamination (GAM, LM, Entérobactérie), les flores microbiennes d'origine fécales (streptocoques fécaux, coliformes fécaux), germes potentiellement pathogènes (*E. coli*). Les échantillons d'eaux de puits du quartier soleil 2 de Daloa sont abondamment pollués par diverses sources et représentent un risque important pour la santé des consommateurs.

Mot clé : Risques sanitaires, contamination microbienne, Daloa.

ABSTRACT:

The study contributed to the assessment of the level of microbial contamination of well water and to determine the health risks to which the population who use this water are exposed to the Sun 2 district in the city of Daloa. An investigation of the well protection systems and the immediate environment of the well made it possible to better identify the origin of the sources of pollution in these wells as well the means to be put in place to avoid possible pollution. This survey revealed that 13,33% of the wells were covered with wood, iron, sheet metal and 86,66% were not covered. %) The water from these wells was used by 87% of households as drinking water but rather for other types of purposes. Also, well users were dominated by the male gender (66,7%) with a relatively low level of education. Microbiological analysis of the water samples revealed strong contamination by contaminating microbial flora (GAM, LM, Enterobacteria), microbial flora of faecal origin (faecal, streptococci, faecal coliforms), potentially pathogenic germs (*E. coli*). Samples of well water from the Sun 2 district of Daloa are abundantly polluted by various sources and represent a significant risk to the health of consumers.

Keys Words: Health risks, microbial contamination, Daloa.

