



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2018-2019

N° D'ORDRE : 0280/2020

N° CARTE D'ETUDIANT :
CI0414002679

MASTER

Physique Chimie Appliquée

Option : Environnement

THEME :

**EVALUATION DE LA QUALITE CHIMIQUE DES
RESSOURCES EN EAU ALTERNATIVES AU RESEAU
DE DISTRIBUTION D'EAU POTABLE DANS LA
VILLE DE DALOA (CENTRE OUEST-COTE
D'IVOIRE)**

LABORATOIRE :
SCIENCES ET
TECHNOLOGIE DE
L'ENVIRONNEMENT

Présenté par :

KOUADJA Bezou Wilfried

JURY

Président : M. DIBI Brou, Maitre de Conférences,

Université Jean Lorougnon Guédé

Directeur : M. KONAN Kouakou Séraphin, Maitre de Conférences,

Université Jean Lorougnon Guédé

Encadreur : M. KOUAME Yao Francis, Maître-Assistant,

Université Jean Lorougnon Guédé

Examineur : Mme. KOFFI Akissi Lydie Chantal, Maître-Assistant,

Université Jean Lorougnon Guédé

Soutenu publiquement

Le : 10 / 06 / 2020.

TABLE DE MATIERES

	Pages
TABLE DE MATIERES	I
DEDICACE.....	I
REMERCIEMENTS.....	II
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATON	IV
LISTE DES TABLEAUX.....	V
LISTE DES ANNEXES.....	VII
INTRODUCTION.....	1
PARTIE 1 : GENERALITES	4
1. PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE.....	5
1.1. Situation géographique.....	5
1.1.2. Population.....	6
1.1.3. Urbanisation.....	6
1.1.5. Climat	7
1.1.6. Cadre géologique et hydrographie	7
1.2. GENERALITE SUR L’EAU	8
1.2.1. Définition.....	8
1.2.2. Différents types d’eaux	8
1.2.3. Sources de pollution des eaux.....	12
PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES.....	14
2. 1. MATERIEL.....	15
2. 1.1. Matériel de collecte de données	15
2. 1.2. Matériel d’analyse.....	15
2. 1.3. Outils de traitement de données.....	15
2.2. METHODES	16

2.2.1. Méthodes d'enquête de ménages	16
2.2.2. Méthodes d'échantillonnage des eaux.....	17
2.2.3. Méthodes d'analyse.....	18
2.2.4. Méthodes de traitement	20
PARTIE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION	24
3.1. RESULTATS	25
3.1.1. Caractéristiques socio-démographiques des ménages	25
3.1.2. Accès à l'eau des ménages	27
3.1.3. Caractéristiques chimiques des ressources en eau alternatives	29
3.1.4. Qualité chimique des ressources en eau alternative	37
3.2. DISCUSSION.....	39
CONCLUSION	42
REFERENCES	45
ANNEXE	48
RESUME.....	51

DEDICACE

Je dédie ce travail à ma mère OYOU N'Drin Félicienne en reconnaissance des efforts consentis et à l'amour dont elle a longtemps fait preuve pour que j'en arrive là

REMERCIEMENTS

Le présent mémoire n'aurait pas vu le jour sans l'aide bienveillante, la compréhension et le dévouement d'un certain nombre de personnes qui, par leur présence et leurs conseils, nous ont apporté leur soutien. Qu'elles reçoivent ici, nos salutations les plus sincères et notre profonde reconnaissance.

Nos remerciements vont tout d'abord à l'endroit du personnel de l'Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) de Daloa (Côte d'Ivoire) avec à sa tête le Professeur TIDOU Abiba Sanogo, épouse KONE pour avoir accepté notre inscription en Master de Physique-Chimie option Environnement et pour la formation de qualité dont nous avons bénéficié.

Nous tenons également à exprimer toute notre gratitude envers les personnes qui ont dirigé et contribué à l'amélioration de ce travail. Il s'agit de :

- Docteur KOUASSI Kouakou Lazare, Maître de Conférences, Directeur de l'Unité de Formation et de Recherche (UFR) - Environnement pour ses nombreuses marques de soutien et de dévouement aux étudiants que nous sommes.
- J'exprime toute ma reconnaissance au Docteur DIBI Brou, Directeur du Laboratoire des Sciences et Technologie de l'Environnement (LSTE) de Daloa, pour avoir permis la réalisation de ce travail au sein de son laboratoire.
- Docteur KONAN Kouakou Séraphin, Maître de Conférences, Directeur Scientifique de ce mémoire de Master en dépit de ces multiples occupations.
- Docteur KOUAME Yao Francis, Maître-Assistant, Encadreur Scientifique de ce travail. Nous vous remercions Docteur pour votre disponibilité et vos critiques pertinentes. Merci infiniment pour votre inestimable soutien scientifique et moral, pour vos précieux conseils et pour votre sympathie ! Vous nous avez beaucoup appris. Merci pour tout ! Que vous prospériez à tous égards !
- Docteur KOUASSI Seka Simplicite, Maître-Assistant, pour ses conseils et orientation pour l'amélioration de ce travail
- Docteur KOUYATE Amadou, Maître-Assistant, pour ses conseils et orientation pour l'amélioration de ce travail.

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

Je dis infiniment merci à mon frère KOUADJA Kouassi Blaise, pour les nombreuses manifestations de soutiens moral, matériel et financier. Ils ont été pour moi une grande source d'inspiration et de ressourcement.

A mes oncles KOUADJO Brou Jules et AHOUE Carlos ainsi que leurs familles pour le soutien apporté durant mes études ; un grand merci.

A mon ami TOURE Nanhi Corpouma qui a été d'une véritable aide pour moi à travers tout son soutien ; reçois tous mes remerciements.

Je remercie également mon doyen TRA Bi Philipe et KOUAKOU Vika Maria Dolores qui, grâce à leurs soutiens, m'ont permis d'avoir une autre famille étant loin des miens.

Mes remerciements vont également à l'endroit de tous mes amis avec qui j'ai eu à collaborer, ceux du terrain comme ceux du laboratoire. Je leur dis merci de m'avoir adoptée et d'avoir permis que mon stage se déroule dans la bonne humeur et la joie, et aussi pour la formation que j'ai acquise auprès d'eux.

Je remercie, de tout cœur, mes amis du parcours GEE, dont leur disponibilité a été utile pour mon parcours. Leur participation à mes travaux, leur accueil chaleureux, leur collaboration et leur ouverture m'ont permis de réaliser les tests et travaux dans la sérénité.

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

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

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATON

AFNOR : Association Française De Normalisation

GPS : Global Positioning System

IQE : Indice de Qualité d'Eau

NF : Norme Française

OMS : Organisation Mondiale de la Sante

SODECI : Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire

UJLoG : Université Jean Lorougnon Guède

LISTE DES TABLEAUX

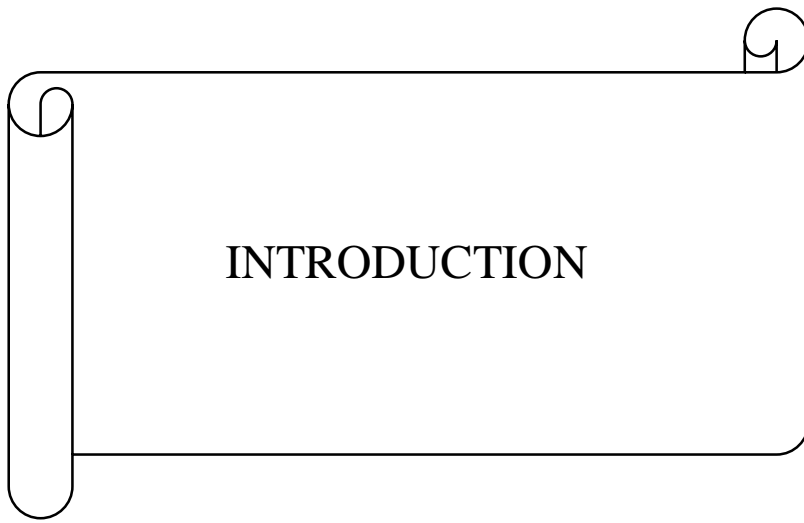
	Pages
Tableau I: Classes des indices de qualité.....	23
Tableau II: Caractéristiques chimiques des eaux de sources.....	30
Tableau III: Matrice de corrélation des eaux de source.....	32
Tableau IV : Caractéristiques chimiques des eaux de puits.....	34
Tableau V: Matrice de corrélation des eaux de puits	36
Tableau VI: Récapitulatif du calcul de l'IQE des eaux de sources	38
Tableau VII: Récapitulatif du calcul de l'IQE des eaux de puits	39

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1 : Localisation de la commune de Daloa.....	5
Figure 2: Evolution de la population de Daloa de 2005 à 2014.....	6
Figure 3 : Diagramme ombro-thermique de 1990 à 2015	7
Figure 4: La molécule d'eau	8
Figure 5: Répartition des quartiers en fonction des zones	17
Figure 6: Proportion du niveau d'instruction des chefs de ménages à Daloa	25
Figure 7: Taille des ménages dans les quartiers de la ville de Daloa	26
Figure 8: Activités principales des chefs de ménages à Daloa	26
Figure 9: Proportion des ressources en eau des ménages de Daloa	27
Figure 10: Répartition d'eau de boisson	28
Figure 11: Ressources en eau échantillons selon les quartiers	28
Figure 12: Cercle de communauté des plans factoriels F1-F2 des paramètres chimiques des eaux de sources.....	33
Figure 13: Cercle de communauté des plans factoriels F1-F2 des paramètres chimiques des eaux de puits.....	37

LISTE DES ANNEXES

	Pages
Annexe 1: Directives de l'OMS	48
Annexe 2: Repartition des ménages en fonction des zones et des quartiers	49
Annexe 3: Fiche d'enquête adressée aux ménages	50



Introduction

L'eau est à l'origine de la vie sur terre. Elle est indispensable à la survie des êtres vivants et a façonné, depuis longtemps, notre environnement et impacté directement le mode de vie des hommes. L'eau recouvre les trois quarts de la surface de notre planète (Chelli & Djouhri, 2013). Elle est trouvée sous divers types : océans, mers, lacs, pluies, nappes, souterraines,...etc... (Chelli & Djouhri, 2013).

L'homme a besoin de 25 à 50 g d'eau par kilogramme de son poids pour vivre dans les conditions normales, c'est -à -dire pour un adulte, 2 à 3 litres par jour (Maiga, 2005). L'eau constitue 60 à 90 % en poids dans la constitution des animaux et végétaux

L'accès à l'eau potable et à l'assainissement représentent un combat quotidien pour des centaines de milliers de citoyens qui vivent principalement dans les grandes villes des pays en développement (UN-Water/WWAP, 2006). A ce jour, les Nations Unies estiment que près d'un milliard de personnes n'ont pas accès à l'eau potable. Les populations n'ayant pas accès à une eau de bonne qualité se retrouvent surtout dans les pays en voie de développement. L'Organisation Mondiale de la Santé estimait à 42%, le pourcentage de la population en Afrique subsaharienne n'ayant pas accès à une eau de bonne qualité (OMS, 2011).

En Côte d'Ivoire, les services d'eau potable et d'assainissement enregistrent un taux de couverture de 60%, soit 9 ménages sur 10 ont accès à l'eau potable en milieu urbain tandis que 3 ménages sur 10 ont accès à l'eau potable en milieu rural (Fall & Coulibaly, 2009). Des efforts doivent être faits en vue d'accroître ce taux de couverture national afin de garantir une bonne qualité de vie aux populations.

Daloa, une ville du Centre Ouest de la Côte d'Ivoire, connaît un problème d'accès à l'eau potable. En effet, les populations de la ville estiment que l'eau fournie par la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire (SODECI) n'est pas de bonne qualité (Awomon *et al*, 2018). De façon générale, cette eau stockée dans des récipients (seaux, cuvettes...) pendant quelques heures présente des dépôts de matières solides. Par conséquent, ces populations en plus de celle qui n'ont pas accès au réseau de la SODECI se tournent vers des ressources en eau alternatives qui sont entre autres : les eaux de puits, de forages, de sources et les eaux minérales. Si l'eau provenant des forages et les eaux minérales, sont en générale de bonne qualité, celle provenant des puits et des sources sont de qualité douteuse. En effet, la consommation d'une eau de mauvaise qualité peut entraîner les maladies hydriques (Aubry & Gauzere, 2012). De plus, les problèmes liés à l'eau, au manque d'assainissement et d'hygiène sont responsables de 29% de maladies diarrhéiques dans les pays en développement (OMS,

Introduction

2009). Il résulte de cette situation des milliers de morts parmi lesquels beaucoup d'enfants (OMS, 2009). En effet, il est estimé à environ 2 200 le nombre d'enfants qui meurent quotidiennement en raison de l'insuffisance ou de la mauvaise qualité de l'approvisionnement en eau et de conditions d'hygiène déplorable (OMS, 2009). C'est dans ce contexte, que cette étude a été initiée.

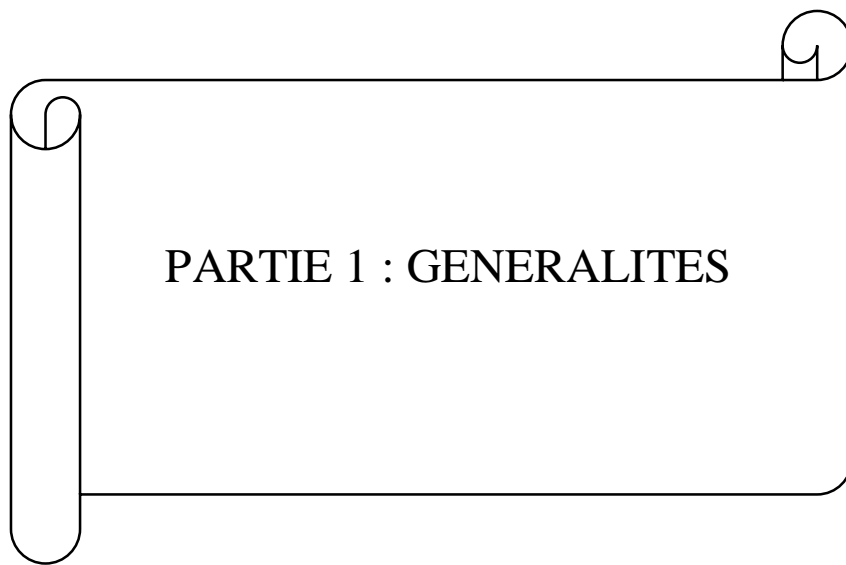
L'objectif général de notre étude, est d'évaluer la qualité chimique des ressources en eau alternatives de la ville de Daloa.

De façon spécifique il s'agira de :

- Cartographier les ressources alternatives en eau dans la ville de Daloa,
- Déterminer les caractéristiques physico-chimiques des ressources,
- Enfin d'évaluer la qualité chimique des ressources en eau alternatives.

Le travail s'articulera autour de trois grandes parties : la première partie concerne les généralités sur le thème de notre travail, la deuxième partie présente le matériel et les méthodes utilisées pour mener à bien ce travail, Enfin la troisième partie exposera les résultats obtenus et leur discussion.

Nous terminerons ce mémoire par une conclusion, des recommandations et des perspectives pouvant aider les autorités à améliorer le cadre de vie des populations de la ville de Daloa.



PARTIE 1 : GENERALITES

1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.1. Situation géographique

Daloa est une ville située au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire entre les longitudes 6°24' et 6°29' Ouest et les latitudes 6°50' et 6°55' Nord (Figure 1). Elle est le chef-lieu de la région du Haut Sassandra avec une superficie de 5 305 Km². Elle est distante de la capitale économique (Abidjan) et la capitale politique (Yamoussoukro) respectivement de 378 km et 140 km. Le département de Daloa est constitué de cinq sous-préfectures dont Bédiala, Zaibo, Zoukougbeu, Gboguhué, Gadouan et Daloa. Il est limité par les départements de Vavoua et Zuénoula au Nord, Bangolo et Duékoué à l'Ouest, Issia au Sud et Sinfra et Bouaflé à l'Est. A ce jour, la ville de Daloa compte plus de 30 quartiers repartis sur son territoire. Elle est la troisième plus grande ville de notre pays en termes de superficie après Abidjan et Bouaké.

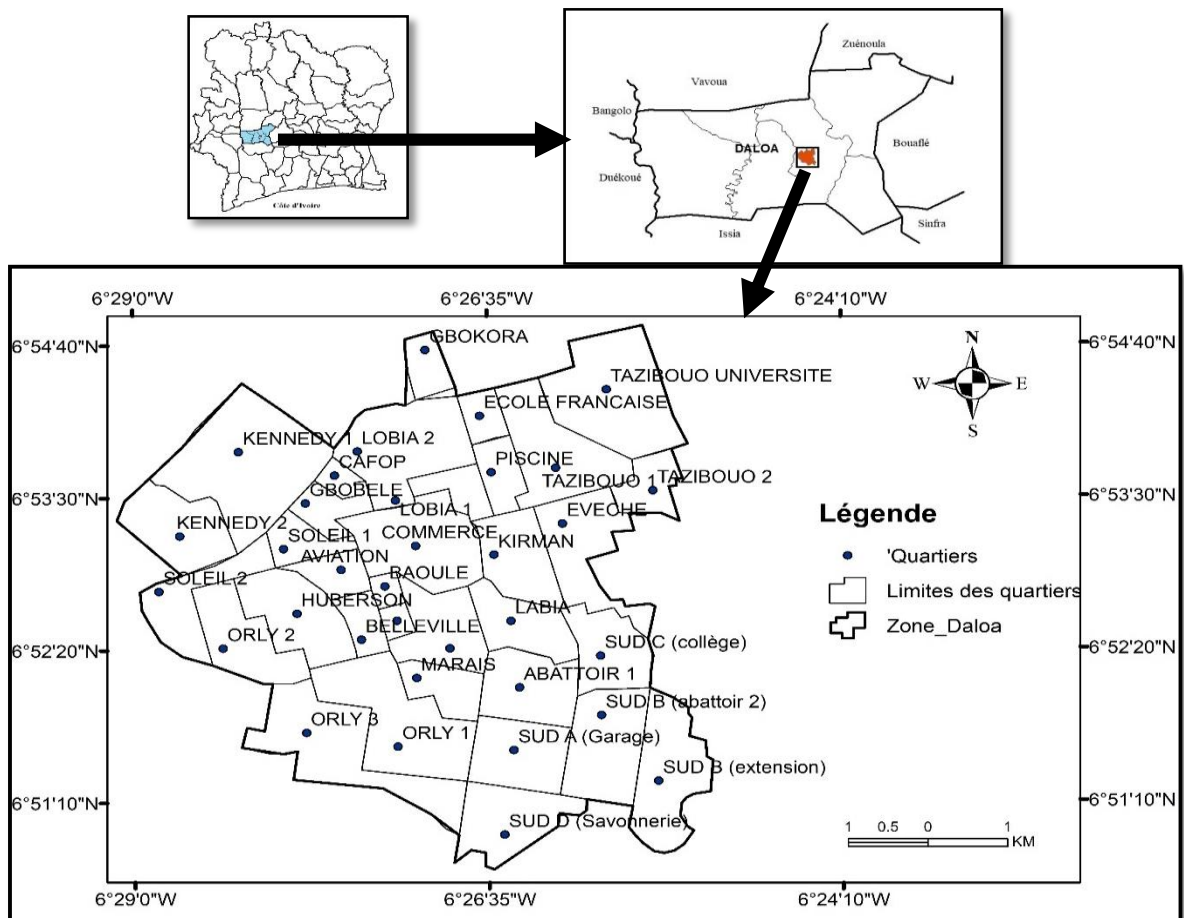


Figure 1 : Localisation de la commune de Daloa

1.1.2. Population

Daloa est une ville cosmopolite avec une population estimée à près de 255 360 habitants, soit une densité de 155,6 habitants au kilomètre carré (RGPH, 2014). Cette population a connu une évolution régulière de son effectif depuis 2005 (Koukougnon, 2012).

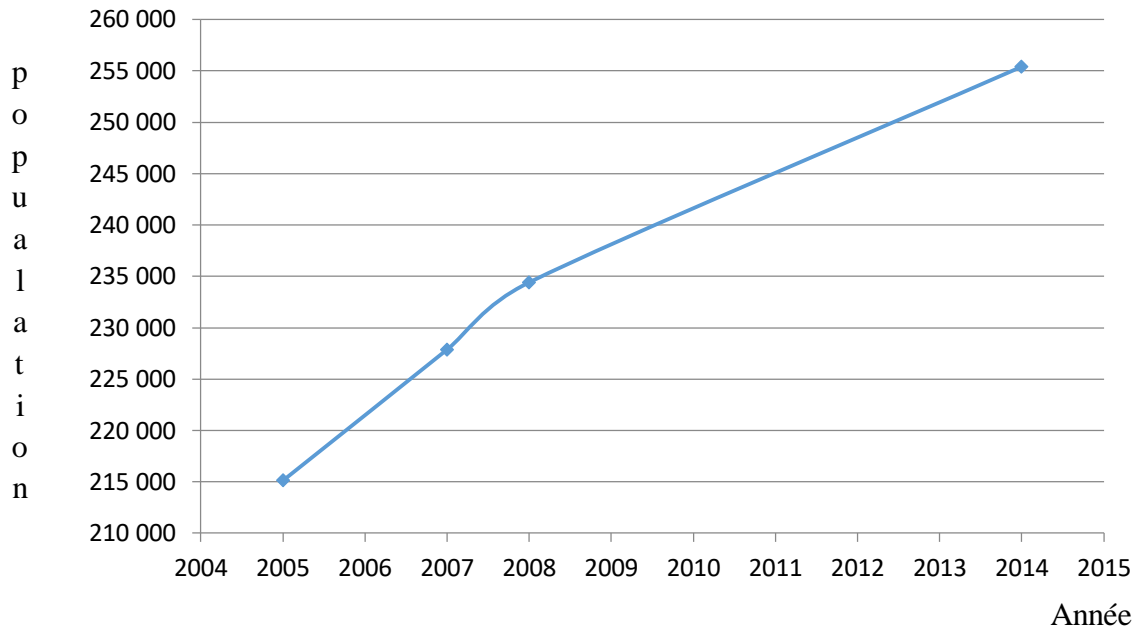


Figure 2: Evolution de la population de Daloa de 2005 à 2014

1.1.3. Urbanisation

La ville de Daloa, dans le centre-ouest ivoirien, connaît ces dernières années une croissance spatiale rapide due à l'accélération de l'urbanisation. Ce phénomène qui devait logiquement constituer une opportunité, de par le marché de consommation qu'elle représente pour les villages périurbains, est en passe de devenir pour ceux-ci, l'une des causes des tensions qui fragilisent aujourd'hui la cohésion sociale (Gouamene *et al*, 2017).

1.1.4. Relief

Le degré carré de Daloa est caractérisé par un abaissement de direction NE-SO dont les altitudes oscillent entre 149 m et 382 m Le degré carré de Daloa est caractérisé par un abaissement de direction NE-SO dont les altitudes oscillent entre 149 m et 382 m (Ligban, 2013). Dans cette frange d'altitudes, celles de la commune de Daloa évoluent entre 230 m et 300 m ce qui lui confère un relief de relativement monotone et formé de petits mamelons

séparés de bas-fonds. Autrement dit c'est un relief composé de plaines et de bas plateaux. La commune de Daloa est située sur la ligne de crête des bassins versants de la Lobo, à l'ouest et son affluent la Goré, à l'est. Ce type de relief est caractéristique de celui de la zone centre-Est de la Côte d'Ivoire (Yao *et al.*, 2016).

1.1.5. Climat

La ville de Daloa située dans la région du Haut-Sassandra appartient au climat tropical humide avec une pluviométrie oscillant entre 1200 et 1600 millimètres de hauteur de pluie par an. Les précipitations sont réparties sur toute l'année avec un maximum aux mois de Septembre à Octobre et un minimum de Décembre à Mars. Zone humide par excellence, l'hygrométrie est importante avec une température homogène moyenne annuelle de 27,2°C (Ligban *et al.*, 2009). Le diagramme (Figure 3) obtenue à partir des données climatiques de la station de Daloa de 1990 à 2015 indique les variations de pluviométries et de température.

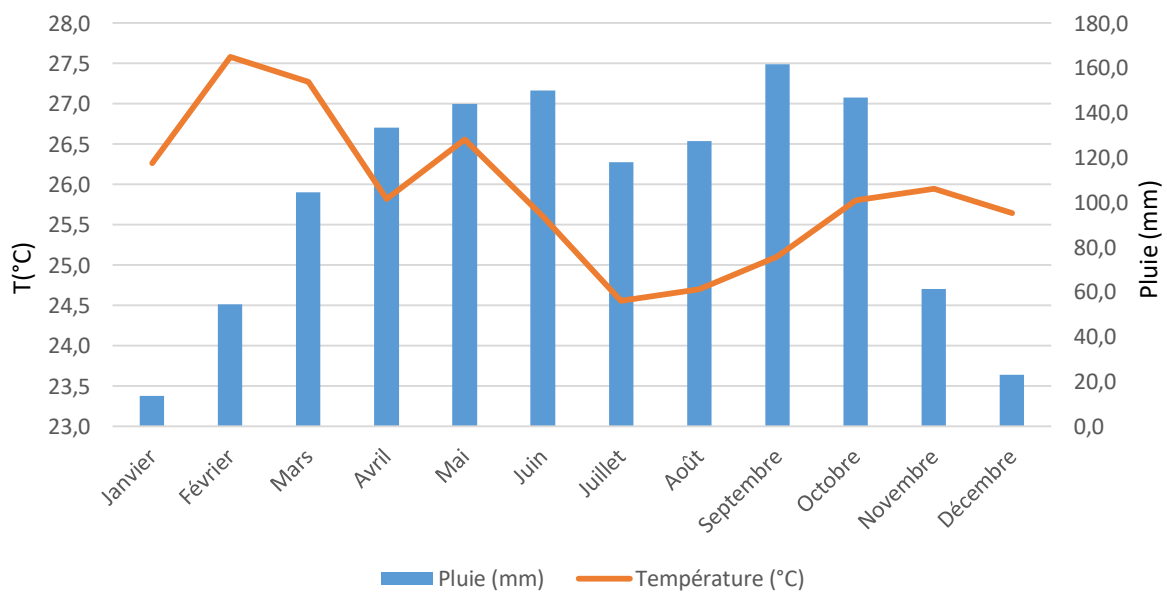


Figure 3 : Diagramme ombro-thermique de 1990 à 2015

1.1.6. Cadre géologique et hydrographie

L'ensemble des formations géologiques de la Région du Haut-Sassandra est en grande partie constitué de granite éburnéen et a donné naissance à des sols de texture argilo-sableuse ou argileuse, riche en humus. Les sols de la région du Haut-Sassandra sont fertiles à l'agriculture

des produits de matières premières. Le réseau hydrographique de la région est dominé par le fleuve Sassandra, les grandes rivières de la DE et de la GORE. Ces cours d'eau jouent un grand rôle dans le développement de la région (Ahimon, 1990 ; Delor et al., 1990).

1.2. GENERALITE SUR L'EAU

1.2.1. Définition

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température et pression ambiantes. Elle est gazeuse au-dessus de 100°C et solide en dessous de 0°C. Sa formule chimique est H₂O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène. C'est notamment un solvant efficace pour la plupart des corps solides trouvés sur terre, l'eau est quelque fois désigné sous le nom de « solvant universel » (Chelli & Djouhri, 2013).

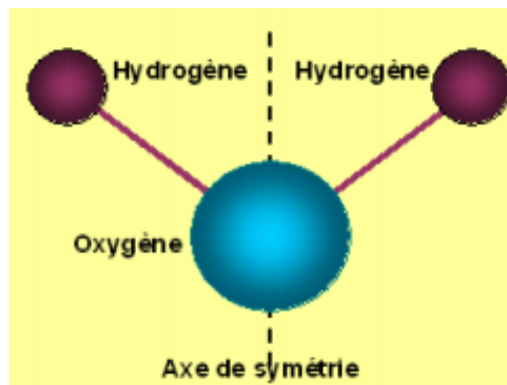


Figure 4: La molécule d'eau

1.2.2. Différents types d'eaux

Une corrélation entre composition et origine permet de distinguer, les eaux naturelles, les eaux potables, les eaux douces, eaux dures puis les eaux de mer et eaux saumâtres.

1.2.2.1. Eaux naturelles

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées de différents types d'eaux. C'est-à-dire, les eaux souterraines (infiltration, nappes), les eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrage) ou en écoulement (rivières, fleuves) et les eaux de mer (CEAEQ, 2011).

- Eaux souterraines

Généralités

Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol et se caractérise par une turbidité faible ou leurs eaux bénéficient de filtration naturelle importante. Comme elle se caractérise par une contamination bactérienne faible, car elle est habituellement à l'abri des sources de pollution. Par conséquent la dureté est souvent élevée, et les eaux souterraines peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents comme le calcium ou magnésium. En plus, dans les eaux souterraines, le fer et le magnésium présentent une concentration élevée (CEAEQ, 2011).

- Eaux de surfaces

Par opposition aux eaux souterraines, l'eau de surface est l'eau qui se trouve à la surface ou proche de la surface du sol. Dans une zone donnée, il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des océans, des lacs et des eaux de ruissellement qui s'y trouvent. Sa température varie en fonction du climat et des saisons. Ces matières en suspension sont variables selon la pluviométrie, la nature et le relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone (CEAEQ, 2011).

1.2.2.2. Eaux potables

La notion de potabilité est liée directement à l'alimentation humaine. Une eau naturelle est dite potable si elle présente les qualités suivantes :

- Fraîcheur et clarté ;
- Absence d'odeur et de couleur ;
- Goût agréable ;
- Suffisamment douce, aérée ;
- Minéralisation raisonnable ;
- absence de matières organiques et de germes pathogènes (CEAEQ, 2011).

1.2.2.3. Eaux douces et eaux dures

On parle d'eau douce par opposition aux eaux salées et aux eaux dures donc la dureté est bonne. Une eau dure incruste à froid ou à chaud les récipients qui la contiennent donc la

dureté est mauvaise. La dureté est engendrée par la présence des ions calcium ; magnésium, et un à degré moindre le fer et l'aluminium (CEAEQ, 2011).

1.2.2.4. Eaux de mers et eaux saumâtres

Une eau saumâtre est une eau dont la teneur en sel est sensiblement inférieure à celle de l'eau de mer. La concentration totale de sel dissous y est généralement comprise entre 1 et 10 g/l alors qu'elle est (en moyenne) de 35 g/l pour l'eau de mer. Dans les estuaires maritimes, la conjonction des courants d'eau douce avec l'eau de mer donne naissance à des poches d'eau saumâtre (CEAEQ, 2011).

1.2.3. Paramètres chimiques de l'eau

NH⁴⁺: Il est important d'éliminer l'ammonium dans l'eau parce qu'il réagit avec le chlore pour produire des chloramines, qui sont des désinfectants moins efficaces et peuvent provoquer des goûts désagréables. Certaines bactéries prolifèrent aussi en transformant l'ammonium en nitrites puis en nitrates. L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution (MEN, 2009).

Ca²⁺ : Le calcium un élément chimique important dans le fonctionnement des nerfs et des muscles du corps humain. La consommation abusive de calcium (plus de 2.5 grammes de calcium pur par jour) peut conduire au développement de caillots rénaux, de scléroses rénales et à des problèmes au niveau des vaisseaux sanguins (MEN, 2009).

Cl: les teneurs en chlore (Cl) dans les eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes non polluées ont souvent une teneur en chlorures. Dans l'eau, le chlorure n'a ni odeur, ni couleur, mais peut procurer un goût salé. Ainsi, une quantité de chlore élevée dans l'organisme peut provoquer la toux, des douleurs dans la poitrine etc...

Cu²⁺ : Le cuivre est une substance très commune qui est naturellement présent dans l'environnement, dans beaucoup de type d'aliments, dans de l'eau et l'air. Ainsi, on absorbe des quantités importantes en mangeant, en buvant, et en respirant. Cependant, une importante quantité de cuivre dans l'organisme peut provoquer des vomissements, des diarrhées, le cancer etc... (MEN, 2009).

Généralités

CN⁻: Le terme « cyanure » reflète à la grande famille des produits chimiques dans laquelle chaque membre contient une unité chimique appelé ion cyanure. Ils sont généralement amère et provoque des trouble dans l'organisme suite à une forte exposition (Slimard, 2004).

Fe²⁺ et Mg²⁺ : Ces deux éléments existent dans la plupart des eaux et sont généralement liés ; ils entraînent des conséquences similaires : formation de dépôts, goûts désagréables et prolifération bactérienne. Bien que nécessaire à la nutrition humaine, le fer et manganèse ne doivent pas dépasser les teneurs prescrit par l'OMS (MEN, 2009). Le magnésium est un élément chimique abondant dans la nature se trouvant sous formes (solide, liquide et gaz). Le magnésium bien-que important pour l'organisme, il provoque parfois des troubles de santé en quantité élevé dans l'organisme (MEN, 2009).

Mn²⁺ : Le manganèse est un composé très commun que l'on retrouve partout sur terre. Le manganèse est nécessaire pour la suivie de l'homme mais aussi toxique lorsque les concentrations sont trop élevés dans l'organisme (MEN, 2009).

NO₃/NO₂ : Les nitrates et les nitrites sont des aliments azotés de base de la plante et la clé des rendements élevés. Ces deux éléments existent dans la plupart des eaux et sont généralement liés ; ils entraînent cependant des conséquences similaires au niveau de santé tel que la dysenterie, les troubles d'estomac (MEN, 2009).

PO₄³⁻ : On retrouve les phosphates généralement dans les eaux et la quantité habituel ne dépasse pas 1 mg/L en PO₄³⁻. Le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues, il est susceptible de favoriser leur développement dans les réservoirs et les grosses canalisations. Cependant, des doses supérieures peuvent être tolérées sans danger (MEN, 2009)

K⁺ : Le potassium est un composé chimique de numéro atomique 19, que l'on rencontre naturellement liés à d'autres éléments chimiques dans l'eau de mer et d'autres minéraux. Le taux de potassium trop élevé dans l'organisme provoque des fatigues, des tremblements et paresthésies (MEN, 2009).

SO₄²⁻ : Le soufre est un élément métallique donc sa valence est généralement comprise entre -2, -1, 0, +4 et +6. L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxique chez l'humain, mais elle a des effets cathartiques entraînant la purgation de l'appareil digestif désagréable (Stigter *et al.*, 2005).

Zn²⁺: Le zinc est un oligo-élément qui a un rôle primordial pour la peau. En effet, le zinc agit sur certains problèmes cutanés, comme l'acné, et entretient la jeunesse cellulaire. Il a également d'autres fonctions organiques sur le système nerveux, la prostate, le système immunitaire et le processus de cicatrisation (MEN, 2009).

1.2.4. Directives de l'OMS pour l'eau de consommation

L'évaluation de la qualité chimique de l'eau se fonde sur la comparaison entre les résultats de l'analyse quantitative de l'eau et des valeurs guides (directives). En Côte d'Ivoire, il n'existe pas de norme pour la qualité de l'eau de consommation. Il convient de rappeler que pour l'instant sont pratiquées en Côte d'Ivoire, les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) relatives à la qualité de l'eau de consommation. Ainsi pour notre étude, nous nous référons aux normes de l'OMS en annexe 1 (MEN, 2009).

1.2.3. Sources de pollution des eaux

Avec le développement industriel, les problèmes de pollution de l'eau ont pris un tour d'abord régional puis continental et maintenant, il est mondial. Une grande quantité d'eau est polluée par les usages industriels, agricoles ou encore domestiques.

1.2.3.1. Pollution domestique

Elle provient des habitations, elle est en générale véhiculée par le réseau d'assainissement. Elle se caractérise par de fortes teneurs en matières organiques ; des sels minéraux, dont l'azote et le phosphore et des détergents (Ballouki, 2012). Dans le cas d'un assainissement, collectif ou individuel défectueux, des substances indésirables contenues dans les eaux ménagères peuvent être transférées à la nappe (matières organiques, détergents, solvants, antibiotiques, micro-organismes). [Le cas se produit avec les puits perdus, l'assainissement individuel avec infiltration au sol mal conçu ou mal dimensionné, les ordures ménagères accumulées dans les décharges sauvages ou non mises à la norme (centre d'enfouissement technique) libèrent également des lixiviats riches en polluant (Baziz, 2008)].

1..2.3.2. Pollution agricole

L'utilisation d'engrais et de pesticides pour la fertilisation des sols et la lutte contre les insectes dans le domaine agricole peuvent polluer les eaux de surface (Harter *et al*, 2003). En effet, après l'émission de ces produits chimiques, une grande partie se dégrade ou est retenue à la surface du sol. Par les eaux de ruissèlement, ces produits sont transportés dans les eaux de surface. D'autres composés inorganiques tels que les fluorures, le sodium, les chlorures et le mercure peuvent également contaminer l'eau potable (Meeneskshi et al, 2004).

1..2.3.3. Pollution urbaine et industrielle

La pollution urbaine peut survenir lors de la construction des réseaux routiers puis à leur exploitation. Pour la plupart des industries, l'eau est un facteur de production. Cependant son utilisation en industrie génère des polluants très nombreux et de toxicité variable (Thill & Ezin, 2002). Par conséquent, ces eaux utilisées seront rejetées sales, chargées en produits chimiques, en produits phytosanitaires, en métaux lourds, en hydrocarbures, en solvants et surtout en matières organiques et inorganiques. La pollution industrielle comprend les matières solides en suspension, les sels dissous, les hydrocarbures, les éléments traces métalliques et les rejets acides ou basiques qui influent sur le pH de l'eau (Tazi, 2007).



PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES

2. 1. MATERIEL

2. 1.1. Matériel de collecte de données

Le matériel utilisé lors de cette étude :

Une fiche d'enquête adressée aux populations afin de recueillir leurs difficultés et suggestions en matière d'approvisionnement en eau ;

Un Global Positioning System (GPS) pour relever les coordonnées géographiques des puits, sources d'eau et forages concernés pour cette étude ;

Une sonde électrique manuelle utilisée pour relever les niveaux de l'eau dans les puits ;

Des flacons en polyéthylène et d'une glacière pour la conservation des échantillons d'eau ;

Un appareil photo numérique pour les prises de vues sur les sites.

2. 1.2. Matériel d'analyse

Des spectrophotomètres d'absorptions atomiques et moléculaires sont utilisés pour la détermination des paramètres chimiques des eaux prélevées.

2. 1.3. Outils de traitement de données

Les logiciels utilisés pour le traitement de nos données sont :

- Microsoft Excel, pour l'enregistrement de données d'enquête et pour la conception des graphiques ;
- Le logiciel ARGIS 10.2.2, pour la réalisation des différentes cartes.
- STATISTICA 7.1, est un système complet et intégré d'analyse des données, de représentation graphique, de gestion de bases de données et de développement d'applications personnalisées. Il offre non seulement des procédures généralistes pour les statistiques, les graphiques et la gestion analytique des données, mais également un ensemble complet de méthodes spécialisées pour l'analyse des données. Celui que nous avons utilisé est la version 7.1. Il a servi à faire les analyses en composantes principales des données que nous avons. Ceci nous a permis de connaître les corrélations qui existent entre les paramètres considérés.

2.2. METHODES

2.2.1. Méthodes d'enquête de ménages

2.2.1.1. Elaboration du questionnaire

Le questionnaire d'enquête (annexe) est élaboré selon Bigumandondera (2014). Ils comprennent deux sections suivantes : •

- Caractéristiques socio-économiques du ménage : cette partie marque la prise de contact avec le ménage enquêté où l'on renseigne le nom du quartier, l'activité économique du chef de ménage, le niveau d'instruction et la connaissance de la taille du ménage. ▪
- Accès à l'eau: cette partie donne des renseignements sur les différents types l'eau utilise dans le ménage. En effet, elle donne des informations précises sur les activités effectuées avec les ressources en eau, leurs préférences pour la consommation. Ainsi, les raisons de choix leurs choix.

2.2.1.2. Détermination de la taille de l'échantillon

L'enquête se fera dans les différents quartiers et le nombre de ménage à enquêter sera déterminé selon l'équation de Fischer ci-dessous (Koukougnon, 2012) :

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

Où n est le nombre de ménage à enquêter, N la taille de la population avec un intervalle de confiance de l'ordre de 95%, pour une marge d'erreur de 5%, soit $e = 0.05$. Ainsi, la taille de l'échantillon sur la base des considérations ci-dessus est de 400 ménages.

2.2.1.3. Répartition des ménages selon les quartiers et les zones

Les ménages de la ville de Daloa sont repartis selon les quartiers et les zones (voir annexe) suivant le découpage de M'bra (2019) :

- Zone1 : Gbokora ; Tazibouo (Extension, village, Université) ; Lobia (piscine ; village) ; Evêché; Kirman ;
- Zone2 : Orly (Extension ; Camp militaire, Escadron) ; Marais ; Dioulabougou, wolof, Labia;

- Zone3 : Abattoir ; Savonnerie ; Garage;
- Zone4 ; Belle-ville, Gbeuville ; Commerce, Huberson, Baoulé;
- Zone5 : Kennedy, Soleil.

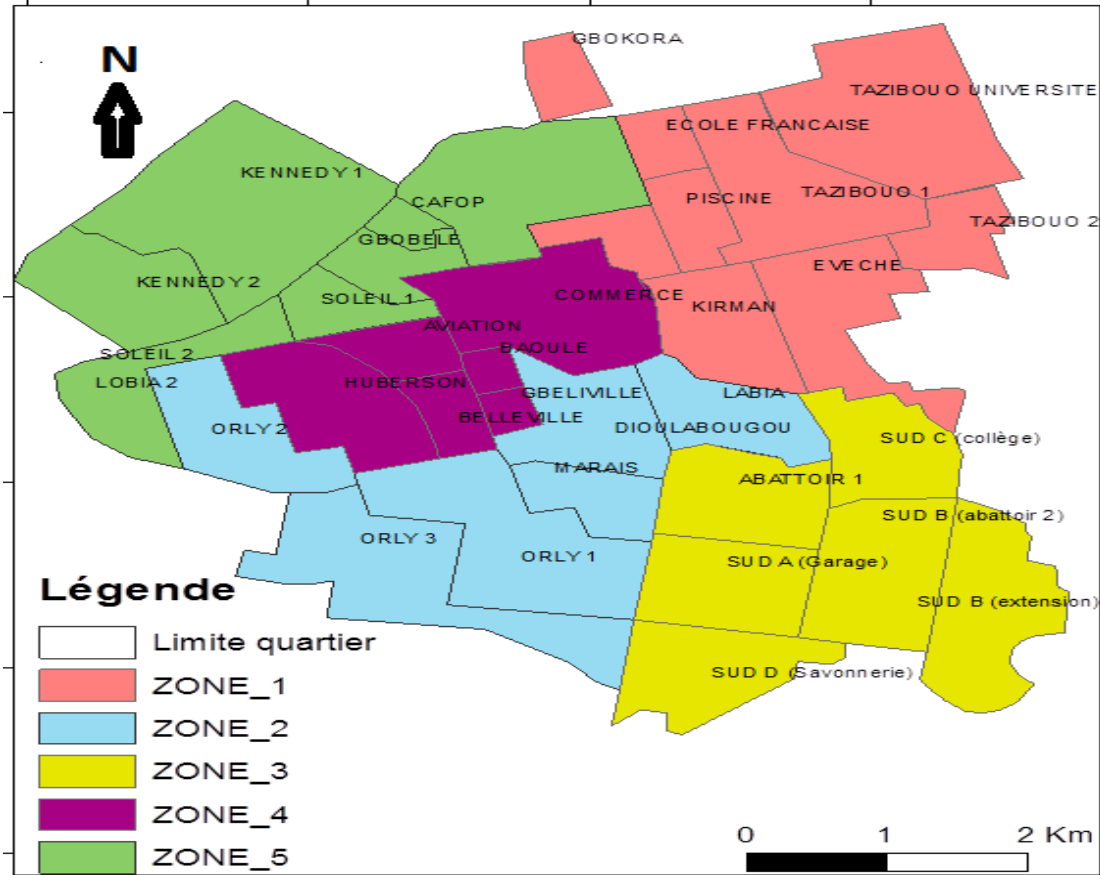


Figure 5: Répartition des quartiers en fonction des zones

2.2.2. Méthodes d'échantillonnage des eaux

Les eaux de source et de puits sont prélevées dans différents quartiers. Un total de 7 sources et 18 puits sont visités. Les échantillons sont prélevés dans des flacons de 1 litre en polyéthylène et étiquetés. Ces flacons sont complètement remplis et bouchés, de manière à ce qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon. Ceci limite l'interaction avec la phase gazeuse et l'agitation au cours du transport. Des modifications de la teneur en dioxyde de carbone sont évitées, donc des variations de pH. L'hydrogénocarbonate ne se transforme pas en carbonates précipitables. Le pH a plus tendance à s'oxyder, limitant ainsi les variations de couleur. Les flacons sont mis à l'abri de la lumière dans des glacières contenant de la glace pour maintenir les températures entre 4°C et 10°C jusqu'au laboratoire (AFNOR, 2001).

2.2.3. Méthodes d'analyse

NH₄⁺ : L'ammonium a été dosé par colorimétrie au bleu d'indophénol (NF T 90.015). Le principe de ce dosage consiste à la formation en milieu alcalin ($10,4 < \text{pH} < 11,5$) d'un composé type indophénol par réaction des ions ammoniums avec du phénol et de l'hypochlorite, en présence de nitroprussiate comme catalyseur. La mesure spectrophotométrique est effectuée à la longueur d'onde 630 nm et donne directement la teneur en ammonium de l'échantillon en mg/L (AFNOR, 2001).

NO₃⁻ : Les nitrates ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption moléculaire avec l'acide sulfosalicylique (NF T 90.045). La méthode consiste à la mesure des nitrates avec l'acide sulfosalicylique formé par addition à l'échantillon de salicylate de sodium et d'acide sulfurique. Les lectures se font à la longueur d'onde de 415 nm. Le spectrophotomètre donne directement la teneur en nitrate de l'échantillon en mg/L (AFNOR, 2001).

NO₂⁻ : Les nitrites ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption moléculaire par diazotation de l' amino-4-benzène sulfonamide en milieu acide et copulation avec le dichlorure de *N*- (naphtyl-1) diamino-1,2 éthane. Un complexe coloré susceptible d'un dosage spectrophotométrique est obtenu (NF T 90.013). Le spectrophotomètre donne directement la teneur en nitrite de l'échantillon en mg/L à une longueur d'onde de 520 nm (AFNOR, 2001).

PO₄³⁻ : Les ortho phosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue en milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, susceptible d'un dosage spectrophotométrique (AFNOR, 2001).

SO₄²⁻ : Le protocole d'analyse des sulfates utilisé est la méthode par chromatographie ionique (MA. 300 – Ions 1.3) du Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec (CEAEQ, 2011). Les anions contenus dans l'échantillon sont séparés par une colonne échangeuse d'ions à l'aide d'un éluant approprié. Le temps de rétention diffère pour chacun des anions, ce qui permet de les identifier et de les doser. Ils sont dosés à l'aide d'un détecteur MA. 300 – Ions 1.3 7 de 18 conductivimétrique et la conductivité mesurée est proportionnelle à la concentration de l'anion dans l'échantillon. Les courbes d'étalonnages (courbes quadratiques) sont tracées à partir des surfaces des pics et des concentrations des solutions étalons. Les résultats en mg/l sont lus directement l'écran de l'ordinateur. Les résultats sont

Matériel et Méthodes

exprimés en mg/l pour chacun des anions dosés. La concentration des anions dans un échantillon aqueux exprimée en mg/l est déterminée comme suit :

- $C = A \times F$ où
- C : concentration de sulfate dans l'échantillon (mg/l) ;
- A : concentration de sulfate dans la solution dosée (mg/l) ;
- F : facteur de dilution, si nécessaire.

Cl^- : Le chlorure présent dans l'échantillon réagit avec le thiocyanate mercurique pour former du chlorure mercurique et libérer l'ion thiocyanate. Les ions thiocyanate réagissent avec les ions ferriques pour former un complexe orange de thiocyanate ferrique. La concentration de ce complexe est proportionnelle à la concentration de chlorure. (CEAEQ, 2011).

CN^- : Les cyanures sont libérés sous forme d'acide cyanhydrique et dosés photométriquement. La détermination photométrique est effectuée suite à la réaction avec la chloramine-T et avec le réactif de coloration (dérivés d'acide barbiturique et de pyridine) pour donner un composé rouge analysé à 600 nm (CEAEQ, 2011).

Mn^{2+} : La méthode PAN est une technique très rapide et extrêmement sensible pour la détection des traces de manganèse. L'acide ascorbique est d'abord utilisé pour réduire toutes les formes oxydées du manganèse en Mn^{2+} . Un réactif cyanure-alcalin est ajouté pour masquer toutes les interférences potentielles. L'indicateur PAN est alors ajouté pour se combiner à Mn^{2+} et former un complexe de couleur orange. La teneur du manganèse sera déterminée à l'aide d'un spectrophotomètre de longueur d'onde de 560 nm (CEAEQ, 2011).

Fe^{2+} : Le réactif Ferrozine forme un complexe de couleur violette avec les traces de fer dans l'échantillon tamponné à pH 3,5. Cette méthode est applicable pour la détermination des traces de fer dans l'eau et peut être utilisée pour analyser les échantillons contenant de la magnétite (oxyde de fer) ou des ferrites. Ainsi, La teneur de Fe^{2+} sera déterminée à l'aide d'un spectrophotomètre de longueur d'onde de 562 nm (CEAEQ, 2011).

Mg^{2+} , Ca^{2+} : Le calcium et magnésium sont dosé avec une solution aqueuse d'EDTA à pH compris entre 12 et 13. Ce dosage se fait en présence de MUREXIDE. L'EDTA réagit d'abord avec les ions calcium libres, puis avec les ions calcium combiné avec l'indicateur coloré, qui va alors de la couleur rouge à la couleur violette (CEAEQ, 2011).

2.2.4. Méthodes de traitement

2.2.4.1. Traitement des données d'enquête

La gestion et l'analyse des données d'enquête ont suivi plusieurs étapes afin de mieux renseigner les besoins de l'étude. Elle a consisté dans un premier temps à l'enregistrement et au stockage des données dans une base de données Access. Ensuite, le calcul des moyennes, des proportions des données collectées et également la construction des diagrammes sectoriels sont réalisés à l'aide du logiciel Excel 2013.

2.2.4.2. Traitement des données chimiques

➤ Analyse descriptive simple

Cette méthode consiste à déterminer la variation temporelle des différents paramètres chimiques à partir de leurs valeurs maximales, moyennes et minimales et des recommandations de l'OMS. Il s'agira d'analyser et d'interpréter le tableau qui sera obtenu.

➤ Analyse en composantes principales (ACP)

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

une population donnée. Dans le cas de cette étude, les individus statistiques constituant cette population sont les différents paramètres chimiques des ressources alternatives en eau. Cette analyse a permis de faire ressortir les corrélations existantes entre les différents paramètres.

- Les indices de qualités des eaux

L'IQE permet de déterminer le potentiel d'utilisation d'une eau en comparant sa qualité observée avec les critères de qualité exigés pour différents usages. Pour évaluer ce potentiel, il faut calculer pour une eau et une utilisation donnée un indice numérique (dont la valeur varie de 0 à 100) qui tient compte des valeurs de différents paramètres de l'eau et de leur importance relative vis-à-vis l'usage qui nous intéresse (CCME, 2001). L'indice est fondé sur la combinaison de trois facteurs qui sont :

- Le nombre de variables non conformes aux objectifs (étendue F1) ;
- La fréquence à laquelle les objectifs ne sont respectés (fréquence F2) ;
- L'écart entre les mesures non conformes et les objectifs correspondant (amplitude F3)

La formule mathématique servant à calculer comprend trois facteurs : l'étendue (F₁) ; la fréquence (F₂) et l'amplitude (F₃).

Le terme F1 (étendue) représente le pourcentage de variables dont au moins une mesure ne respecte pas l'objectif correspondant pendant la période d'étude (variables non conformes) :

- L'étendue $F_1 = \left(\frac{\text{nombre de paramètre non conformes}}{\text{nombre total de paramètre}} \right) \times 100$

Le terme F2 (fréquence) représente le pourcentage de résultats analytiques non conformes aux objectifs (« résultats non conformes ») :

- La Fréquence : $F_2 = \left(\frac{\text{nombre de résultats non conformes}}{\text{nombre total de résultats}} \right) \times 100$

Le terme F3 (amplitude) représente l'écart entre les résultats analytiques non conformes et les objectifs auxquels ils se rapportent. Ce terme est calculé en trois étapes.

- Première étape

L'amplitude par laquelle une concentration individuelle est supérieure à l'objectif (ou inférieure, lorsque cet objectif est un minimum) est nommé « coefficient d'écart ». Lorsque le résultat analytique ne doit pas dépasser l'objectif, le coefficient d'écart s'exprime comme suit :

$$\text{coefficient d'ecart}_i = \left(\frac{\text{valeur de resultats non conformes}}{\text{crtière}_i} \right) - 1$$

Dans les cas où le résultat analytique ne doit pas être inférieur à l'objectif, le coefficient d'écart se formule comme suit :

$$\text{coefficient d'ecart}_i = \left(\frac{\text{crtière}_i}{\text{valeur de resultats non conformes}} \right) - 1$$

- Deuxième étape

Le calcul du degré global de non-conformité se fait en additionnant les coefficients d'écart des résultats individuels puis diviser la somme obtenue par le nombre total de résultats individuels (conformes ou non aux objectifs). Cette variable s'appelle la somme normalisée des coefficients d'écart, ou *sncé*, et se représente comme suit :

$$\text{sncé} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{coefficient d'ecart}_i}{\text{nombre total de resultats}}$$

- Troisième étape

Le terme *F3* est ensuite calculé à l'aide d'une fonction asymptotique qui ramène la somme normalisée des coefficients d'écart par rapport aux objectifs (*sncé*) à l'intérieur d'une plage de valeurs de 0 à 100.

- $F_3 = \left(\frac{\text{sncé}}{0,01\text{sncé}+0,01} \right)$

Après avoir établis les formules des trois facteurs, la formule mathématique de l'indice de qualité des eaux (IQE) est donnée par la relation suivante :

$$IQE = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right)$$

Matériel et Méthodes

Tableau I: Classes des indices de qualité

Classe de qualité	IQE	Signification
Excellente	95-100	Les concentrations sont conformes aux critères à peu près en tout temps
Bonne	80-94	Les concentrations s'écartent rarement des niveaux naturels ou souhaitables
Moyenne	65-79	Les concentrations s'écartent parfois des niveaux naturels ou souhaitables
Médiocre	45-64	Les concentrations s'écartent souvent des niveaux naturels ou souhaitables
Mauvaise	0-44	Les concentrations s'écartent généralement des niveaux naturels ou souhaitables



PARTIE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. RESULTATS

3.1.1. Caractéristiques socio-démographiques des ménages

- Niveau d’instruction des chefs de ménages

Le niveau d’instruction des chefs de ménages est au-dessus de la moyenne. En effet, 63% des enquêtés ont au moins un niveau primaire contre 37% de non scolarisés. Parmi les scolarisés, 4% ont un niveau primaire, 33% ont un niveau secondaire et 26% le niveau supérieur. Le diagramme ci-dessous évoque les différentes proportions des chefs de ménages.

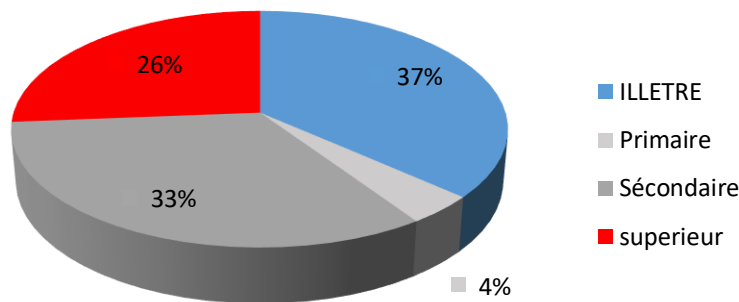


Figure 6: Proportion du niveau d’instruction des chefs de ménages à Daloa

- Taille des ménages

Les tailles des ménages enquêtés sont représentés selon les fourchettes suivantes : $[1 ; 6[$, $[6 ; 12[$, $[12 ; 17[$ et $[17 ; \rightarrow [$. L’enquête relève que 44% des ménages (174) ont une taille inférieure à 5 personnes. De même, 34% ménages (138) ont une taille comprise entre 6 à 11 personnes. Par contre, ceux compris entre 12 à 17 personnes ont une proportion de 10% (47 ménages) et plus de 17 personnes une proportion de 12% (47 ménages). Ainsi, représenté à travers Le diagramme ci-dessous.

Résultats et Discussion

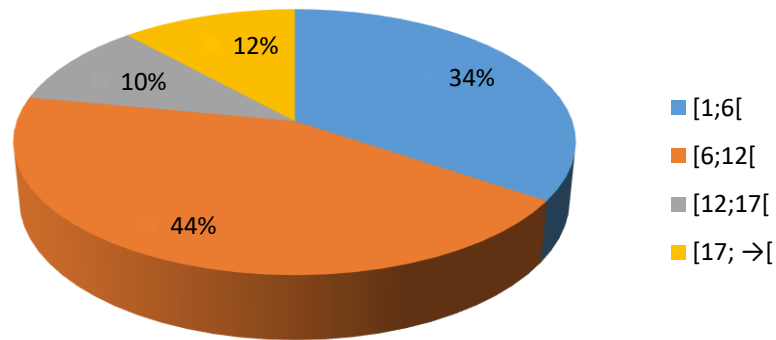


Figure 7: Taille des ménages dans les quartiers de la ville de Daloa

- Activités économiques des chefs de ménages

Sur le plan professionnel, les chefs de ménage occupent différents types d'emploi dans différents secteurs public ou privé (formel ou informel) ; Fonctionnaire (39 %), Commerçant (26 %), Salarié du privé (3 %). (27 %) des ménages exercent dans le secteur informel (artisan, peintre, chauffeur etc...). Le diagramme ci-dessous évoque les différentes proportions des activités principales des chefs de ménages.

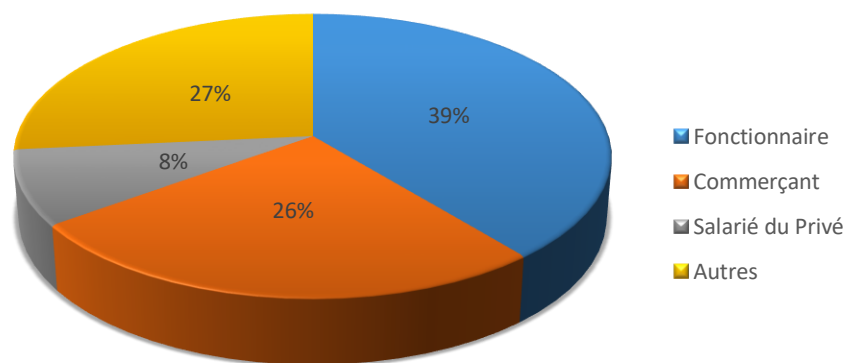


Figure 8: Activités principales des chefs de ménages à Daloa

3.1.2. Accès à l'eau des ménages

- Source d'approvisionnement en eau des ménages

57% des ménages s'approvisionnent avec l'eau de la Sodeci, 27% pour les puits. Par contre, ceux des forages et de sources ont respectivement des proportions de 15% et 9%, néanmoins on enregistre un taux faible d'eau minérale de 2%. Le diagramme ci-dessous évoque les différentes proportions des ressources en eau des ménages.

-

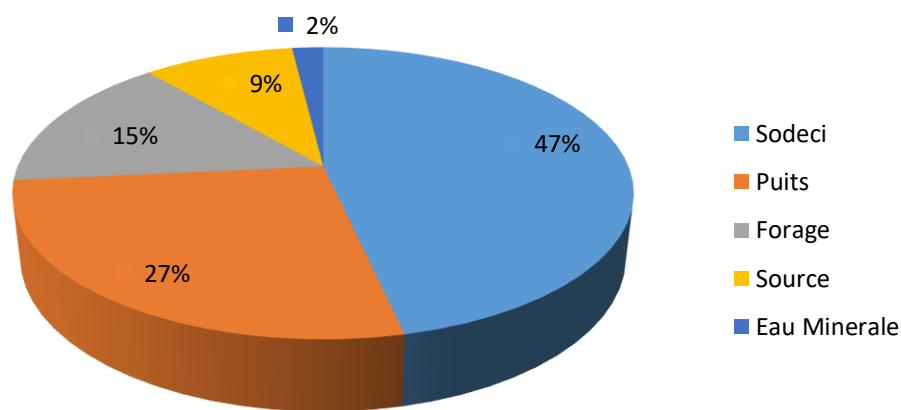


Figure 9: Proportion des ressources en eau des ménages de Daloa

- Eau de boisson

L'enquête relève des proportions de l'eau de boisson de 28% pour l'eau de la Sodeci, 26% pour les puits et forages et 17% pour celui des eaux de source. Ainsi, un taux inférieur de 3% pour l'eau minérale. Ainsi, Le diagramme ci-dessous évoque ressources en eau consommés par les ménages.

-

Résultats et Discussion

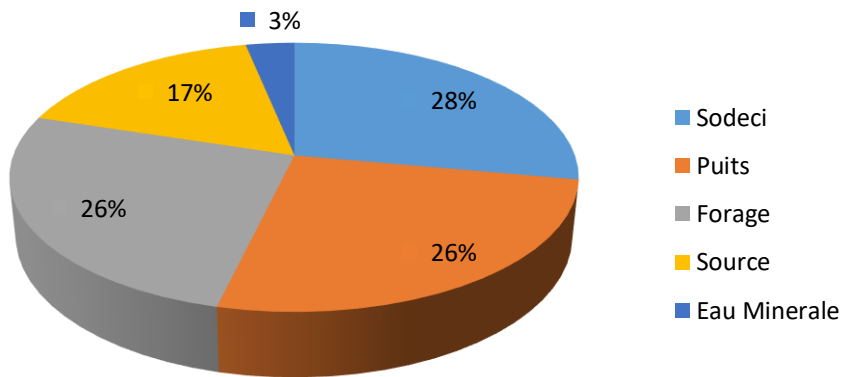


Figure 10: Répartition d'eau de boisson

- Cartographie des ressources en eau alternatives de la ville de Daloa

La figure ci-dessous représente les différentes sources et puits sélectionnés en fonction des quartiers et zones.

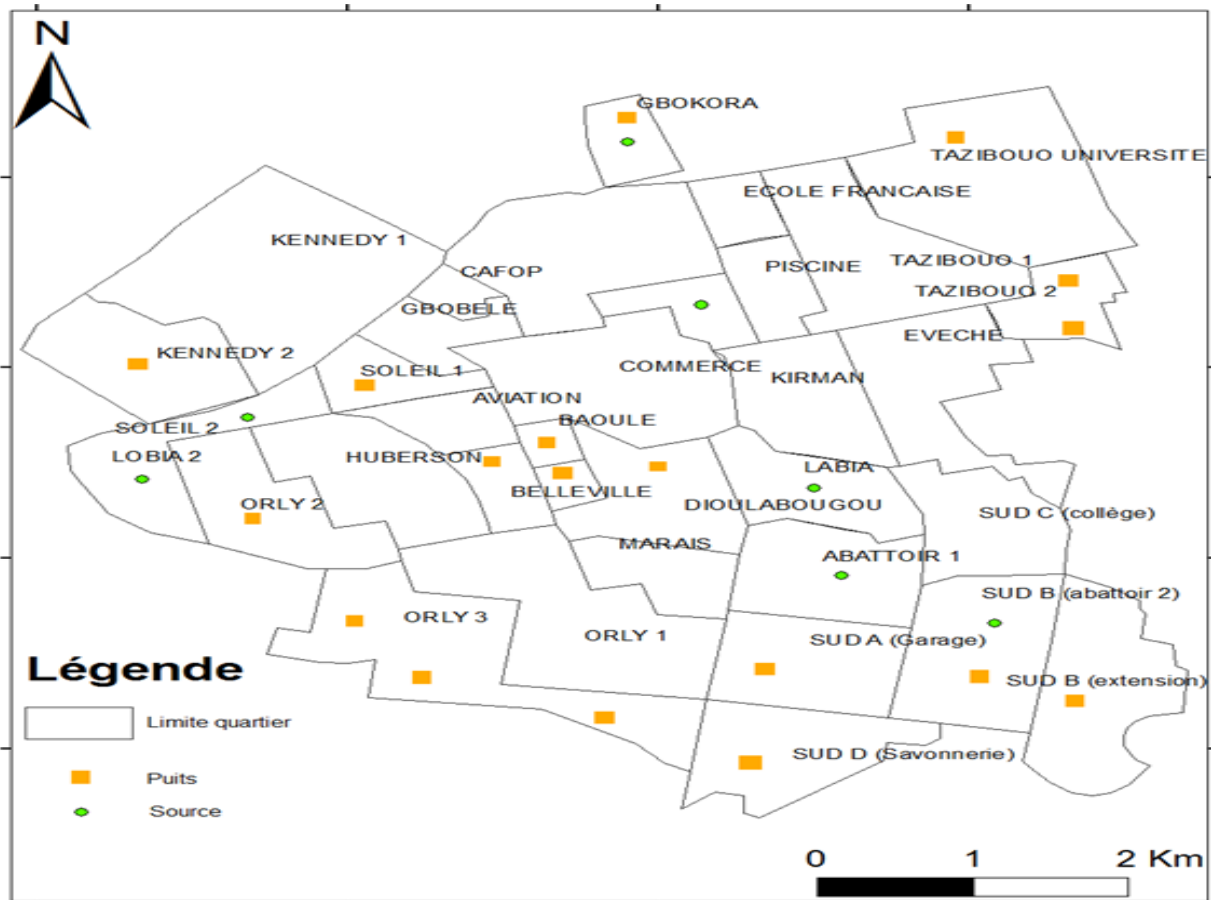


Figure 11: Ressources en eau échantillons selon les quartiers

Résultats et Discussion

Le choix des Puits et Sources prélevées a été fixé à la lumière d'une étude. La fréquence d'utilisation des puits et sources par les populations et le mode entretien sont les critères qui nous ont guidés dans le choix des puits et sources. Des lors, 17 Puits ainsi que 7 Sources ont été prélevés afin d'évaluer la qualité chimique.

3.1.3. Caractéristiques chimiques des ressources en eau alternatives

3.1.3.1. Caractéristiques chimiques des eaux de sources de la ville de Daloa

Les résultats des analyses chimiques de l'eau des sources sont consignés dans le tableau IV ci-dessous :

Résultats et Discussion

Tableau II: Caractéristiques chimiques des eaux de sources

Paramètres	Unités	Minimum	Moyenne	Maximum	Valeurs guides de l'OMS
NO ₃ ⁻	mg/L	6,70	15,01 ± (24,74)	21,5	50
NO ₂ ⁻	mg/L	0,056	0,21 ± (1,37)	0,445	3
NH ₄ ⁻	mg/L	0,00	0,17 ± (10,96)	0,96	15
SO ₄ ²⁻	mg/L	0,00	0,17 ± (17,56)	0	25
Cl ⁻	mg/L	13,50	34,91 ± (152,09)	76,1	250
CN ⁻	mg/L	0,00	0,00 ± (0,05)	0	0,07
Zn ²⁺	mg/L	0,00	0,03 ± (2,10)	0,06	3
Cu ²⁺	mg/L	0,00	0,03 ± (0,69)	0,15	1
Fe ²⁺	mg/L	0,06	0,64 ± (0,24)	3,413	0,3
Ca ²⁺	mg/L	31	36,29 ± (45,05)	41	≤ 100
Mn ²⁺	mg/L	0	0,67 ± (0,40)	3	0,1
PO ₄ ³⁻	mg/L	0,14	0,78 ± (0,20)	2,2	0,5
K ⁺	mg/L	3,4	5,99 ± (4,09)	10,8	0,2
Mg ²⁺	mg/L	11,18	21,74 ± (90,70)	21,5	150

Les résultats des analyses chimiques de l'eau des sources sont consignés dans le tableau ci-dessous. Le tableau présente les valeurs minimums, moyennes et maximales des quatorze (14) paramètres chimiques étudiés. À l'analyse du tableau, les valeurs moyennes de quatre (4) paramètres qui sont le Fe²⁺, le Mn²⁺, le PO₄³⁻ et le K⁺ ont des valeurs moyennes non conformes aux directives de l'OMS. Parmi ceux-ci, le K⁺ et le Mn²⁺ sont les plus remarquables. En effet, le K⁺ avec une valeur moyenne 5,99 ± (4,09) mg/L pour une valeur guide de 0,2 mg/L représente ainsi 30 fois la valeur directive. Le Mn²⁺, avec une valeur moyenne de 0,67 ± (0,40) mg/L représente ainsi 7 fois la valeur guide. Par contre, les

paramètres tels que : NO_3^- , NO_2^- , NH_4^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CN^- , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} et Mg^{2+} sont conformes aux directives de l'OMS.

3.1.3.2. Corrélations entre les paramètres chimiques des eaux de sources de la ville de Daloa

L'ACP réalisée a donné comme résultats une matrice de corrélation et un cercle de corrélation. Les composantes (fact 1 et fact 2) expliquent 63,8 % de la variation de l'ensemble des données. Le premier axe exprime 43,81% de la variance totale tandis que le deuxième exprime 19,99%. La matrice de corrélation obtenue pour l'ensemble des 14 variables étudiées figurent dans le tableau III. L'analyse de cette matrice montre qu'il existe des corrélations positives et des corrélations négatives. On y distingue des corrélations significatives, moyennement significatives et non significatives. Il existe de très importante corrélation supérieure (K^+ , NO_2^- $r=0,93$) ; moyenne (NH_4^- , NO_2^- $r=0,50$), négatives (Mg^{2+} , NH_4^- $r= -0,16$), non significative (PO_4^{3-} , Cu^{2+} $r=0,16$).

Résultats et Discussion

Tableau III: Matrice de corrélation des eaux de source

Paramètres	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	CN ⁻	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Ca ²⁺	Mn ²⁺	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Mg ²⁺
NO ₃ ⁻	1,00													
NO ₂ ⁻	0,98	1,00												
NH ₄ ⁻	0,43	0,50	1,00											
SO ₄ ²⁻	0,00	0,00	0,00	1,00										
Cl ⁻	-0,50	-0,50	-0,04	0,00	1,00									
CN ⁻	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00								
Zn ²⁺	0,04	0,01	0,50	0,00	-0,27	0,00	1,00							
Cu ²⁺	-0,31	-0,24	-0,17	0,00	-0,15	0,00	-0,03	1,00						
Fe ²⁺	-0,48	-0,44	-0,25	0,00	0,21	0,00	0,31	-0,17	1,00					
Ca ²⁺	-0,20	-0,08	0,04	0,00	0,47	0,00	-0,27	-0,46	0,58	1,00				
Mn ²⁺	0,51	0,62	0,95	0,00	-0,08	0,00	0,44	-0,24	-0,07	0,25	1,00			
PO ₄ ³⁻	0,60	0,66	0,88	0,00	-0,28	0,00	0,52	0,13	-0,36	-0,27	0,85	1,00		
K ⁺	0,86	0,93	0,75	0,00	-0,40	0,00	0,13	-0,29	-0,38	0,07	0,83	0,77	1,00	
Mg ²⁺	0,59	0,63	-0,16	0,00	-0,10	0,00	-0,58	-0,18	-0,08	0,34	0,09	-0,01	0,44	1,00

Résultats et Discussion

Le cercle de communauté (Figure 12) montre que tous les paramètres sont déterminants. Le facteur 1 : Fe^{2+} et Cl^- exprime la coloration de l'eau. Quant au facteur 2, il est déterminé par le Ca^{2+} , le Mg^{2+} , Ce facteur exprime alors la minéralisation globale de l'eau de source cependant, le facteur 3 comprenant le NO_3^- , NO_2^- et K^+ agissant sur la pollution humaine, végétale des eaux de source.

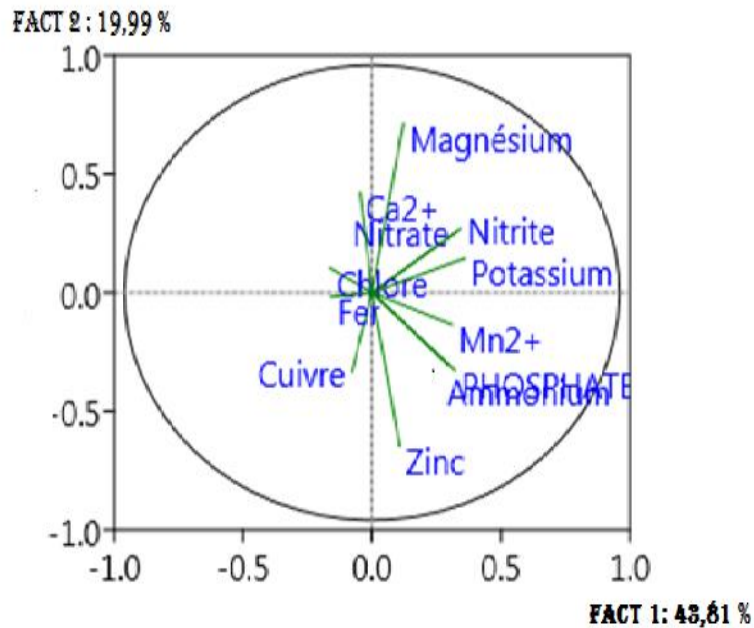


Figure 12: Cercle de communauté des plans factoriels F1-F2 des paramètres chimiques des eaux de sources

3.1.3.3. Caractéristiques chimiques des eaux de puits de la ville de Daloa

Les résultats des analyses chimiques de l'eau des puits sont consignés dans le tableau IV ci-dessous :

Résultats et Discussion

Tableau IV : Caractéristiques chimiques des eaux de puits

Paramètres	Unités	Minimum	Moyenne	Maximum	Valeurs guides de l'OMS
NO ₃ ⁻	mg/L	2,50	52,86 ± (24,74)	301,1	50
NO ₂ ⁻	mg/L	0,024	0,39 ± (1,84)	1,734	3
NH ₄ ⁻	mg/L	0,00	0,39 ± (10,33)	23	15
SO ₄ ²⁻	mg/L	0,30	2,06 ± (16,22)	25	25
Cl ⁻	mg/L	0,30	35,06 ± (151,98)	205,5	250
CN ⁻	mg/L	0,00	0,00 ± (0,05)	0,01	0,07
Zn ²⁺	mg/L	0,00	0,04 ± (2,09)	0,15	3
Cu ²⁺	mg/L	0,00	0,03 ± (0,69)	0,19	1
Fe ²⁺	mg/L	0,02	0,43± (0,09)	3,086	0,3
Ca ²⁺	mg/L	29	37,67 ± (44,08)	70	≤ 100
Mn ²⁺	mg/L	0	0,61 ± (0,36)	2,5	0,1
PO ₄ ³⁻	mg/L	0,09	0,91 ± (0,29)	2,8	0,5
K ⁺	mg/L	1,6	18,39 ± (12,86)	87	0,2
Mg ²⁺	mg/L	11,66	22,60 ± (90,09)	33,53	150

Le tableau présent les valeurs minimums, moyennes et maximales des quatorze (14) paramètres chimiques étudiés. A l'analyse du tableau, les valeurs moyennes de cinq (5) paramètres que sont NO₃⁻, Fe²⁺, Mn²⁺, PO₄³⁻ et le K⁺ ont des valeurs moyennes non conformes aux directives de l'OMS. Parmi ceux-ci, le K⁺ et le Mn²⁺ sont les plus remarquables. En effet, le K⁺ avec une valeur moyenne 18,39 ± (12,86) mg/L pour une valeur guide de 0,2 mg/L représente ainsi 92 fois la valeur directive. Le Mn²⁺ avec une valeur moyenne de 0, 61 ±

(0,36) mg/L représente ainsi 6 fois la valeur guide. Par contre, les paramètres tels que : NO_2^- , NH_4^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CN^- , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} et Mg^{2+} sont conformes aux directives de l'OMS.

3.1.3.4. Corrélations entre les paramètres chimiques des eaux de puits de la ville de Daloa

L'ACP réalisée a donné comme résultats une matrice de corrélation et un cercle de corrélation. Les composantes (fact 1 et fact 2) expliquent 56,13 % de la variation de l'ensemble des données. Le premier axe exprime 37,21% de la variance totale tandis que le deuxième exprime 18,92%. La matrice de corrélation obtenue pour l'ensemble des 14 variables étudiées figurent dans le tableau V. L'analyse de cette matrice montre qu'il existe des corrélations positives et des corrélations négatives. On y distingue des corrélations significatives, moyennement significatives et non significatives. Il existe de très importante corrélation supérieure (NH_4^- , Cl^- $r=0,91$) ; moyenne (K^+ , Ca^{2+} $r=0,66$), négatives (CN^- , NO_3^- $r= -0,14$), non significative (PO_4^{3-} , SO_4^{2-} $r=0,03$).

Résultats et Discussion

Tableau V: Matrice de corrélation des eaux de puits

Paramètres	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	CN	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Ca ²⁺	Mn ²⁺	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Mg ²⁺
NO ₃ ⁻	1,00													
NO ₂ ⁻	0,55	1,00												
NH ₄ ⁻	0,70	0,65	1,00											
SO ₄ ²⁻	0,19	0,02	0,24	1,00										
Cl ⁻	0,77	0,63	0,91	0,17	1,00									
CN ⁻	-0,14	-0,17	-0,08	-0,09	-0,10	1,00								
Zn ²⁺	-0,34	-0,24	-0,24	0,05	-0,31	0,75	1,00							
Cu ²⁺	-0,18	-0,18	-0,07	-0,03	-0,14	0,83	0,79	1,00						
Fe ²⁺	-0,01	-0,06	0,01	0,21	0,00	-0,14	-0,14	-0,14	1,00					
Ca ²⁺	0,76	0,03	0,29	0,22	0,32	-0,19	-0,32	-0,12	0,00	1,00				
Mn ²⁺	0,04	0,30	0,36	-0,14	0,24	0,11	0,28	0,25	-0,21	-0,24	1,00			
PO ₄ ³⁻	-0,01	0,62	0,09	0,03	-0,02	0,07	0,03	-0,07	-0,18	-0,38	0,17	1,00		
K ⁺	0,93	0,61	0,80	0,40	0,79	-0,16	-0,32	-0,17	0,12	0,66	0,03	0,11	1,00	
Mg ²⁺	0,55	0,01	0,33	0,16	0,53	-0,19	-0,26	-0,22	0,02	0,55	-0,30	-0,56	0,43	1,00

Le cercle de communauté (Figure 13) montre que les paramètres déterminants sont déterminants. Le facteur Fe^{2+} exprime la coloration de l'eau. Quant au facteur 2, il est déterminé par le Ca^{2+} , le Mg^{2+} , Ce facteur exprime alors la minéralisation globale de l'eau de source cependant, le facteur 3 comprenant le NO_3^- , NO_2^- , Cl^- , NH_4^+ et K^+ agissant sur la pollution humaine, végétale des eaux de puits.

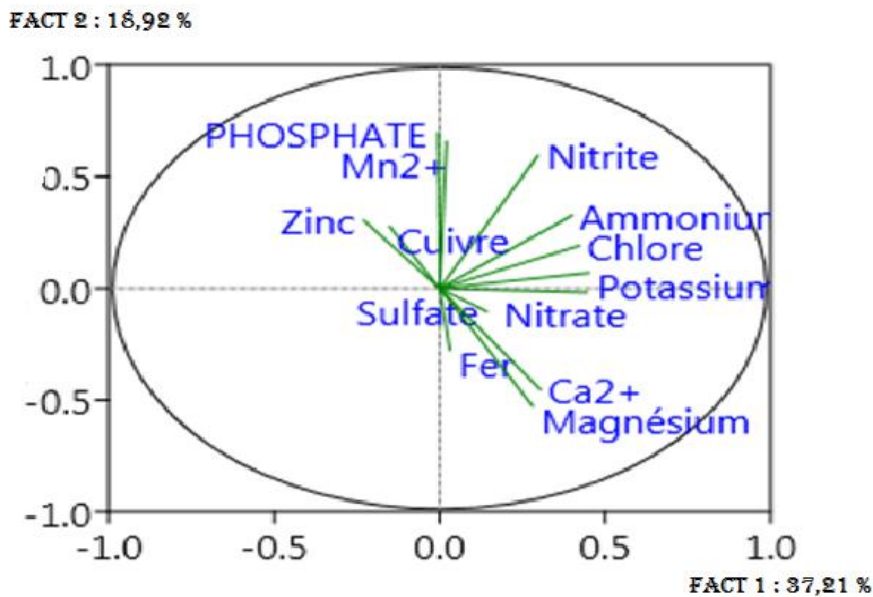


Figure 13: Cercle de communauté des plans factoriels F1-F2 des paramètres chimiques des eaux de puits

3.1.4. Qualité chimique des ressources en eau alternative

3.1.4.1. Qualité chimiques des eaux de sources de la ville de Daloa

Le tableau VIII évoque les résultats des différents paramètres qui conduisent au calcul de l'IQE des eaux de sources et le résultat de celui-ci.

Résultats et Discussion

Tableau VI: Récapitulatif du calcul de l'IQE des eaux de sources

Paramètres	Valeurs
Variables non conformes aux objectifs	4
Nombre de résultats analytiques ne respectant pas les objectifs	18
Etendue F_1 (%)	28,57
Sncé	0,36
Fréquence F_2 (%)	18,36
Amplitude F_3 (%)	26,47
IQE (%)	75,14

Dans le calcul de l'indice de qualité des eaux de sources de la ville de Daloa, quatorze (14) variables feront l'objet de ce calcul (NO_3^- , Fe^{2+} , Mn^{2+} , PO_4^{3-} , K^+ , NO_2^- , NH_4^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CN^- , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} et Mg^{2+}). Le nombre de variables non conforme aux objectifs est de quatre (4) variables (K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} et PO_4^{3-}). Dix-huit (18) résultats analytiques ne respectent pas les objectifs. Le nombre total de résultats analytiques est de quatre-vingt-dix-huit (98). Le calcul des trois (3) facteurs nous donne les résultats suivants $F_1 = 28,57$; $F_2 = 18,36$ et $F_3 = 26,47$. L'indice de qualité des eaux calculé est 75,14. La qualité des eaux de sources la ville de Daloa est moyenne.

3.1.4.2. Qualité chimiques des eaux de puits de la ville de Daloa

Le tableau VIII évoque les résultats des différents paramètres qui conduisent au calcul de l'IQE des eaux de sources et le résultat de celui-ci.

s

Résultats et Discussion

Tableau VII: Récapitulatif du calcul de l'IQE des eaux de puits

Paramètres	Valeurs
Variables non conformes aux objectifs	5
Nombre de résultats analytiques ne respectant pas les objectifs	145
Etendue F_1 (%)	35,71
Sncé	0,67
Fréquence F_2 (%)	57,54
Amplitude F_3 (%)	35,06
IQE (%)	56

Dans le calcul de l'indice de qualité des eaux de Puits de la ville de Daloa, quatorze (14) variables feront l'objet de ce calcul (NO_3^- , Fe^{2+} , Mn^{2+} , PO_4^{3-} , K^+ , NO_2^- , NH_4^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CN^- , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} et Mg^{2+}). Le nombre de variables non conforme aux objectifs est de cinq (5) variables (NO_3^- , K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} et PO_4^{3-}). Cent-quarante-cinq (145) résultats analytiques ne respectent pas les objectifs. Le nombre total de résultats analytiques est de deux-cent-cinquante-deux (252). Le calcul des trois (3) facteurs nous donne les résultats suivants : $F_1=35,71$; $F_2=57,54$ et $F_3=35,06$

- L'indice de qualité (IQE) des eaux calculé est 56. La qualité des eaux de Sources la ville de Daloa est médiocre.

3.2. DISCUSSION

La présente étude se propose d'évaluer la qualité chimique des eaux de sources et de puits dans la ville de Daloa. A l'analyse des résultats chimiques des eaux de source, quatre (4) paramètres que sont, le Fe^{2+} , le Mn^{2+} , le PO_4^{3-} et le K^+ ont des valeurs moyennes non conformes aux directives de l'OMS. Parmi ceux-ci, le potassium et le fer sont les plus remarquables. En effet, le Potassium avec une valeur moyenne $5,99 \pm (4,09)$ mg/L pour une valeur guide de 0,2 mg/L représente ainsi 30 fois la valeur directive. Le Manganèse, avec une

Résultats et Discussion

valeur moyenne de $0,67 \pm (0,40)$ mg/L représente ainsi 7 fois la valeur guide. Pour ces eaux de source, une bonne corrélation est observée entre le Nitrate, Nitrite ($R=0,95$) ; l'Ammonium, le Manganèse ($r=0,95$) ; le Phosphate, le Potassium ($r=0,88$).

Quant aux eaux de puits, les valeurs moyennes de cinq (5) paramètres que sont, le Nitrate, le Fer, le Manganèse, le Phosphate et le Potassium ont des valeurs moyennes non conformes aux directives de l'OMS. Parmi ceux-ci, le potassium et le Manganèse sont les plus remarquables. En effet, le Potassium avec une valeur moyenne $18,39 \pm (12,86)$ pour une valeur guide de 0,2 mg/L représente ainsi 92 fois la valeur directive. Le Manganèse, avec une valeur moyenne de $0,61 \pm (0,36)$ mg/L représente ainsi 6 fois la valeur guide. Pour ces eaux de puits, de bonnes corrélations sont observées entre le Nitrate et le Potassium ($r=0,95$), le Calcium ($r=0,88$), le Chlore ($r=0,75$) et l'Ammonium ($r=0,70$). Les autres paramètres chimiques des sources et des puits étudiés que sont le Nitrite, l'Ammonium, le sulfate, le chlore, le Cyanure, le Zinc, le Cuivre, le Calcium et le Magnésium sont conformes aux directives de l'OMS.

Le calcul de l'Indice de Qualité des Eaux (IQE) de ces deux ressources en eau alternatives de la ville de Daloa révèle que les eaux des sources sont de qualité moyennes contrairement à celle des puits qui sont médiocres. Ces résultats trouvent leur explication dans le fait que, les sources contrairement aux puits sont des émergences naturelles de nappes qui apparaissent d'une manière localisée ou diffuse à la surface du sol. Elles constituent donc des zones de vidange naturelle ou des exutoires ponctuels d'eaux souterraines. Ainsi selon Ligban et al., (2009) et Adjiri et al., (2019) qui ont travaillé sur les eaux souterraines ont montré que les eaux de sources sont moins exposées à la pollution que celles des puits. En effet, selon ces auteurs, des indices de saturation négatifs de ces eaux vis-à-vis de la calcite, de la dolomie, l'existence d'un bref temps de séjour des eaux et un taux de renouvellement important sont plus confirmés pour les sources que pour les puits en raison du caractère plus superficiel des eaux de sources.

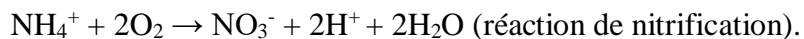
L'importance des ions Fe^{2+} , Mn^{2+} , et K^+ dans les sources et puits est à relier à une origine anthropique et biogénique (Ouattara, 2014), et confirme que ces nappes sont plus superficielles. Ces ions proviendraient du pluvio-lessivage de la voûte forestière et des réactions d'oxydo-réductions de matières organiques liées aux activités humaines ou à la production animale ou végétale (Ahoussi et al., 2013). Selon Ouattara et al., (2018), La réduction bactérienne des hydroxydes de Fer et la dégradation de la matière organique sont les principales causes des concentrations élevées du Fer et du Manganèse dissous dans l'eau.

Résultats et Discussion

Les teneurs relativement faibles en Calcium et Magnésium, indice de la dureté, indiquent d'une part que les eaux de sources et d'autre part celles des puits sont classées dans la catégorie des eaux douces (Tamungang et al., 2016).

Les concentrations en nitrate des eaux de puits sont supérieures aux valeurs guides de l'OMS.

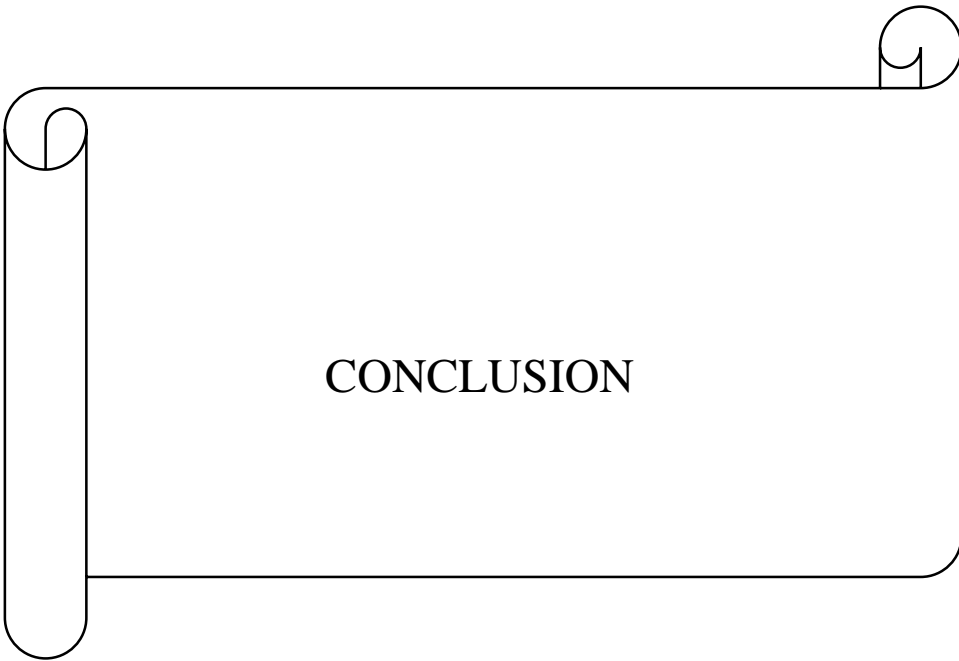
Nos résultats concordent avec ceux d'Ohou et al., (2014). Ces auteurs ont travaillé sur le bassin versant de la Lobo dont fait partir notre milieu d'étude. Les résultats révèlent que les nitrates subissent une variation sur le bassin versant. Dans l'ensemble, les concentrations vont de 0 mg/L à 71,26 mg/L. Les puits ayant une concentration supérieure à la valeur guide de l'OMS se rencontrent dans la ville de Buyo et dans les deux villages Gbili et Logbozoa. Par contre, les puits de Tchemasso, de Buyo provisoire et des campements ont des teneurs en nitrate conformes à cette norme. Diallo, (2010) soutient que la présence de nitrate dans les eaux de puits pourrait s'expliquer par un manque d'hygiène et d'assainissement du cadre de vie des populations dans les localités étudiées. En effet, ce taux élevé de nitrates dans les puits lui procure un caractère acide (Tapsoba, 1995). Cette acidité peut s'expliquer par la production de CO₂ car son hydratation produit l'acide carbonique (H₂CO₃) qui s'attaque aux roches. Cependant, l'acidité des eaux de puits pourrait aussi provenir de la transformation des ions ammonium en ions nitrates dans les eaux. Selon cette transformation l'ion ammonium libère deux protons H⁺ pour produire l'ion nitrate selon l'équation :



Ce qui explique la forte corrélation entre NH₄⁺ et NO₃⁻ (r=0,70), La qualité de ces eaux peut constituer un risque sanitaire pour les populations de la ville de Daloa.

La quantité supérieure du PO₄³⁻ dans les ressources étudiées soit respectivement à 0,78 ± (0,20) et 0,91 ± (0,29) pour les sources et puits montre que la pollution phosphatées des deux eaux souterraines peuvent avoir plusieurs origines : des épandages numéraux (engrais chimique) ou industriels, des affluents organique apportés volontairement ou involontaires, les évacuations d'eaux usées (Robertson & Harman, 1999).

Les faibles concentrations des autres paramètres chimiques tel que : Zn²⁺, Cu²⁺, CN⁻, NO₂⁻, SO₄²⁻ et NH₄⁻ dans les ressources étudiées montrent que les activités économiques, les eaux usées des ménages, des écoles, des habitations ou espaces industriels ne contiennent pas suffisamment des ions pouvant s'infiltrer dans les nappes pour contaminer ces ressources en eau. Enfin, Daloa faiblement industrialisé, ces rejets des fosses septiques ne contiennent pas suffisamment des ions pour polluer ces nappes.



Conclusion

L'objectif de l'étude est d'évaluer la qualité des ressources en eau alternatives consommées par les populations de la ville de Daloa. Pour y parvenir, une enquête sociodémographique est menée ; des échantillons d'eau de sources et de puits sont prélevés et analysés ; les résultats obtenus sont traités et analysés. L'enquête a permis de mettre en lumière la répartition des ménages et les différents types d'eau utilisés. Grâce à cette enquête au plan sociodémographiques, il est démontré différents types de ménages de niveau d'instructions divers et aux revenus varies, vivant dans les différents quartiers de la ville de Daloa. Ces populations pour la plupart ont accès à l'eau distribué par la SODECI. La taille moyenne des familles est ente 6 et 11 personnes. En plus de la SODECI, les sources d'approvisionnement en eau des ménages sont en autre : l'eau de forage, de source et de puits. Ces sources d'eau sont utilisés à des fins multiples (activités ménagères ou pour la consommation). Il ressort de l'analyse des résultats chimiques des eaux de source, que les paramètres fer, manganèse, phosphate et potassium ont des valeurs moyennes non conformes aux directives de l'OMS. Quant aux eaux de puits, les valeurs moyennes des paramètres nitrate, fer, manganèse, phosphate et potassium ont des valeurs moyennes non conformes aux directives de l'OMS. L'ACP a montré des corrélations moyennes, non significatives et positives entre les différents paramètres chimiques. Le calcul de l'Indice de Qualité des Eaux (IQE) de ces deux ressources en eau alternatives de la ville de Daloa révèle que les eaux des sources sont de qualité moyennes contrairement à celle des puits qui sont médiocres.

Au vu de l'importance des ressources alternatives en eau dans les ménages, il sera judicieux de :

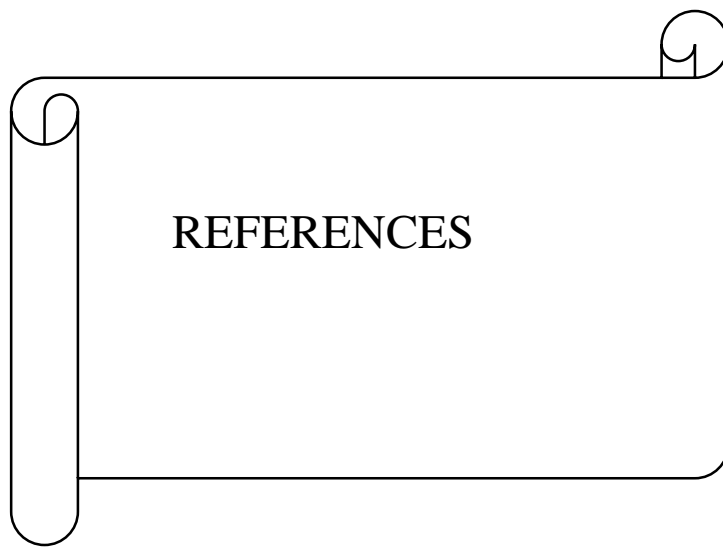
- sensibiliser les populations à la protection des puits et aux risques liés à la consommation de l'eau insalubre ;
- étendre le réseau d'adduction d'eau potable à tous les ménages ;
- sensibiliser les ménages à la consommation de l'eau de la SODECI contrairement aux eaux de puits ;
- instaurer des limites de protection.

Enfin, face à ces recommandations faites aux populations et aux autorités administratives cette étude ouvre des voies à des perspectives suivantes :

- évaluer la qualité bactériologique de ces ressources en eau alternatives ;
- proposer un système de traitement de ces ressources ;

Conclusion

- évaluer l'impact de la pollution chimique des ressources en eau alternatives sur la santé des consommateurs.



REFERENCES

- Adjiri O., Kone B. & Brou D. (2019). Caractérisation physico-chimique et source de la minéralisation des eaux souterraines des départements de Daloa et Zoukougbeu, Côte d'Ivoire. *International Journal of Biology Chemical sciences*, 13(4): 2388-2401.
- AFNOR (2001). Qualité de l'eau : Analyses Organoleptiques, Mesures Physico-Chimiques, paramètres globaux, composés organiques. Collection ANAFOR, Paris (France), 2500 p.
- Ahimon O.A. (1990). Notice explicative de la carte géologique à 1/200 000, feuille de Daloa. Rapport d'étude de la Direction de la géologie, Abidjan, 28 p.
- Ahoussi K.E., Koffi Y.B., Kouassi A.M., Soro G.M., Soro N. & Biémi J. (2013). Étude hydrochimique et microbiologique des eaux de source de l'Ouest montagneux de la Côte d'Ivoire : Cas du village de Mangouin-Yrongouin (sous-préfecture Biankouman), *Journal of Applied Biosciences*, 63 : 4703–4719.
- Alla D.A. (1991). Dynamique de l'espace péri-urbain de Daloa, Etude géographique. Thèse De Doctorat, 3ieme Cycle, Université de Cocody (Abidjan, Cote d'Ivoire), 453 p.
- Aubry P. & Gauzere B. (2012). Généralité su la Médecine tropicale. Rapport d'étude du centre René Labusquière de France, 15 p.
- Ballouki K. (2012). Etude de la Qualité Physico-chimique et Biologique de trois Sources dans la Région de Midelt (Haut Moulouya), Mémoire de Master en Hydraulique option : Hydrologie de Surface et Qualité des Eaux, Université Sidi Mohammed Ben, Maroc, 79 p.
- Baziz N. (2008). Etude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé : cas de la ville de Batna. Mémoire de Master en Aménagement du territoire Option : dynamique des milieux physiques et risque naturels, Université. EL Hadj Lakhdar Batna, Algérie 34 p.
- Bigumandongera P. (2014). Etude de l'assainissement non collectif en Afrique Subsaharienne : Application à la ville de Bujumbura (Burundi). Thèse Présentée En

Références

- Vue De L'obtention Du Grade De Docteur En Sciences, Unité Assainissement Et Environnement, Université de Liège (France), 301 p.
- CCME (2001). Indice de qualité des eaux du CCME 1.0 : Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : Indice de qualité des eaux du Conseil Canadien des Ministres de l'Environnement (CCME) 1.0, Manuel de l'utilisateur, dans Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, Winnipeg, le Conseil, 6 p.
- CEAEQ (2011). Détermination des métaux : méthode par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon, Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec, 32 p.
- Chelli L. & Djouhri N. (2013). Analyses des eaux de réseau de la ville de Béjaia et évaluation de leur pouvoir entartrant. Mémoire de Master en Génie des Procédés, Option : Génie Chimique, Université A. MIRA (BEJAIA), 102 p.
- Delor C., Simeon Y., Vidal M., Zeade Z., Kone Y. & Adou M. (1990). Carte géologique de la Côte d'Ivoire à 1/200 000, feuille Séguéla, mémoire n° 9 de la Direction des mines et de la géologie, Abidjan, 19 p
- Fall M. & Coulibaly S. (2009). L'urbanisation diversifiée : cas de la Cote d'Ivoire. *Banque Mondiale*, 209-223.
- Guerrien M. (2003). L'intérêt de l'analyse en composantes principales (ACP) pour la recherche en sciences sociales. *Cahiers de l'Amérique latines*, 43 : 181–192.
- Hater T. & Kearny A. (2003). Groundwater pollution. *Administration de la Nature et des Forêts Publication*, 80 (84) : 1-5.
- INS (1998). Recensement Général de la population de l'Habitation Donnée Socio-démographiques et économique des localités définitives par localités ; Région du Haut Sassandra. *Institut National de la Statistique*, 3(1) : 1–43.
- Jean Baptiste G. & Rabel L., (1995). Premier cours national post-graduate sur l'irrigation, le drainage et la gestion des ressources hydriques. *Administration de la Nature et des Forêts Publication*, 87 : 4-8.

Références

- Koukougnon W. (2012). Milieu urbain et accès à l'eau potable : Cas de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Thèse De Doctorat En Géographie, Université Abidjan-Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 365 p.
- Ligban R. (2013). Caractérisation hydrogéologique et origine des eaux de sources naturelles dans le degré carré de Daloa (Centre-Ouest ; Côte d'Ivoire). Thèse De Doctorat Unique, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 135 p.
- Ligban R., Gone D.L., Kamagate B., Saley M.B. & Biémi J. (2009). Processus hydrogéochimiques et origine des sources naturelles dans le degré carré de Daloa, *International Journal Biology Chemical Sciences*, 3(1): 38–47.
- Little A.D. (1971). Inc water quality criteria data book Inorganic chemical pollution of freshwater. Water pollut control. *Environmental protection agency*, 2 : 109–111.
- M'bra P. (2019). Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de puits dans la ville de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire). Mémoire de Master en protection de L'environnement et Gestion des Risques, UFR Environnement Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa), 55 p.
- Maiga A.S. (2005). Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'edm.sa dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière. Thèse présenté pour L'obtention de Grade en Pharmacie, Université Bamako (Mali), 77 p.
- Meenakshi G., Kavita, Renuka & Anju M. (2004). Groundwater quality in some villages of Haryana, india: focus on fluoride and fluorosis. *Journal of Hazardous Materials*, 106 p.
- Mencio A. & Mas-pla J. (2008). Assessment by multivariate analysis of groundwater-surface water interaction in urbanized Mediterranean Streams. *Journal of Hydrology*, 352 (3-4) : 355–366.
- MEN (2009). L'eau de vote puits : La qualité chimique de l'eau. Rapport du Ministère de l'Environnement de la Nouvelle-Écosse, 8 p.
- Ohou Y.M.J.A., Séka A.M., Mambo V., Yapou O.B., Konan K.F. & Houénou P.V. (2014). Contamination des eaux de puits traditionnels par les nitrates sur le bassin versant de

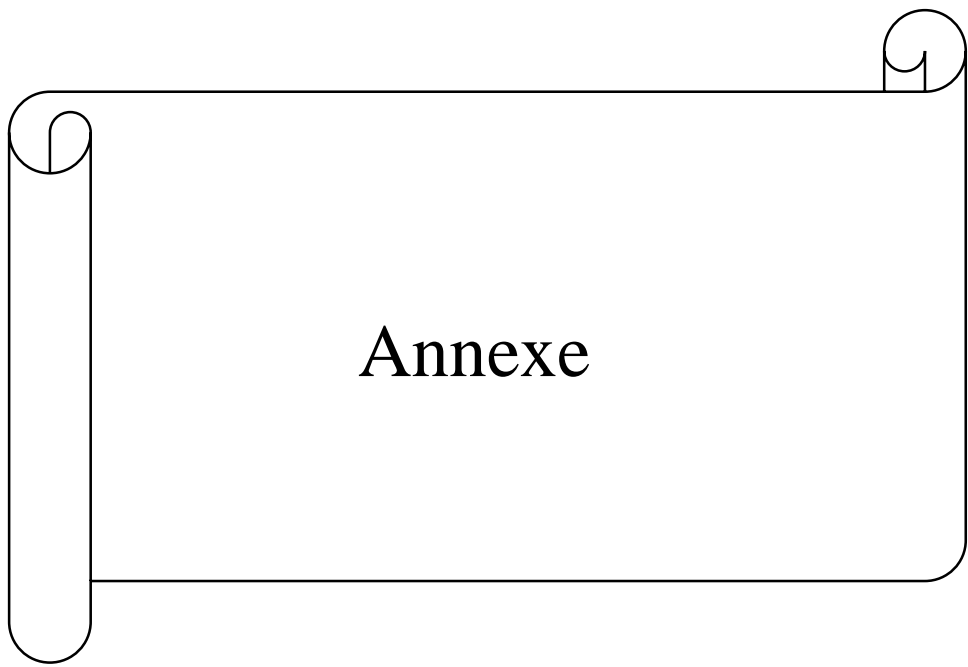
Références

- la Lobo (Buyo, sud-ouest de la Côte d'Ivoire), *Journal of Applied Biosciences* 78 : 6654 – 6665.
- OMS (2009). La santé et les services d'approvisionnement en eau de boisson salubre et d'assainissement de base. *Rapport général de L'Organisation Mondiale de la Santé*, 116 p.
- OMS (2011). Directives de qualité pour d'eau de boisson, Quatrième édition, Genève (Suisse), 307-447.
- Ouattara F. (2014). Dynamique temporelle du fer et manganèse dans la retenue d'eau alimentant la ville de Korhogo et impact (s) sur les intrants chimiques utilisés pour la production d'eau potable. Mémoire Master, UFR Sciences et Gestion de L'Environnement, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire) 57 p.
- Ouattara N.K., Kouamé C.-K.Y., Kamagaté B., Droh L.G., Ouattara A. & Gourène G. (2018). Impact of faecal bacteria contamination on drinking water supply in Aghien Lagoon, Abidjan, Ivory Coast. *African Journal of Microbiology*, 12(42) : 965–972.
- RGPH (2014). Recensement Général de la Population et de l'Habitat en Côte d'Ivoire. Donnée socio-démographiques des localités, résultats définitif par localités, Région du Haut Sassandra. *Institut National de la Statistique*, vol III, tome 1, 1-43.
- Robertson W. & Harman J. (1999). Phosphate plume persistence at two decommissioned septic system sites, *Ground Water*, 37(2) : 228–236.
- Slimard R. (2004). Fiche technique cyanures: sous-comité des soins infirmiers en santé de Montréal, Canada, 2 p.
- Tamungang N.E.B., Nchofua F.B., Mofor N.A. & Djoko Y.T. (2016). Contrôle de la qualité des eaux domestiques dans le village Babessi au Nord-Ouest Cameroun, *International Journal of Biology Chemical sciences*, 10(3) : 1382–1402.
- Tapsoba S. (1995). Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région de Dabou (Sud de la Côte d'Ivoire). Université Abidjan-Cocody, 405 p.
- Tazi S.H., (2007). Du droit de l'eau au droit à l'eau au Maroc et ailleurs. *Eddif*, 1 :450-457.

Références

Thill G., Ezin J.P., (2002). L'eau, patrimoine mondial commun : Co-expertise scientifique et participative et gouvernance. *Presse Universitaire de Namur*, 6:17-20.

UN-Water/WWAP (2006). L'eau: une responsabilité partagée. Rapport Mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau, 52 p.



Annexe

ANNEXE

Annexe 1: Directives de l'OMS

Paramètres	Unités	Normes OMS
NO_3^-	mg/L	50
NO_2^-	mg/L	3
NH_4^-	mg/L	15
SO_4^{2-}	mg/L	25
Cl^-	mg/L	250
CN^-	mg/L	0,07
Cl^-	mg/L	3
Cu^{2+}	mg/L	1
Fe^{2+}	mg/L	0,3
Cu^{2+}	mg/L	100
Mn^{2+}	mg/L	0,1
PO_4^{3-}	mg/L	0,5
K^+	mg/L	0,2
Mg^{2+}	mg/L	150

Annexe

Annexe 2: Repartition des ménages en fonction des zones et des quartiers

Zone	1					Total	
Quartier	Gbokora	Tazibouo	Lobia	Kirman	Evêché	5	
nombre de ménages	13	57	39	14	14	137	
Zone	2					Total	
Quartier	Orly	Marais	Dioulabougou	Wolof	Labia	5	
nombre de ménages	40	15	13	10	13	91	
Zone	3			Total			
Quartier	Abattoir	Savonnerie	Garage	3			
nombre de ménages	27	15	13	55			
Zone	4						Total
Quartier	Belle-ville	Gbeu-ville	Commerce	Huberson	Baoulé	Millionnaire	6
nombre de ménage	10	10	13	11	10	10	64
Zone	5		Total				
Quartier	Kennedy	Soleil	2				
nombre de ménages	26	27	53				

Annexe

Annexe 3: Fiche d'enquête adressée aux ménages

QUESTIONNAIRE DESTINE AUX MENAGES			
Date d'enquête :/...../.....		Fiche N° :	
Quartier :.....	N°	Lots.....	N°
Ilots.....			
Coordonnées : X:.....Y :.....Z :.....		Adresse	du
domicile :.....			
SECTION 1 : CARACTERISTIQUES SOCIO-ECONOMIQUES DU MENAGE			
1. Chef de ménage : Homme <input type="radio"/> Femme <input type="radio"/>			
4. Quelle est votre niveau d'instruction ?			
<input type="radio"/> Non scolarisé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> Primaire	<input type="radio"/> Secondaire
Supérieur			
Autre (à préciser).....			
5. Taille de votre ménage (nombre de personnes habitant la maison).....			
6. Quelle est votre activité économique ?			
<input type="radio"/> Fonctionnaire	<input type="radio"/> Planteur	<input type="radio"/> Artisan	<input type="radio"/> Commerçant
Autres (à préciser).....			
SECTION 2 : ACCES A L'ASSAINISSEMENT			
I. Quelle est votre source d'approvisionnement en eau ?			
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puits	Robinet à domicile	Eau de source	Eau de forage
Autre (à préciser).....			
1. Où est située cette source alternative?			
2. depuis quand utilisé vous cette source?			
3. Pourquoi utiliser vous cette source?			

Annexe

RESUME

La qualité chimique des ressources alternatives en eau de la ville de Daloa est évaluée. Une enquête a été menée, des prélèvements d'eau ont été effectués au niveau de 17 puits et 7 sources. Les résultats d'enquête ont permis de dénombrer les caractéristiques socioéconomiques des ménages. L'analyse des échantillons d'eau a permis de comparer les résultats aux normes de l'OMS pour l'eau de consommation. Les résultats révèlent des teneurs en fer, manganèse, potassium et phosphate dépassant les limites des normes internationales pour les eaux de source. Tandis que les paramètres : nitrate, fer, manganèse, potassium et phosphate dépassant les limites des normes internationales pour les eaux de puits. Quant aux IQE ont démontré des proportions de 75,14 pour les sources et 56,00 pour les puits. Les eaux de puits sont donc impropres à la consommation humaine. Elles gardent néanmoins, leur caractère naturel et peuvent convenir à de nombreux usages comme l'irrigation des cultures. Les eaux des sources sont convenables à la consommation humaine et convenable aux nombreux usages.

Mots clés : Eau, Norme, Qualité chimique, Analyse chimique, Daloa.

ABSTRACT

The study concerns the analysis of the chemical parameters of the alternative water resources of the city of Daloa (Côte d'Ivoire), in order to establish a diagnosis of the state of pollution from sources in the community of Daloa. Thus, water samples were taken from 17 wells and 7 sources. Analysis of the water samples made it possible to compare the results of the WHO standard for drinking water. The results revealed for iron, manganese, potassium and phosphate levels exceed the limits of international standards for spring waters. Whatever the parameters: nitrate, iron, manganese, potassium and phosphate deviate from the limits of international standards for well water. As for the WQI have shown proportions of 75.14 for sources and 56 for sinks. Well water is therefore unfit for human consumption. However, they keep their natural character and can suit names of uses such as irrigation of crops. The sources of the sources are suitable for human consumption and the common names for usage.

Mots clés: water, norme, chemical quality, chemical analysis, Daloa.