UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Analyse de quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l' eau de distribution dans les milieux ruraux : cas de l' eau consommé par les habitants de la localité de Kimina , Zone Mubone , Commune Kabezi , Province Bujumbura

Butoyi, Jean Paul; Sous la direction de : Nkurunziza, Rémy-Marie

2018-05
UB, FS
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/2301

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

INSTITUT DE PEDAGOGIE APPLIQUEE

DEPARTEMENT DE CHIMIE

«ANALYSE DE QUELQUES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES DE L'EAU DE DISTRIBUTION DANS LES MILIEUX RURAUX : Cas de l'eau consommée par les habitants de la localité de Kimina, Zone Mubone, Commune Kabezi, Province Bujumbura. »

Par :

BUTOYI Jean Paul



Sous la direction de :

NKURUNZIZA Rémy-Marie

Mémoire présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention du grade de Licencié en Pédagogie Appliquée, Agrégé de l'Enseignement Secondaire en Chimie

Bujumbura, Mai 2018

DEDICACE

A mes parents

A mon épouse NDIKUMANA Diane et sa famille

A mes enfants ITERITEKA Blessy Glory et IRISHURA Gift Shammah.

A mes tantes et oncles

A mes frères et sœurs

A mes cousins et cousines

A mes amis et connaissances

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes sentiments de reconnaissance à toute personne qui de près ou de loin a contribué à sa réalisation. Toutefois, la contribution de l'un ou de l'autre peut ne pas être citée dans cette liste, mais qu'il éprouve en ce mémoire, le symbole de notre grande reconnaissance.

Mes respectueux et sincères remerciements s'adressent à Monsieur Rémy-Marie NKURUNZIZA, Promoteur et Directeur du présent travail pour ses judicieux et sages conseils, sa rigueur scientifique, ses remarques pertinentes, sa patience et surtout sa disponibilité malgré ses multiples responsabilités, ont fait ce travail ce qu'il est aujourd'hui. Qu'il sache que je lui dois du respect et qu'il éprouve dans ce mémoire mon éternelle reconnaissance.

Ma profonde gratitude s'adresse également à tous mes éducateurs depuis l'Ecole Primaire jusqu'à l'Université du Burundi spécialement ceux de l'Institut de Pédagogie Appliquée Département de Biologie-Chimie pour la formation scientifique qu'ils m'ont fait bénéficier.

Une mention particulière mérite d'être faite à l'endroit du personnel des laboratoires fréquenté notamment le laboratoire de l'Institut de Pédagogie Appliquée(IPA) et le Laboratoir d'Analyse des Eaux Africaines pour leur bonne collaboration et pour m'avoir rendu de multiples services au cours de mon travail expérimental. Je dois aussi ma reconnaissance à me compagnons de classe pour leurs conseils et aides en rapport avec les activités académiqu qu'ils n'ont cessé de me prodiguer.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contrib matériellement et moralement à la réalisation de ce travail, je dis « GRAND MERCI ».

BUTOYI Jean-Paul

SIGLES ET ABREVIATIONS

BCIG	:Bromo-ChloroIndoxyl Gluconique
BCG	:Bureau de Centralisation Géomatique
DCO	: Demande Chimique en Oxygène
DEHA	: N, N Diéthylhydroxylamine.
DPD	: Diéthyl- p-phémylene Diamine
EDTA	: Acide Ethylène Diamine Tétracétique
HR	: Plage de mesure supérieure
IPA	: Institut de Pédagogie Appliquée
LR	: Plage de mesure inférieure
MR	: plage de mesure moyenne
MUG	: Méthyl umbelliferyl Gluconique
N	: Normalité
NTU	: NephelometricTurbidity Unit
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
P	: Réactif en Poudre
REGIDESO	: Régie de Distribution de l'Eau et d'Electricité
SAA	: Spectrophotométrie d'Absorption Atomique
T	: pastille
TT	: Test en cuvette
UFC	: Unité Format Colonie

V	: Volume
Ml	: Microlitre
µs/cm	: Microsiems par centimètre

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

1. Liste des figures

Figure 1: Carte de localisation du lieu d'échantillonnage (zone Mubone)....16

Figure 2: Utilisation du spectrophotomètre AL450.....20

Figure 3: Incubateur portable.....33

Figure 4: Aspirateur et entonnoir utilisé pour filtrer l'échantillon.....33

2. Liste des tableaux

Tableau 1 : Présentation des résultats de l'analyse..... 37

RESUME

Le présent travail a pour but d'analyser quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau de distribution dans les milieux ruraux : cas de l'eau consommée par les habitants de la localité de Kimina.

Nous avons effectué deux prélèvements sur l'eau de robinet au Lycée Pax Christi, l'un au cours du mois de mai et l'autre au cours du mois de juillet 2017 dénommés échantillon I et échantillon II. Les analyses ont été faites au Laboratoire d'Analyse des Eaux Africaines et au Laboratoire de chimie de l'IPA.

Les paramètres suivants ont été faits: le pH (7,2 à 7,6); la température (24°C); la conductivité (272µs/cm); la dureté totale (28,5mg/l); l'alcalinité (43,33mg/l); la DCO (0mg/l); l'ammonium (0,095mg/l); les chlorures (16mg/l); le chlore total (0,05mg/l); l'iode (0,08mg/l); le brome (0,055mg/l); le fer (0,3mg/l); le calcium (11,5mg/l); le magnésium (3,8mg/l); le sulfate (18,5mg/l); le phosphate (0,22mg/l); le nitrate (22,4mg/l); les coliformes totaux (0UFC/100ml) et l'escherichia coli (0UFC/100ml).

Avec ces valeurs, certains paramètres présentent des variations au niveau de leur teneur. Ceci est dû à la décomposition de débris végétaux et animaux dans le sol, la nature du terrain traversé par l'eau au cours de son infiltration, des conduits et vannes, des produits chimiques utilisés dans l'agriculture (engrais chimiques, pesticides,...).

Ces résultats obtenus montrent que les paramètres physico-chimiques et microbiologiques n'exercent pas d'influence sur la qualité de l'eau consommée par les habitants de la localité de Kimina surtout que les valeurs trouvées se situent dans les normes acceptables fixées par l'OMS en ce qui concerne une eau potable destinée à la consommation humaine.

Nous concluons que l'eau de consommation de la localité de Kimina est potable et ne présente aucun danger aux consommateurs.

RESUME

Le présent travail a pour but d'analyser quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau de distribution dans les milieux ruraux : cas de l'eau consommée par les habitants de la localité de Kimina.

Nous avons effectué deux prélèvements sur l'eau de robinet au Lycée Pax Christi, l'un au cours du mois de mai et l'autre au cours du mois de juillet 2017 dénommés échantillon I et échantillon II. Les analyses ont été faites au Laboratoire d'Analyse des Eaux Africaines et au Laboratoire de chimie de l'IPA.

Les paramètres suivants ont été faits: le pH (7,2 à 7,6); la température (24°C); la conductivité (272µs/cm); la dureté totale (28,5mg/l); l'alcalinité (43,33mg/l); la DCO (0mg/l); l'ammonium (0,095mg/l); les chlorures (16mg/l); le chlore total (0,05mg/l); l'iode (0,08mg/l); le brome (0,055mg/l); le fer (0,3mg/l); le calcium (11,5mg/l); le magnésium (3,8mg/l); le sulfate (18,5mg/l); le phosphate (0,22mg/l); le nitrate (22,4mg/l); les coliformes totaux (0UFC/100ml) et l'escherichia coli (0UFC/100ml).

Avec ces valeurs, certains paramètres présentent des variations au niveau de leur teneur. Ceci est dû à la décomposition de débris végétaux et animaux dans le sol, la nature du terrain traversé par l'eau au cours de son infiltration, des conduits et vannes, des produits chimiques utilisés dans l'agriculture (engrais chimiques, pesticides,…).

Ces résultats obtenus montrent que les paramètres physico-chimiques et microbiologiques n'exercent pas d'influence sur la qualité de l'eau consommée par les habitants de la localité de Kimina surtout que les valeurs trouvées se situent dans les normes acceptables fixées par l'OMS en ce qui concerne une eau potable destinée à la consommation humaine.

Nous concluons que l'eau de consommation de la localité de Kimina est potable et ne présente aucun danger aux consommateurs.

TABLE DE MATIERES

DEDICACE i
REMERCIEMENTS ii
SIGLES ET ABREVIATIONS iii
LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX v
RESUME vi
TABLE DE MATIERES vii
INTRODUCTION GENERALE 1
CHAPITRE I. GENERALITES SUR L'EAU 4
I.1. Définition 4
I.2. Différentes catégories d'eau susceptibles d'alimenter une source 4
I.3. Principales caractéristiques de l'eau 6
I.4. Composition chimique de l'eau 8
I.5. Pollution de l'eau 9
I.5.1. Définition de la pollution 9
I.5.2. Différentes formes de pollution des eaux 9
I.5.2.1. Pollution des eaux de surface 9
I.5.2.1.1. Pollution biologique 9
I.5.2.1. 2. Pollution microbiologique 10
I.5.2.1.3. Pollution chimique 10
I.5.2.2. Pollution des eaux souterraines 10
I.5.2.2.1. Pollution d'origine naturelle 11
I.5.2.2.2. Pollution d'origine anthropique 11
I.6. Eau potable 12
I.6.1. Définition d'une eau potable 12
I.6.2. Caractéristiques d'une eau potable 12
I.7. Différents types d'eau de boisson 13
I.7.1. Eau de distribution 13
I.7.2. Eau minérale naturelle 13

I.7.3. Eau de source 14
I.8. Traitement des eaux 14
CHAPITRE II. METHODES ET TECHNIQUES EXPERIMENTALES D'ANALYSE. 16
II.1. Description du site d'échantillonnage 16
II.2. Echantillonnage 17
II.2.1. Période d'échantillonnage 17
II.2.2. Préparation des échantillons 17
II.3. Méthodes analytiques 17
II.3.1. Paramètres physico-chimiques 17
II.3.1.1. Température 17
II.3.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH) 18
II.3.1.3. Conductivité électrique 18
II.3.1.4. Dureté totale 19
II.3.1.5. Détermination de l'alcalinité 20
II.3.1.6. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO) 21
II.3.1.7. Dosage d'ammonium 22
II.3.1.8. Dosage des chlorures 23
II.3.1.9. Chlore total (Méthode à l'orthotolidine-arsénite) 24
II.3.1.10. Dosage d'iode 26
II.3.1.11. Dosage du brome 26
II.3.1.12. Dosage du calcium par la méthode gravimétrique 27
II.3.1.13. Dosage du magnésium par la méthode gravimétrique 28
II.3.1.14. Dosage du fer 30
II.3.1.15. Dosage des sulfates 30
II.3.1.16. Dosage des nitrates 31
II.3.1.17. Dosages des phosphates 32
II.3.2. Paramètres microbiologiques 33
II.3.2.1. Coliformes totaux 34
II.3.2.2. Escherichia coli 35

CHAP. III. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS **36**
III. 1. Présentation des résultats **36**
III.2. Interprétation des résultats **37**
III.2.1. Paramètres physico-chimiques **37**
III.2.1.1. Température, pH, alcalinité et conductivité électrique **37**
III.2.1.2. Dureté totale, calcium, magnésium et demande chimique en oxygène **38**
III.2.1.3. Chlore total, chlorures, iode, brome et fer **39**
III.2.1.4. Sulfate, phosphate, ammonium et nitrate **40**
III.2.2. Paramètres microbiologiques **42**
III.2.2.1. Coliformes totaux et Escherichia coli **42**
CONCLUSION GENERALE ET SUGGESTIONS **43**
Conclusion générale **43**
Suggestions **44**
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES **45**
ANNEXES **48**

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est très importante pour la santé de l'être humain. Elle joue un rôle capital pour la santé de l'homme : sans eau, il n'y aurait pas de vie possible sur terre. Le rôle de l'eau n'est seulement important pour l'être humain, mais pour tout être vivant, depuis l'unicellulaire jusqu'au plus grand mammifère de la planète (PALLIER, 1991).

L'eau constitue absolument un patrimoine d'intérêt commun considérable pour tous les êtres humains. Tout doit être mis en œuvre pour la valoriser dans toutes ces dimensions.

Ce bien indiscutablement précieux et insubstituable, n'est malheureusement pas accessible à tout habitat de la terre. Pour certaines régions du globe, la crise de l'eau y est tellement prononcée que sont clairement néfastes ses conséquences sur les différents secteurs de développement : Santé, agriculture, élevage, pèche, transport, gestion des déchets,….(RAMADE, 2005)

Pour accomplir certains rôles, l'eau doit subir des traitements qui demandent parfois des techniques avancées et dont les prix ne sont pas souvent abordables à des nombreuses populations, particulièrement des pays en développement. L'eau, au lieu d'être utile à la communauté humaine, devient plutôt un élément dangereux pour la vie humaine.

Ceci amène à parler de deux aspects essentiels de l'eau : un aspect positif et un aspect négatif.

L'aspect positif de l'eau pour l'être humain peut être analysé sous plusieurs rapports : humaine, alimentation humaine, hygiène, production alimentaire et industrielle, transport, s et loisirs ; etc.

A côté des effets positifs de l'eau pour la vie est la santé humaine, l'eau comporte, hélas, a des effets négatifs qui menacent l'être humain à travers le monde avec un accent partic pour les pays en développement, surtout ceux de l'Afrique subsaharienne (GEORGES JEAN-PIERRE, 1981).

L'eau peut être trouvée dans les nappes souterraines, les sources, les rivières, les lacs, les et les océans.

Suivant que l'équilibre écologique peut être réalisé dans le milieu aquatique, divers usages de l'eau peuvent se compliquer ou devenir impossibles. Pour un apport direct ou indirect résultant de l'activité humaine, la composition de l'eau est altérée de telle façon qu'elle ne réponde plus ou réponde moins aux différentes utilisations qu'on en fait (BLIEFERT et PERRAUD, 2001).

En partant de la diversité des substances incluses dans l'eau, de leurs effets sur la santé humaine, en tenant compte d'autres voies de pollution autre que l'eau (air, aliment) et de la quantité de l'eau exigée par l'OMS (2l/j), il y a eu élaboration des directives de la qualité de l'eau de boisson. Elles ne constituent à proprement parler une norme mais une guide aux différents pays qui veulent élaborer leurs propres normes de l'eau potable (OMS, 1986).

Dans le souci d'évaluer la qualité de l'eau de consommation dans les milieux ruraux, nous nous sommes proposé de mener un travail de recherche intitulé : « ANALYSE DE QUELQUES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES DE L'EAU DE DISTRIBUTION DANS LES MILIEUX RURAUX : cas de l'eau consommée par les habitants de la localité de Kimina, Zone Mubone, Commune Kabezi, Province Bujumbura ».

Notre travail a comme objectif global de faire une analyse de quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques afin de nous rendre compte si la population de Kimina n'est pas exposée aux maladies liées à la consommation d'eau non potable.

Les objectifs spécifiques sont entre autres :

- Evaluer quantitativement la teneur de certains paramètres physico-chimiques et microbiologiques;
- Comparer les résultats des paramètres analysés avec les valeurs guides de l'OMS afin de tirer une conclusion.

Deux hypothèses ont guidé notre travail de recherche :

1° L'eau de la localité de Kimina ne présente aucun danger du point de vue des paramètres physico-chimiques et microbiologiques.

2° L'eau consommée par la population de la localité de Kimina est potable et conforme aux normes de potabilité d'eau.

Le présent travail s'organise de la manière suivante:

Le premier chapitre traite les généralités sur l'eau. Le deuxième chapitre quant à lui est consacré aux descriptifs détaillés du site d'échantillonnage ainsi que l'intégralité des méthodes et techniques utilisés pour l'analyse des échantillons.

Le troisième chapitre aborde les résultats d'analyse, leur interprétation et leur discussion. Enfin, le présent travail est clôturé par une conclusion générale et quelques suggestions.

CHAPITRE I. GENERALITES SUR L'EAU

I.1. Définition

L'eau est un corps complexe qui, non seulement est formée d'oxygène et d'hydrogène mais aussi des matières en suspension, des corps chimiques dissous, des microbes et des bactéries nocives ou non pour la santé de l'homme et des animaux. (RODIER, 2005)

I.2. Différentes catégories d'eau susceptibles d'alimenter une source

On trouve 3 catégories d'eau à savoir :

- Les eaux souterraines ;
- Les eaux superficielles ;
- Les eaux de précipitation.

1^0. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone saturation et en contact direct avec le sol et le sous-sol. (GIRAND, 1967)

Les 3 formes de l'eau souterraine :

- L'eau de constitution : c'est l'eau qui entre dans la structure cristalline des minéra (gypse : $CaSO_4.2H_2O$) ;
- L'eau de rétention ;
- L'eau d'absorption : les molécules d'eau dipolaire sont attirées par des effets de sur sur des ensembles ionisés (comme les argiles) en couche fine. L'eau d'absorption n pas chassée par la centrifugation.

- L'eau d'adhésion (pelliculaire) : c'est une eau retenue à la surface des grains par une attraction électrique moins forte que dans l'adsorption, elle peut se déplacer (www. mddep. gou. qc /eau/ souterraine).

- L'eau capillaire (frange capillaire) : elle se trouve dans les pores c'est l'eau d'absorption (l'eau cherchée par les racines).

- L'eau libre : C'est l'eau de gravité, l'eau disponible pour les nappes phréatiques et les aquifères et qui est donc disponible et exploitable par un forage ou un puits.

2^0. Les eaux superficielles

En parcourant la surface libre du sol, les eaux de précipitation engendrent les eau superficielles qui exercent une action de dissolution sur les constituants du sol, augmenta ainsi la quantité de substances dissoutes (RODIER, 2005).

Le CO_2contenu dans l'eau de précipitation dissout sous forme d'acide carbonique (H_2CO_3 exerce une action de dissolution sur certains sels minéraux comme le carbonate de calciu ($CaCO_3$) et demagnésium ($MgCO_3$) qui sont en réalité insolubles dans l'eau pure

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2$$

Quand les eaux superficielles arrivent dans le lac ou le mer, elles subissent un processus concentration progressive à cause des phénomènes d'évaporation qui éliminent continuellem l'eau pure.

L'hydrogénocarbonate de calcium $Ca(HCO_3)_2$ ou de magnésium $Mg(HCO_3)_2$ se transform carbonate neutre ($CaCO_3$) insoluble et la concentration des sels augmentecomme les chlor et les sulfates qui sont dominant dans les eaux de mer(RODIER,2005).

3°. Les eaux de précipitation

Les eaux de précipitationsont des eaux qui contiennent très peu de substances dissoutes. Elle proviennent d'un processuscyclique d'évaporation, condensation et précipitation.

Pendant leur chute à travers l'atmosphère, les eaux de précipitation transportent en solution o en suspension des constituants fondamentaux de l'atmosphère et des poussières. Ces eaux soı donc saturées en constituants gazeux. Outre, les constituants fondamentaux de l'atmosphèr ces eaux sont saturées de dioxyde de carbone(RODIER,2005).

I.3. Principales caractéristiques de l'eau

L'eau quelle que soit son origine présente des caractéristiques principales communes seuleme la différence réside au niveau de la concentration en différents éléments qui la constituent.

L'eau peut être caractérisée par :

- La limpidité ou transparence ;
- La teneur en sels ;
- La dureté ;
- L'alcalinité ;
- L'acidité

a) La limpidité ou transparence

Elle est liée à la turbidité. La turbidité est dueà la présence des matières en suspen finement divisées telles que : l'argile, limon, grains de silice, matières organiques,…

L'appréciation de l'abondance en ces matières mesure son degré de turbidité par conséque transparence ou la limpidité.

La turbidité est d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace, donc limpide pour l'eau ayant subie un tel traitement(http : www.biowater.fr/eau potable.htm).

Dans leur immense majorité, les substances polluantes qu'elles soient gazeuses, liquides ou solides sont susceptibles de contaminer l'hydrosphère. L'étendue de contamination est probable liée à leur degré de solubilité.

La cause la plus fréquente et la plus importante de pollution résulte du rejet dans les eaux d'une grande variété de substances organiques fermentescibles. Celles-ci peuvent être d'originediverses : effluents urbains renfermant des résidus ménagers et des matières fécales ou industrielles.

I.5.2.1. 2.Pollution microbiologique

La pollution microbiologique des eaux se traduit par une forte contamination par des nombreux agents pathogènes, bactéries et virus.

Cette extension incessante de la pollution microbiologique des eaux a pour conséquences recrudescence d'infections telles que les colibacilloses, coliformes, streptocoque, organiq biodégradable identifié par l'observation de l'absorption de l'oxygène, des dysenteries, y incl du choléra, de la typhoïde, des shigelloses, des maladies virales entériques(RAMADE,2005).

I.5.2.1.3. Pollution chimique

La pollution minérale des eaux résulte de la libération dans ces dernières de divers méta toxiques et des substancesinorganiques telles les nitrates, les phosphates et autres sels minér nutritifs utilisés en agriculture comme fertilisants, enfin de divers résidus rejetés par métallurgie et d'autres activités (RAMADE, 2005)

I.5.2.2. Pollution des eaux souterraines

Tous les gisements d'eau peuvent être pollués. Les nappes souterraines sont polluées percolation des couches supérieures du sol et des roches.

Cette contamination relativement faible est fonction de la nature des roches de leur pou filtrant, de l'épaisseur d'une part et de l'activité humaine d'autres parts.

b) La teneur en sels

Appelée aussi quantité totale des sels ou résidus secs de l'eau, c'est la quantité de substance qui sont restées après évaporation d'un litre d'eau et séchage du résidu obtenu sous un température se situant entre 110°C et 115°C. (RODIER, 2005)

c) La dureté ou titre hydrométrique

C'est la somme de concentration en cations métalliques tels que Ca^{2+} et Mg^{2+}à l'exception c ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Si à ces ions Ca^{2+} et Mg^{2+} s'ajoutent l ions Fe^{2+}, Al^{3+}, Mn^{2+},...la dureté est encore appelée dureté calcique et magnésique c consommation de savon (RODIER, 2005).

La dureté d'une eau indiquela teneur globalede l'eau en sels qui s'opposent à la fois à cuisson des légumes et au pouvoir détersif du savon (CAPDEVILLE, 1981).

La dureté peut êtretemporaire, permanente ou totale. Pour le premier cas, c'est lorsque l'e contient un excès de bicarbonate de calcium et de magnésium.

Pour le second cas, c'est au cas où elle contient des chlorures, de sulfates, des nitrates calcium et de magnésium. Elle est dite totale lorsqu'elle est déterminée par la quantité équivalent milligramme d'ions calcium et de magnésium contenus sous forme de sels par li d'eau.

Donc, une eau est dure si elle contient beaucoup de sels de calcium et de magnésium et do dans le cas contraire(ANNON, 1989).

d) L'acidité et l'alcalinité

L'acidité correspond à laprésence d'anhydride carbonique libre, d'acides minéraux et de d'acides forts et de bases faibles.

L'acidité est faible pour les eaux dont le pHest supérieur à 4,5; elle est d'origine minérale pH inférieur à 3,8.Pour ce dernier cas, cette acidité est dite normale.

Quant à l'alcalinité, elle correspond à la présence dans l'eau des hydrogénocarbonates et hydroxydes (ANNON, 1989)

I.4. Composition chimique de l'eau

L'eau contient des gaz dissous essentiellement l'oxygène, le dioxyde de carbone mais aussi d l'azote. Tous ces composants n'ont pas la même solubilité et celle-ci décroit lorsque l température de l'eau augmente.

Elle contient aussi, sous forme dissoute ou en suspension, des substances minérales organiques. Si les substances minérales sont limitées à une centaine de composés, l substances organiques sont innombrables (http.//www.cnrs.fr).

a) Les substances minérales

Les eaux naturelles contiennent généralement les six espèces fondamentales suivantes :H_3O OH^- , Ca^{2+},H_2CO_3, HCO_3^- , CO_3^{2-} auxquels s'ajoutent les élémentscaractéristiques comme Cl SO_4^{2-}, Mg^{2+},Fe^{2+}, Na^+, K^+, NO_3^- qui confèrent à l'eau une certaine caractéristique.

Toutes ces espèces proviennent essentiellement du lessivage des sols par les eaux de pluie

L'acide carbonique (H_2CO_3)résulte de l'hydrolyse totale du dioxyde de carbone (CO_2) se l'équation.

$$H_2O + CO_2 \rightleftharpoons HCO_3^- + H_3O^+$$

$$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H_3O^+$$

La teneur de l'eau en ces ions est faible et dépend directement de la nature des roches du ba versant.

Elle est estimée de quelques microgrammes à quelques milligrammes par litre d'eau.

L'eau contient aussi des éléments nutritifs comme l'azote, le phosphore et la silice mais aus fer et le manganèse.

Les éléments comme arsenic, le cuivre, le cadnium, le zinc, le manganèse ne sont présents l'état de traces et proviennent des roches mais aussi des activités industrielles et domestiqu

L'eau contient également des matières minéralesen suspension (exemple : matériauxargileux limon,...) (http.//www.cnrs.fr).

b) Les substances organiques

Les matières organiques peuvent être présentées sous forme dissoute (carbo-hydrate hydrocarbures, pesticides,...) ou en suspension (déchets végétaux, plancton,...). Elle proviennent pour l'essentiel de la dégradation de la matière organique présente dans le milie ou dans les sols lessivés par les pluies mais aussi des composés issus de l'activi humaine.(http :www.Cnrs.fr).

I.5. Pollution de l'eau

I.5.1. Définition de la pollution

La pollution est une modification de la qualité de l'eau généralement provoquée par l'activ de l'homme. L'eau devient impropre ou dangereuse à la consommation humaine, à l'industr à la pèche, à l'agriculture, aux loisirs, aux animaux domestiques et à la vie sauva (RAMADE, 2005).

Selon l'OMS (1986), on parle de la « pollution » des eaux lorsque la composition ou l'état eaux est directement ou indirectement modifié du fait de l'activité de l'homme et dans certaine mesure telle que celles- ci se prêtent moins facilement à toutes les utilisati auxquelles elles pourraientservir à leur état naturel (VANDERT, 1993).

I.5.2. Différentes formes de pollution des eaux

I.5.2.1. Pollution des eaux de surface

I.5.2.1.1. Pollution biologique

Selon que l'on dépasse les limites acceptables en ce qui concerne la concentration en tell telle autre substance inerte ou vivante dans l'eau, la pollution peut être d'origine biologiqu

I.5.2.2.1. Pollution d'origine naturelle

L'eau souterraine contient naturellement des composés chimiques résultatsde la dissolution de minéraux composant les formations géologiques avec lesquelles elle est en contac (www,mddep. gouv.qc.ca / eau / souterraine).

I.5.2.2.2. Pollution d'origine anthropique

L'expansion et l'intensification des activités anthropogéniques sont à l'origine d l'accroissement de la dispersion de polluants dans les milieux naturels. Cette dispersion peu s'effectuer dans l'atmosphère sous forme d'aérosols, de fumées susceptibles de sédimenter o retomber avec les précipitations atmosphériques comme les pluies acides, par infiltration partir des stockages de déchets en surface ou en souterrains, d'épandages de fertilisants ou c pesticides en agriculture, par ruissellement à partir des stockages ou par déversement dire dans les eaux de surface, lors des accidents au cours des manipulations ou de transports LAURA S., PHILIPPE B.et WERNER S. , 2006).

La pollution des eaux souterraines est favorisée par certaines pratiques:

- Interventions qui favorisent l'infiltration dans la nappe :
- Forage de puits sans précautions ;
- Ouvertures gravières ;
- Puits perdants pour l'infiltration des eaux usées
- Mauvaise gestion des eaux usées de ruissellement suite à l'imperméabilité des surfac (Villes, routes) aux drainages agricoles et des eaux usées.

I.6. Eau potable

I.6.1. Définition d'une eau potable

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé.

Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies et fixent notammer les teneurslimites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives susceptibles d'être présentes dans l'eau.

Le fait qu'une eau soit conforme aux normes c'est-à-dire potables ne signifie donc pas qu'el soit exempte de matièrespolluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faib pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur(http://www.biowater.fr).

I.6.2.Caractéristiques d'une eau potable

D'une façon plus technique, l'eau potable répond à une définition règlementaire fixée p l'OMS qui précise les caractéristiques d'une eau potable ainsi que les valeurs limites paramètres les plus importants. Il s'agit de :

- Paramètres physico- chimiques (température, concentration en ions chlorure, en i sulfates, en ions bromures, en ions calcium, en ions magnésium, dureté totale, dema chimique en oxygène, pH,…),
- Paramètres organoleptiques (couleur, turbidité, odeur, saveur). Les qual organoleptiques attendues d'une eau de boisson sont la limpidité, l'absence de la cou et de l'odeur désagréable et enfin la fraîcheur.

Signalons que la présence des matières minérales dissoutes en quantité raisonnable confè l'eau un goût agréableet apporte à l'organisme de nombreux éléments indispensables.

Un excès de certains sels ($NaCl, MgCl_2$)peut rendre l'eau désagréable à boire ou m provoquer des désordres physiologiques.

I.7. Différents types d'eau de boisson

Chacun de nous consomme ou devrait consommer, outre l'eau présente dans les aliments, a moins un litre et demi d'eau par jour pour garantir une bonne hydratation des tissu (DEGREMONT ; 1990).

La consommationjournalière totale en eau se situe idéalement entre 2 et 2,5L (PIRSON, 2004).

L'eau de boisson peut être subdivisée en 3 types:

- L'eau de distribution;
- L'eau minérale naturelle;
- L'eau de source.

I.7.1. Eau de distribution

L'eau de distribution peut provenir des sources, des nappes souterraines ou des rivières air que des lacs.

Cette eau doit être conforme aux critères de réglementation dont les plus importants : limpidité, une bonne odeur, et un bon goût. Sa composition en sels minéraux est variable d'u région à une autre suivant la nature du chemin emprunté. Polluée au départ, cetteeau d êtretraitée pour satisfaire aux exigences des utilisateurs. Si les traitements sont inefficaces point de vue de la sécurité alimentaire, ils confèrent souvent à l'eau un goût désagréable e est parfois difficile de choisir sa qualité minérale (BONTOUX, 1993).

I.7.2. Eau minérale naturelle

L'eau minérale naturelle est une eau bénéficiant de propriétés favorables à la sa officiellement reconnue.

Elle se distingue par sa nature (teneurs en sels minéraux, oligo-éléments ou au constituants), sa pureté originaire et la stabilité de sa composition. Ces eaux doivent subir contrôles réguliers réalisés par des laboratoires agrées.

Certaines eaux minérales possèdent une minéralisation supérieure à 1000 mg/l, ce qui les ren non potable au sens de la réglementation.

Ces eaux dites « Thérapeutiques » ne sont généralement pas dangereuses pour un organism vivant sain, mais leur usage quotidienn'est pas autorisé.

Elles sont réservées aux indicateurs qui leurs ont valu d'être agréables mais elles doivent êt consommées sur une indication ou prescription médicale et non pour leur bon goût comn c'est souvent le cas. La réglementation prévoit que l'étiquetage montre clairement le composition et leur contre-indication. Ce groupe réunit les eaux sulfatées, calcique magnésique et sodiques (BONTOUX, 1993).

I.7.3. Eau de source

L'eau de source d'origine souterraine est potable à l'état naturel et fait l'objet d'analys fréquentes. Microbiologiquement saine, elle est mise en bouteille dès son émergence sa subir aucun traitement. La teneur en minéraux d'une eau de source doit êtreinférieureà 8 mg/l et sa teneur en nitrates inférieure à 50mg /l. Mais pour bénéficier de la mention « convi pour l'alimentation des nourrissons », la teneur en nitrates doit être inférieure à 15 m L'exploitation d'une source nécessite une autorisation et un avis favorable du conseil département d'hygiène (BONTOUX, 1993).

I.8.Traitement des eaux

Avant que l'eau soit mise à la disposition du consommateur, elle doit être traitée. Il est d nécessaire de traiter l'eau chaque fois que l'un des paramètres analytiques est supérieur normes en vigueur (ANNON N, 1989).

L'objet du traitement étant de ramener les teneurs de substances indésirables en dessous valeurs fixées par les normes de qualité choisies. Il s'agira de procéder à leur élimination t ou partielle. Les procédées de traitement d'une eau dépendent de sa qualité, laquell fonction de son origine et peut varier dans le temps.

Le traitement de l'eau comporte deux étapes les plus importants à savoir la filtration et l désinfection.

- La filtration est faite à l'aide du sable propre. L'eau filtrée s'est stockée dans u réservoir de stockage avant d'être désinfectée.
- La désinfection permet d'éliminer des micro-organismes pathogènes (bactéries et virus On utilise pour cela soit un désinfectant chimique comme le chlore ou l'ozone, soit d rayonnements ultraviolets. Il est important que ce traitement persiste tout au long d réseau afin qu'aucun germe ne puisse se développer dans les canalisations ou l'eau pe séjourner plusieurs jours.

CHAPITRE II. METHODES ET TECHNIQUES EXPERIMENTALES D'ANALYSE

II.1. Description du site d'échantillonnage

Le site d'échantillonnage se trouve dans la Province de Bujumbura Rural, Commune Kabezi Zone Mubone dans la localité de Kimina au Lycée Pax Christi.

Vous trouverez ci-dessous la carte qui nous permet de localiser le site d'échantillonnage.

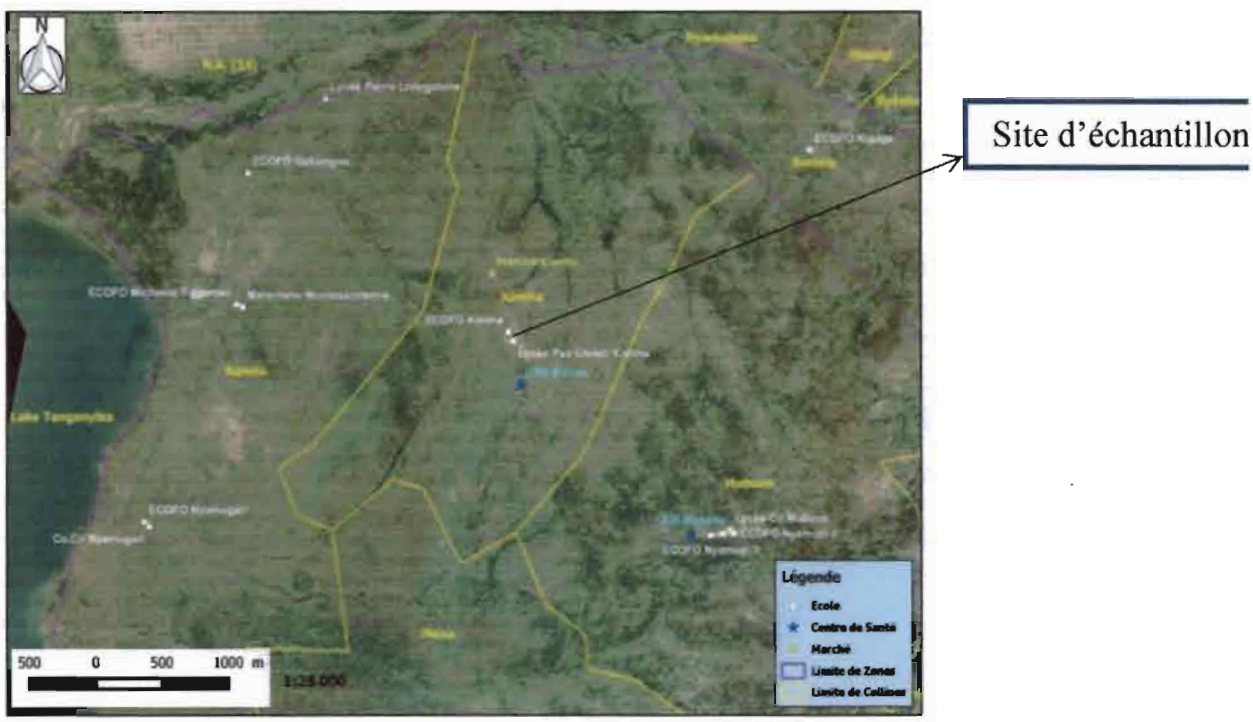


Figure 1 : Carte de la zone Mubone

Source: Deuxième Vice- Présidence: Bureau de Centralisation Géomatique(**BCG**)

II.2. Echantillonnage

II.2.1. Période d'échantillonnage

Nous avons récolté deux échantillonsrespectivement en date du 15/05/2017 et du 12/07/2017.

II.2.2. Préparation des échantillons

La récolte d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin dc être apporté car il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donn (RODIER, 1984).

Le prélèvement de l'échantillon a été opéré sur l'eau de robinet se trouvant au Lycée P Christi. Nous nous sommes servis de flacons en polyéthylène lavés soigneusement etrinc avec l'eau distillée et le bouchon a été placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air c sort ou qui entre au cours du transport pour éviter les changements au niveau de la compositi de l'eau en éléments chimiques.

Les paramètres dont la sensibilité est élevée est qui ne nécessitent pas un prétraitem préalable ont été mesuré sur le lieu même de prélèvement. Il s'agit de la température, du pH de la conductivité électrique. Une partie de ces échantillons a été acheminée directement Laboratoire d'Analyse des Eaux Africaines sis à Mutanga Nord pour l'analyse des coliforr totaux, d'escherichia coli, de calcium, de magnésium et de nitrates. La seconde partie a acheminée au laboratoire de l'Institut de Pédagogie Appliquée(IPA) pour l'analyse d'au paramètres tels que : dureté totale, alcalinité, demande chimique en oxygène, ammoni chlorures, chlore total, iode, brome, fer, sulfates et phosphates.

II.3. Méthodes analytiques

II.3.1. Paramètres physico-chimiques

II.3.1.1.Température

Il est important de connaitre la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, cel joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz dans la dissociation des sels dis

donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance d l'origine de l'eau et des mélangeséventuels (RODIER, 2005).

La mesure de la température a été effectuée sur le terrain à l'aide d'un thermomètre préci gradué au $1/10^{O}C$. La lecture est faite après une immersion de deux minutes.

II.3.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH a été mesuré sur terrain à l'aide d'un appareil spéciale de marque CONSORT $C_{6(}$ « ELECTROCHEMICAL ANALYSER » muni d'une électrode combinée. C'est un appar calibré avec différents modes à sélectionner suivant le paramètre à analyser.

Mode opératoire

Brancher l'appareil sur le réseau électrique puis rincer plusieurs fois l'électrode avec de l'e distillée avant de l'introduire dans l'échantillon. Agiter un peu puis attendre la stabilité (résultats qui s'affichent sur l'écran de l'appareil.

II.3.1.3. Conductivité électrique (RODIER, 2005)

La conductivité électrique est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre d électrodes métalliques de $1cm^2$ de surface séparées, l'une de l'autre de 1cm et exprimée micro siemens par centimètre(µs/cm).

Elle est mesuré sur terrain à l'aide d'un appareil spéciale de marque CONSORT C « ELECTROCHEMICAL ANALYSER » muni d'une électrode combinée.

Mode opératoire

Brancher l'appareil sur le réseau électrique puis rincer plusieurs fois l'électrode avec de l distillée avant de l'introduire dans l'échantillon. Agiter un peu puis attendre la stabilité résultats qui s'affichent sur l'écran de l'appareil.

II.3.1.4. Dureté totale

L'expression « dureté de l'eau » semble venir de ce qu'il était « dur » de laver avec une tell eau. Sauf exceptions très particulières, la dureté à un caractère naturel lié au lessivage de terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium.

Il n'est pas facile de définir un niveau entre ce qui constitue une eau dure et une eau.

J'ai mesuré la dureté à l'aide de l'appareil AL450/ Multi Direct suivant le mode opératoi propre à l'appareil.

❖ **Mode opératoire** (document aqualitic AL 450/Multi Direct, 2010).

1. Verser 10ml d'échantillon dans une cuvette de 24 mm et renfermer le couvercle de la cuvette.
2. Placer la cuvette dans la chambre de mesure.
3. Appuyer sur la touche ZERO.
4. Retire la cuvette de la chambre de mesure.
5. Ajouter une pastille de HARDCHECK-P directement de l'emballage protecteur dans les 10 d'échantillon et écraser la pastille à l'aide d'agitateur propre.
6. Renfermer le couvercle de la cuvette et mélanger le contenu en agitant jusqu'à dissolut complète de la pastille.
7. Placer la cuvette dans la chambre de mesure.
8. Appuyer sur la touche TEST.
   Attendre 5 min de temps de la réaction. La mesure s'effectue automatiquement aj écoulement de temps de réaction.
9. Le résultat de la mesure s'affiche et indique la dureté totale en mg/l.



Figure 2 : L'utilisation d'un spectrophotomètre AL 450 (BUTOYI, 2017)

II.3.1.5. Détermination de l'alcalinité (RODIER, 2005)

L'alcalinité de l'eau est essentiellement due à la présence de carbonates, des hydrogénocarbonates et borates. Exprimé en concentration, elle peut être schématisée ainsi :

Alcalinité totale= HCO_3^- + 2 $[CO_3^{2-}]$ + $[H_2BO_3^-]$ + $[OH^-]$ +$[H^+]$

$[OH^-]$ +$[H^+]$ sont négligeables entre pH 5,8 et 8,7

L'eau doit êtreconservée de préférence dans des récipientsen polyéthylène ou un verre borosilicate et l'analyse doit êtrepratiquéedans les 24 heures après le prélèvement

- **Mode Opératoire** (document aqualitic AL 450/Multi Direct, 2010)
  1. Verser 10 ml d'échantillon dans une cuvette propre de 24 mm et fermer le couvercle de la cuvette.
  2. Mettre la cuvette dans la chambre de mesure.
  3. Appuyer sur la touche ZERO.
  4. Retirer de la cuvette de la chambre de mesure.
  5. Ajouter une pastille d'ALKA-M-PHOTOMETER directement de l'emballage protecteur dans l'échantillon de 10 ml et l'écraser à l'aide d'agitateur propre.

6. Refermer du couvercle de la cuvette et mélanger le contenu en agitant jusqu' dissolution complète de la pastille.
7. Placer la cuvette dans la chambre de mesure.
8. Appuyer sur la touche TEST.
9. Le résultat de la mesure s'affiche et indique l'alcalinité en mg/l.

II.3.1.6. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)(RODIER, 2005)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène (mg/l) consommée par l matières organiques et minérales existant dans l'eau et oxydables dans des conditio opératoires définies.

En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'e quelle que soit leur origine organique ou minérale (nitrites, fer ferreux, ammonium, sulfures chlorures).

Ce test est particulièrement utile pour l'appréciation du fonctionnement des stations traitement. Il est préférable d'effectuer les prélèvements dans des récipients en verre, flacons, en matière plastique pouvant entrainer la présence de contaminants organiq (LAURA S., PHILIPPE B. et WERNER S., 2006).

❖ **Mode opératoire** (document aqualitic AL 450/Multi Direct, 2010)

Mettre en place l'adaptateur pour les couvercles circulaires de diamètre 16mm.

1.Ouvrir une cuvette de réaction à couvercle blanc à visser et y verser 2ml d'eau déminéral (cuvette étalon)

2. Ouvrir une deuxième cuvette de réaction à couvercle blanc à visser et y verser d'échantillon (cuvette échantillon)

3. Bien refermer les cuvettes avec leur couvercle respectif. Mélanger le contenu en l'ag avec précaution (attention dégagement de chaleur)

4. Exposer pendant 120 min les cuvettes à une température de 150°Cdans le réacteur thermiqu préchauffée.

5. (attention = les cuvettes sont brulantes) Retirer les cuvettes du bloc chouffant et laiss refroidir jusqu'à une température de60°C ou moins.

Bien mélanger le contenuen retournant les cuvettes lorsqu'elles sont encore chaudes.Pu laisser refroidir les cuvettes àtempérature ambiante et procéder à la mesure seulement après.

6.Placer la cuvette étalon dans la chambre de mesure.Refermer le couvercle de la chambre mesure.

7.Appuyer sur la touche ZERO.

8. Retirer la cuvette de la chambre de mesure.

9.Placer la cuvette échantillon dans la chambre de mesure.Refermer le couvercle de la cham de mesure.

10.Appuyer sur la touche TEST.

Le résultat de la mesure s'affiche et indique le DCO en mg/l.

II.3.1.7. Dosage d'ammonium(RODIER, 2005)

Le dosage d'ammonium a été fait par la «méthode de Nessler »

1°.Principe

Le réactif de Nessler(iodo-mercurate de potassium alcalin) en présence de l'ammoniun décomposé avec formation d'iodure de mercure d'ammoniumqui permet de faire le dc colorimétrique des ions.

2°.Réactifs

- Solution de tartrate double de potassium et de sodium;
- Réactif de Nessler;

- Solution mèreétalonà1g/l d'ammonium;
- Solution fille étalon à 0,010 g/l d'ammonium.

3^0.Mode opératoire

L'iodo-meracurate de potassium alcalin appelé aussi réactif de Nessler permet de faire dosage colorimétrique des ions ammonium. En réactionavecles ions ammonium il e décomposé avec formation d'iodure de dimercurammonium qui se fait selon les équatio suivantes:

$$2HgI_4 + 2NH_3 \longrightarrow 2NH_3HgI_2 + 4I^-$$

$$2NH_3HgI_2 \longrightarrow NH_2HgI_3 + NH_4^+ + I^-$$

La réaction s'est passée en milieu basique (réactif de Nessler) et on a ajoutée des tartra doubles de potassium et de sodium pour retarder l'apparition du précipité. C'est à partir cette partie que le dosage des ions ammonium (NH_4^+) se fait par la méth spéctrophotométrique à l'aide du spectrophotomètre de type SCOMAN.

On met alors dansune fiole jaugée de 50 ml de l'eau à analyser ; on prend aussi une autre f servant de témoins contenant 50 ml d'eau distillée.On introduit ensuite dans chaque fiole 2 de tartrate double de potassium et de sodium et 2 ml du réactif de Nessler.En présence d'a ammonium,une coloration jaune-orange apparait et on fait le dosage calorimétrique. Les fi sont alors laissées au repos pendant 10 min et effectue la lecture au spectrophotom SCOMAN à une longueur d'onde de 420 nm (RODIER, 2005).

Le résultat s'affiche et indique la teneur de l'ammonium en mg/l.

II.3.1.8. Dosage des chlorures

Trèsrépandu dans la nature, le chlore ne se trouve presque jamais à l'état libre. Dans les naturelles, on retrouve sous forme combinée de chlorures, mais en faible quantité dans les et rivières. Les chlorures proviennent des eaux de pluies des excréments animaux e l'homme qui contiennent jusqu'à 5 g de chlorures.

Certains sols riches en chlorures peuvent être lessivés et enrichir les eaux de surface. L chloration peut aussi augmenter la quantitédu chlorure présent dans l'eau (RODIER, 1984).

❖ **Mode opératoire** (document aqualitic AL 450/Multi Direct, 2010)

1. Remplir une cuvette propre avec 1ml d'échantillon d'eau et fermer soigneusement couvercle de la cuvette.
2. Placer la cuvette dans la chambre de mesure.
3. Appuyer sur la touche ZERO.
4. Retirer la cuvette de la chambre de mesure.
5. Ajouter une pastille de CHLORIDE T1 directement de l'emballage dans l'échantill d'eau, écraser la pastille avec un agitateur propre et dissoudre la pastille.
6. Ajouter une pastille de CHLORIDE T2 directement de l'emballage dans l'échantill d'eau, écraser la pastille avec un agitateur propre.
7. Fermer soigneusement le couvercle de la cuvette et agiter soigneusement plusieurs f jusqu'à la dissolution complète de la pastille.
8. Placer la cuvette dans la chambre de mesure.
9. Appuyer sur la touche TEST. Respecter un temps de réaction de 2min. la mes démarre automatiquement après écoulement du temps de réaction. Le résultat s'affi en mg/l de chlorures.

II.3.1.9. Chlore total (Méthode à l'orthotolidine-arsénite) (RODIER, 2005)

Cette méthode permet de différencier le chlore total et du chlore libre et de plus, d'effectue dosages en présence de substances interférentes comme les nitrites, les composés ferrique manganiques.

Le chlore libre réagit immédiatement sur l'orthotolidine alors que le chlore total r lentement.

1°. Principe

Dans des conditions de temps bien déterminées et suivant un ordre établi, l'adc d'orthotolidine et de réducteurs à des eaux contenant du chlore et des dérivés chlorés donn coloration jaune qui permet de déterminer le chlore libre et le chlore total.

2°. Réactifs

- Solution d'orthotolidine à 0,1% ;
- Solution tampon de phosphates à 0,5M ;
- Solution tampon diluée de phosphate à 0,1M ;
- Solution de chromate-dichromate ;
- Solution d'arsénite de sodium à 5g/l ;
- Solution d'acide oxalique à saturation.

3°. Mode opératoire

Dans le tube I, introduire 0,75 ml de solution d'orthotolidine à 0,1% puis 15 ml d'eau analyser

Mélanger rapidement et ajouter immédiatement après, en moins de 5 secondes, 0,75 ml solution d'arsénite de sodium qui empêche les chloramines d'agir.

Mélanger. Effectuer la lecture spectrophotométrique (I) aussitôt après. La mesure correspo au chlore libre et aux substances interférentes.

Dans le tube II, introduire 0,75 ml de solution d'arsénite de sodium puis 15 ml d'eau analyser. Mélanger rapidement et ajouter immédiatement après, 0,75 ml d'orthotolidine à 0,1 Mélanger rapidement et effectuer la lecture (II_1) aussitôt après.

Attendre 5 minutes et faire une seconde lecture (II_2). La solution d'arsénite réduisant d'abor chlore libre et les chloramines. La mesure correspond aux substances interférentes décel immédiatement et au bout de 5 minutes.

Dans le tube III, introduire 0,75 ml de solution d'orthotolidine à 0,1% puis 15 ml d'ea analyser. Mélanger rapidement. Effectuer la lecture (III) exactement au bout de 5 minutes. mesure correspond au chlore total et aux substances interférentes.

On aura le chlore total= (III)- (II_2). Les résultats sont exprimés en milligrammes de chlore litre d'eau.

II.3.1.10. Dosage d'iode

L'iode contenu dans la structuregéologique se présente dans la nature à l'état d'iode et d'iodat Il se trouve à côté du chlore et du brome dans l'eau de mer (0,05 mg%), les eaux saumâtres aussi dans la croûte terrestre. L'iode se trouve à l'état des traces dans la plupart des eau minérales, les eaux souterraines peuvent en contenir jusqu'à plusieurs dizaines de mg (RODIER, 2005).

- **Mode opératoire** (document aqualitic AL 450/Multi Direct, 2010)

1. Remplir une cuvette propre de 10ml d'échantillon d'eau, fermer soigneusement couvercle de la cuvette.
2. Placer la cuvette dans la chambre de mesure.
3. Appuyer sur la touche ZERO.
4. Retirer la cuvette de la chambre de mesure, vider la cuvette en y laissant quelq gouttes.
5. Ajouter une pastille de DPD N°1 directement de l'emballage dans l'échantillon d'eau écraser la pastille à l'aided'un agitateur propre.
6. Ajouter de l'échantillon d'eau jusqu'au repère de 10 ml.
7. Fermer soigneusement le couvercle de la cuvette et agiter plusieurs fois la cuv jusqu'à dissolution complète de la pastille.
8. Placer la cuvette dans la chambre de mesure.
9. Appuyer sur la touche TEST. Le résultat s'affiche en mg/l d'iode.

II.3.1.11. Dosage du brome (RODIER, 2005)

Le brome est présent dans la lithosphère à un taux de 0,001%. Sauf cas particulier, les eau surface ne contiennent habituellement que peu de brome : les concentrations varient entre et 0,2 mg/l.

Des teneurs élevées peuvent être rencontrées dans les eaux de nappe de régions côtières et les eaux d'origine profonde (forage) qui peuvent en contenir de 5 à 6 mg/l.

D'une façongénérale, les chlorures et les bromures sont très souvent associés dans un rappo de 2,5 mg de brome pour 1mg de chlore(RODIER,2005).

❖ **Mode opératoire** (document aqualitic AL 450/Multi Direct, 2010)

1. Verser 10 ml d'échantillon dans une cuvette propre de 24 mm et fermer le couvercle c la cuvette.
2. Mettre la cuvette dans la chambre de mesure.
3. Appuyer sur la touche ZERO.
4. Retirer la cuvette de la chambre de mesure et la vider en laissant quelques gouttes.
5. Ajouter une pastille de DPD N°1 directement de l'emballage protecteur et l'écraser l'aide d'un agitateur propre.
6. Verser de l'échantillon dans la cuvette jusqu'à marque de 10 ml.
7. Fermer la cuvette avec le couvercle et mélanger le contenu en agitant jusqu'à dissoluti complète de la pastille.
8. Placer la cuvette dans la chambre de mesure.
9. Appuyer sur la touche TEST.

Le résultat de la mesure s'affiche et indique le brome en mg/l.

II.3.1.12. Dosage du calcium par la méthodegravimétrique(RODIER, 2005)

1°. Principe

Le Ca^{2+}de l'eau à analyser est précipité sous forme d'oxalate en milieu acétique. Ce précip après lavage est calciné et pesé.

2°. Réactifs

* Solution saturée d'oxalate d'ammonium $(NH_4)_2C_2O_4$;
* Solution saturée de Chlorure d'ammonium(NH_4Cl);
* Solution d'hélianthine 1%;
* Acide chlorhydrique concentréHCl;
* Ammoniaque concentré NH_4OH;

* Acide acétique concentré CH_3COOH.

3°. Mode opératoire

Introduire dans un bécher 200 ml d'eau à analyser puis 10ml de solution saturée NH_4Cl et u goutte de solution d'hélianthine 1%. Ajouter ensuite goutte à goutteHCl concentré jusqu'à vi au rouge, puis de NH_4OH jusqu'au jaune.

S'il se produit un précipité de fer, filtrer et rendre alors la solution nettement acide par un exc de CH_3COOH, puis verser 25 ml de solution de $(NH_4)_2C_2O_4$à sa saturation.

Couvrir et laisser reposer pendant 24 heures à température ambiante. Filtrer à froid avec filtre et laver abondamment le précipité à l'eau bouillante jusqu'à la cessation de toute réacti du filtrat.

Sécher le précipité à l'étuve à 110°Cpuis calciné au rouge vif dans une capsule de plat terrée. Refroidir au dessiccateur et peser.

4°. Expression des résultats

- Pour une prise d'essai de 200 ml :
- P est le poids en mg d'oxalate de calcium trouvé $Ca_2C_2O_4$
- 0,701 est le facteur d'analyse F = $\frac{Mca^{2+}}{MCaO}$
- La teneur en Ca^{2+} dans l'eauexprimée en mg/l est donnée par la relation :

  $[Ca^{2+}]$ (mg/l) = P. 5.0,701
- Les résultats montrent que l'eau analysée contient 11,5 mg/l de calcium

II.3.1.13. Dosage du magnésium par la méthode gravimétrique

1°. Principe

Après élimination du calcium, le magnésium est précipité dans l'eau sous forme de phosp ammoniaco-magnésien qui, après calcination, permet le dosage des ions Mg^{2+}sous form pyrophosphate de magnésium$Mg_2P_2O_7$ (RODIER, 2005)

2° Réactifs :

- Acide chlorhydrique (d=1,19) ;
- Solution de phosphate d'ammonium à 25% ;
- Ammoniaque pure ;
- Solution ammoniaque diluée au 50%

3°. Mode opératoire

Evaporer le filtrat acétiqueprovenant de la précipitation du calcium jusqu'à envir 150ml.Ajouter 2 gouttesd'acide chlorhydrique,puis 20 ml de phosph: d'ammonium à 25%. Porter à l'ébullition neutralisée la solution encore chaude l'ammoniaque puis ajouter1/5 du volume d'ammoniaque pure. Si le précipité est lente à former, frotter les parois du bécheravec un agitateur. Agiter et laisser reposer 12 heures à température ambiante.

Filtrer sur filtre sans cendre et laver le précipité à l'ammoniaqueau 50% .

Sécher et calciner au rouge vif dans une capsule tarée. Peser soit p mg de pyrophosphate magnésium $Mg_2P_2O_7$.

4°. Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 200 ml :

- ✓ P est le poids de pyrophosphate de magnésium obtenu;
- ✓ 1,086 = 0, 2172 ×5 où 0,2172 est le facteur d'analyse F

$$F=\frac{M\,Mg^{2+}}{M\,Mg_2P_2O_7}$$

- ✓ 5 est le facteur de conversion des 200 ml en 1L;
- ✓ La teneur Mg^{2+} exprimée (en mg/l) est donnée par la relation:

$[Mg^{2+}](mg/l) = P.1,086$

II.3.1.14. Dosage du fer

Le fer peut se rencontrer dans l'eau sous différentes formes dans les conditions habituelle c'est-à-dire pour un pH variant entre 4,5 et 9, le fer soluble présent est généralement à l'ét ferreux. Si le milieu est réducteur comme dans beaucoup d'eaux souterraines, le fer ferriq n'est soluble d'une façon significative qu'à de pH <à3. Pratiquement, les eaux superficielles contiennent que très peu de fer, rarement plus de 1mg /l (RODIER, 2005).

- **Mode opératoire** (document aqualitic AL 450/Multi Direct, 2010)

1. Verser 10 ml d'échantillon dans une cuvette propre de 24 mm et fermer le couvercle la cuvette.
2. Mettre la cuvette dans la chambre de mesure.
3. Appuyer sur la touche ZERO.
4. Retirer la cuvette de la chambre de mesure.
5. Ajouter dans l'échantillon de 10ml une pastille de fer LR directement de l'emball protecteur et l'écraser à l'aide d'un agitateur propre.
6. Refermer la cuvette avec le couvercle et mélanger le contenu en agitant jus dissolution complète de la pastille.
7. Placer la cuvette dans la chambre de mesure.
8. Appuyer sur la touche TEST.

Attendre 5 minutes de temps de réaction. La mesure s'effectue automatiquement a écoulement de temps de la réaction. Le résultat de la mesure s'affiche et indique le fer en m

II.3.1.15. Dosage des sulfates(RODIER, 2005)

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrain contenant pas une proposition importante de sulfate minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mais ce chiffre peut largement dépasser (jusqu'à 300mg/l) dans les zones contenant du g ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé (RODIER, 2005).

❖ **Mode opératoire** (document aqualitic AL 450/Multi Direct, 2010)

0. Verser 10ml d'échantillon dans une cuvette propre de 24 mm et fermer cette dernière avec son couvercle.
1. Placer ensuite la cuvette dans la chambre de mesure.
2. Appuyer alors sur la touche ZERO.
3. Sortir la cuvette de la chambre de mesure.
4. Dans l'échantillon de 10ml,ajouter une pastille de SULFATET directement à partir de pellicule et écraser cette dernière à l'aide d'un agitateur propre.
5. Fermer la cuvette avec son couvercle et mélanger le contenu en agitant la cuve jusqu'à ce que la pastille soit dissoute.
6. Placer ensuite la cuvette dans la chambre de mesure.
7. Appuyer alors sur la touche TEST.
   Le résultat de la mesure s'affiche et indique la teneur en mg/l de sulfate.

II.3.1.16.Dosage des nitrates (RODIER, 2005)

1°. Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitre salicylate de sodi coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

2°. Réactifs :

-Solution de salicylate de sodium à 1% à renouveler toutes les 24heures ;
-Acide sulfurique concentré (d=1,84)
-Solution d'hydroxyde de sodium ;
-Hydroxyde de sodium (200g)
-Sel dissodique de l'acide éthylène diamine tétracétique 50g ;
-Eau distillée 100ml
-Solution d'azoture de sodium ;
-Solution mère étalon d'azote nitrique à 100mg/l ;
-Nitrate de potassium anhydre ;
-Solution fille étalon d'azote nitrique à 5mg/l.

3°. Mode opératoire

Introduire 10ml d'eau dans une capsule de 60ml (pour des teneurs en azote nitrique supérieur à 10mg/l (opérer une dilution).

Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium.

Préparer un témoin en mélangeant 10mld'eau distillée avec 1ml de solution de salicylate sodium. La concentration de cette solution est de 5mg/l d'azote nitrique. Effectuer les lectur en spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415nm et tenir compte de la valeur lue pour témoin.

4°. Expression des résultats

Pour prise d'essai de10ml,on obtient directement la teneur en azote nitrique exprimée en m d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrate (NO_3^-), multiplier ce résultat par 4,43.

II.3.1.17.Dosage des phosphates

Les phosphates font parties des anions facilement fixés par le sol; leur présence naturelles d les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la mati organique. Des teneurs supérieurs à 0,5 mg/l doivent constituer un indice de pollut (RODIER, 2005).

- **Mode opératoire**(document aqualitic AL 450/Multi Direct, 2010)

1. Verser 1ml d'échantillon dans une cuvette propre de 24 mm et fermer le couvercle d cuvette.
2. Mettre la cuvette dans la chambre de mesure.
3. Appuyer sur la touche ZERO.
4. Retirer la cuvette de la chambre de mesure.
5. Ajouter une postille de PHOSPHATE N^O1 LR directement de l'emballage protec dans l'échantillon de1ml l'évaser à l'aide d'un agitateur propre.
6. Ajouter une postille de PHOSPHATE N^O2 LR directement de l'emballage protec dans le même échantillon et l'écraser à l'aider d'un agitateur propre.

7. Refermer la cuvette avec le couvercle et mélanger le contenu en agitant jusqu' dissolution complète de postille.
8. Placer la cuvette dans la cuvette dans la chambre de mesure.
9. Appuyer sur la touche TEST.Attendre 10 minutes de temps de la réaction.

La mesure s'effectue automatiquement après écoulement du temps de la réaction. Le résultat d la mesure s'affiche et indique le phosphate en mg/l.

II.3.2. Paramètres microbiologiques

Les paramètres microbiologiques ont été mesurés au Laboratoire d'Analyse des Eau Africaines sis à Mutanga Nord.



Figure 3: Incubateur portable (BUTOYI, 2017)



Figure 4 : Aspirateur et entonnoir utilisés pour filtrer l'échantillon (BUTOYI, 2017)

Le choix des milieux de culture a été guidé par le type de microorganismes recherchés. Pour cas qui nous concerne, il s'agit des coliformes totaux et d'escherichia coli. Le milieu de cultu utilisé est m-coliblue 24 et fluorogène au MUG (4-méthylumbelliferyl-β- D glucuronide).

II.3.2.1. Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des organismes en forme de bâtonnets non sporogones capable croître en aérobiesà 37°C sur un milieu lactosé (ROUX, 1987).

1°. Principe

Après filtrations de l'échantillon sur membrane de cellulose, celle-ci est décomposée sur milieu gélosé sélectif dit présomptif, puis incubée à 37°C. Après 24 heures, comptage dire des colonies caractéristiques. Cette étape est poursuivie par un essai confirmatif pour vérifi l'appartenance au groupe coliforme et/ ou par une identification d'un coliforme (RODIE 2005)

2°. Mode opératoire

Déposer la membrane sur la face supérieure de l'appareil de filtration préalablement flamb Après agitation, verser l'échantillon dans le réservoir (au moins 100 ml) et filtrer.

Placer la membrane sur une boîte de pétri stérile que l'on déposera à l'envers dans l'enceinte 37°C. Après 24 heures, les colonies repérées par leur coloration rouge sont comptées et l résultats exprimés pour 100 ml d'échantillon.

Dénombrement des colonies

Le principe consiste à compter les colonies de coliformes totaux qui se sont développés dans milieu de culture en considérant les boites où les colonies sont visibles et à l'aide d'u compteur de colonies.

II.3.2.2. Escherichia coli

1°. Principe

L'échantillon d'eau à analyser est ensemencé dans un milieu gélosé contenant un substı chromogène ou fluorogène.

Après incubation en milieu anaérobie, les colonies caractéristiques révélées par la présence (β glucuronidase sont dénombrées et permettant de calculer le nombre d'Escherichia par ı d'eau (RODIER, 2005)

3°.Mode opératoire

Dans le cas d'eau faiblement contaminée, filtrer sur une membrane 100 ml d'eau, déposer membrane sur le milieu retenu, incuber à 37°C pendant 24 heures.

Dans le cas d'eaux plus faiblement contaminées, en travaillant stérilement, introduire 1 ı d'échantillon dans une boîte de pétri, procéder à une dilution au 1/10 de l'échantillon introduire stérilement 1 ml de cette dilution dans une autre boîte de pétri ; poursuivre avec uı dilution au 1/10, etcen changent de pipette stérile pour chaque dilution. Verser dans chaqı boîte de pétri 15 ml de fluorogène au MUG (4-méthylumbelliferyl-β- D glucuronide).

Avec le milieu au MUG, après ensemencement, couler en surface du milieu après ş solidification, 4ml de gélose blanche maintenue à 37°C. Laisser solidifier. Retourner les boîtı et les mettre à incuber à l'étuve à 37°C pendant 24 heures.

Dénombrement des colonies

Le principe consiste à compter les colonies d'Escherichia coli qui se sont développés dans milieu de culture en considérant les boites où les colonies sont visibles et à l'aide d'u compteur de colonies.

CHAP. III. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

III. 1. Présentation des résultats

Les résultats issus de l'analyse des eaux de distribution dans la localité de KIMINA sont rep dans le tableau suivant. Nous avons complété ce tableau avec les valeurs indicatives de l'OM pour l'eau potable afin d'établir une comparaison.

Tableau 1: Présentation des résultats de l'analyse

N°	Paramètres	Unités	Résultats			Valeurs indicatives de l'OMS
			Echantillon I Le 15/05/2017	Echantillon II Le 12/07/2017	Moyenne	
1	pH	-	7,2	7 ,6	-	6,5 à 9,2
2	Température	°C	24	24	24	-
3	Conductivité	µs /cm	261	283	272	-
4	Dureté totale	mg/l	29	28	28,5	-
5	Alcalinité	mg/l	40,04	48,62	43,33	200
6	DCO	mg/l	0	0	0	0
7	Ammonium	mg/l	0,10	0,09	0,095	1,5
8	Chlorures	mg/l	17,5	14,5	16	250
9	Chlore total	mg/l	0,06	0,04	0,05	250
10	Iode	mg/l	0,10	0,06	0,08	3,6
11	Brome	mg/l	0,06	0,05	0,055	13
12	Fer	mg/l	0, 3	0, 3	0,3	1
13	Calcium	mg/l	11	12	11,5	-
14	Magnésium	mg/l	3,45	4,15	3,8	50
15	Sulfates	mg/l	22	15	18,5	100
16	Phosphate	mg/l	0,20	0,25	0,22	4
17	Nitrates	mg/l	20,1	24,7	22,4	100
18	Coliformes totaux	UFC/100 ml	0	0	0	0
19	Escherichia coli	UFC/100 ml	0	0	0	0

III.2. Interprétation des résultats

III.2.1.Paramètres physico-chimiques

III.2.1.1. Température, pH, alcalinité et conductivité électrique

La température a été mesurée sur terrain à l'aide d'un thermomètre. C'est un facteur qui influ sur le milieu aquatique et joue un rôle important sur la solubilité des gaz, des sels et sur le pl La moyenne obtenue est de 24°C. Les eaux souterraines dont la température au cours de saiso est d'environ 12 à 15°C sont évidemment moins sensibles aux variations de température que l eaux superficielles dont la température varie de 2 à 30°C ; elles présentent l'avantage d'arriv dans les réseaux de distribution à une température plus basse mais elles peuvent se chauffer p la suite dans les réseaux (RODIER, 2005). Pratiquement, la température de l'eau n'a p d'influence directe sur la santé de l'homme.

Le pH de notre échantillon a comme valeur de 7,2 pendant le mois de mai et 7,6 pendant mois de juillet. Cette variation du pH est liée à l'activité de l'homme et à la présence d substances organiquesprovenant de la macération et du lavage de l'humus. Pour l'eau destin à la consommation humaine, nous remarquons que le pH de l'eau consommée à Kimina ne pe pas causer des problèmes de corrosion ni ne peut entrainer des problèmes de goût.C'e cependant l'un des paramètres parmi les plus importants de la qualité de l'eau. Il doit êt étroitement surveillé au cours de toutes les opérations de traitement et intervient dans d phénomènes complexes avec d'autres paramètres comme la température et l'alcalinité.

L'alcalinité a été mesurée par le spectrophotomètre AL 450 et les teneurs enregistrés pour not échantillon sont 40,04 mg/l pour l'échantillon I et 48,62 mg/l pour l'échantillon II.Ces valeu de l'alcalinité sont liées à la présence d'hydrogénocarbonates ou de carbonates et au pH qui e un élément important pour définir le caractère incrustant d'une eau.

La conductivité a été mesurée également sur terrain et les résultats obtenus lors des analys sont respectivement 261µs/cm pour l'échantillon I et 283µs/cm pour l'échantillon II.

Comme nous le disons à propos du pH, les résultats de la conductivités'expliquent aisément p la teneur en sels minéraux due à l'utilisation des engrais chimiques et organiques po

l'agriculture des légumes et légumineuses dans les milieux ruraux vers la fin des saisons
pluies.L'OMS ne donne aucune valeur indicative pour la conductivité mais sa mesure perm
d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'
suivre l'évolution (RODIER, 2005).

Dans le cas d'un contrôle de distribution d'eau potable, l'intérêt de cette méthode ne réside p
dans une seule mesure mais dans une série de détermination ou d'enregistrement en contin
qui permettront de déceler les variations de composition pouvant signaler des arrivées d'e
susceptible d'être polluée (DEGREMONT, 1990). En comparant les valeurs de ces paramètr
physico-chimiques (température, pH, alcalinité et conductivité) à celle recommandée p
l'OMS (annexe1) on conclut que l'eau de notre échantillon se situe dans les limites tolérabl
pour une eau de consommation.

III.2.1.2. Dureté totale, calcium, magnésium et demande chimique enoxygène.

La dureté de l'eau de notre échantillon est de 28,5mg/l. Elle a un caractère naturel lié a
lessivage des terrains traversés.Ce résultat nous indique que la dureté ne peut pas provoquer
formation des dépôts ni engendrer des problèmes de corrosion.

Le calcium, composant majeur de la dureté de l'eau, est généralement l'élément dominant d
eaux potables. La moyenne obtenu est de 11.5 mg Ca^{2+}/l. Cette valeur du calcium varie suiva
la nature des terrains traversés. L'influence du calcium de l'eau sur la santé de l'individu a é
souvent discutée. Cependant, les recherches et les études statistiques ont montré qu'il n'y aura
pas de relation dose-effet avec la teneur de cet élément dans l'eau (BONTOUX, 1993).

Le magnésium, la plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau, même le carbonate peut êt
dissous jusqu'à 300mg/l à 20°C (RODIER, 2005). La valeur du magnésium de l'eau de l
localité de Kimina est 3,8mg/l.Cette teneur dépend de la composition des roches rencontrée
Pour des personnes sensibles, on comprend bien que le magnésium ne donne pas un goû
désagréable à cette eau. Le magnésium est par ordre d'importance le deuxième cation conten
dans les cellules après le potassium. Il joue le rôle de stabilisateur de la membrane cellulaire e
protégeant la cellule contre une rétention de sodium(BONTOUX, 1993).

La demande chimique en oxygène (DCO) correspond à la teneur de l'ensemble de matièr organiques, que celles-ci aient un caractère biodégradable ou non. C'est la quantité d'oxygè consommée par les matières dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires défini (LEGRAND, 1981).

La DCO dans une eau de boisson doit être nul ou extrêmement faible (VANRIEL, 1964). cela a été confirmé par notre travail, la DCO de notre échantillon est zéro. Cela montre qu n'y a pas d'apports de matières organiques en décomposition.

Avec ces paramètres, on peut affirmer que l'eau consommée par la population de Kimina e potable et remplit les normes de potabilité d'eau de boisson.

III.2.1.3. Chlore total, chlorures, iode, brome et fer

L'eau de source distribuée à Kimina est pauvre en chlore avec une teneur de 0,05 mg/l. Du fa de son pouvoir oxydant rémanent, le chlore (chlore gazeux, dioxyde de chlore ou hypochlorit est le réactif le plus utilisé pour la décontamination de l'eau (ANNON, 1989). Etant dom qu'il s'agit de l'eau de source, nous voyons que le chlore n'est pas utilisé pour le traitement l'eau de consommation de la population de Kimina.

Les résultats d'analyse de notre échantillon en chlorures nous donnent une valeur de 16 mg C /l. La teneur en chlorures de notre eau est liée principalement à la nature des terrains traversé Ainsi, les eaux exemptes de pollution ont une teneur généralement inférieur à 25 mg Cl (RODIER, 2005).

Les valeurs de chlore total et de chlorure sont dans les normes de la potabilité de l'eau consommation humaine comparativement aux valeurs de l'OMS.

Le brome, l'iode et le fer sont présents dans l'eau distribuée à Kimina respectivement avec d teneurs 0,055mg Br^-/l, 0,08mg I^-/l et 0,3mg Fe^{2+}/l et leurs valeurs sont inférieures à cell indiquées par l'OMS.

L'iode se trouve à côté du chlore et du brome dans la croute terrestre ; les sels riches en hum le retiennent plus facilement. La variation de la valeur de l'iode dans l'eau analysée est liée au facteurs de l'environnement. Au cours du traitement de l'eau, de l'iode à l'état de trace peut former par oxydation des iodures (RODIER,2005). Chez les vertébrés, à côté des halogén

ingérés, il existe un phénomène de concentration actif de l'iode au niveau de la glande thyroï sous l'action d'une pompe à iodures, stimulée par l'hormone thyréostimulante(TS (RODIER, 2005).

Des nombreux auteurs pensent que la fréquence du goitre serait inversement proportionnell la richesse en iode des aliments et particulièrement de l'eau. Cependant, compte tenu (quantités retrouvées dans l'eau (0,08mg I^-/l) de notre échantillon, l'importance de cette v d'apport doit être relativisée (RODIER, 2005).

Tous les prélèvements ayant été faits à des dates différentes ont montrés que la teneur du fer toujours constante avec 0,3 mg Fe/l. Les eaux de source peuvent contenir jusqu'à quelq mg/l de fer ayant pour origine la lixiviation des terrains traversés.

Dans les eaux de distribution, il provient le plus souvent de la corrosion des condui d'amenées ou de l'emploi desels de fer pour lestraitements coagulation-floculation particulier dans le cas d'une mauvaise maîtrise des opérations (RODIER, 2005).

Vu les concentrations du fer trouvées, on ne peut pas soupçonner la corrosion des tuyaux pa que la valeur élevée du fer dans l'eau impliquerait nécessairement l'usure des tuyaux. I ailleurs, étant donné les quantités importantes apportées par l'alimentation de l'ordre de 1 25mg/jour (viande: 20 à 40 mg/kg; poisson: 10mg/kg; lait: 1à 4 mg/kg; pain: 20 à 40 mg/l fruits et légumes: 5 à 10 mg/kg) le fer de l'eau ne présente aucun inconvénient au point de v physiologique (DEGREMONT, 1990).

III.2.1.4. Sulfate, phosphate, ammonium et nitrate

Les concentrations de sulfate et de phosphate dans l'eau analysée sont respectivement 18,5mg pour lesSO_4^{2-}/l et de 0,22mg pour lesPO_4^{2-}/l. Ces valeurs justifient la présence sulfate et de phosphate dans notre échantillon et sont inférieures à celles de l'OMS.

La variation de la teneur en sulfates des eaux de notre échantillon est due à l'activité humai liée à l'agriculture et à l'élevage ; elle est liée également aux éléments alcalin et alcalin terreux de minéralisation.

Suivant la concentration en sulfates dans notre eau (18,5mg SO_4^{2-}/l) et selon l'intolérance d consommateurs, on ne peut pas imaginer des troubles gastro-intestinaux en particulier ch l'enfant.

Avec la valeur de 0,22 mg PO^{2-}/l trouvée dans l'eau de consommation de Kimina, no remarquons que le phosphate ne joue pas un rôle important dans le développement des algu ni n'est susceptible de favoriser leur multiplication dans les réservoirs et dans les canalisations

L'ammonium et le nitrate sont respectivement présents dans l'eau consommée dans la locali de Kimina suivant ces proportions: 0,095mg NH_4/l et 22,4mg NO^-/l. Ces valeurs sont faibl comparativement aux valeurs indicatives de l'OMS.

L'ammonium est souvent assez rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processı de dégradation incomplète de la matière organique; sa présence est également à rapprocher d autres éléments azotés identifiés dans l'eau notamment les nitrates.

Compte tenu de la teneur de l'ammonium dans l'eau de distribution de Kimina, concentration ne peut pas entrainer des goûts .désagréables et provoquer la corrosion d conduites. Il ne présente pas aussi l'inconvénient de nécessiter une augmentation de consommation en chlore lors de la désinfection et de produire des composés organochlor indésirables.

D'une façon générale l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrates par oxydatic (RODIER, 2005).

A côté de cette oxydation, la présence de nitratesdans l'eau de consommation de Kimina pe s'expliquer également par les phénomènes de lessivage, d'érosion des roches et p l'accroissement de la pollution atmosphérique qui contribue à une augmentation de l'apport d composés azotés au sol qui est actuellement de l'ordre de 17 Kg d'azote par hectare et par a (RAMADE, 2005).

Au regard de résultats de paramètres physico-chimique trouvés, on peut dire que la premiè hypothèse est confirmée.

III.2.2. Paramètres microbiologiques

III.2.2.1. Coliformes totaux et Escherichia coli

L'analyse microbiologique dans les eaux permet ainsi d'apprécier le risque dû à des micr organismes pathogènes (bactéries, fungi, protozoaires, virus) susceptibles d'être trouvés da les eaux utilisées par l'homme, et de ce fait, de provoquer des maladies.

Les résultats nous montrent l'absence totale des coliformes totaux et de l'Escherichia colida l'eau de consommation de la localité de Kimina.

Les coliformes étant des bactéries vivant dans les intestins d'animaux ou humains, le présence dans l'eau indique une pollution récente d'origine fécale (ROUX, 1987).

Cette absence des microbes peut s'expliquer par la non contamination d'origine fécale de l'e de consommation de Kimina mais aussi par une concentration modérée des nutriments da cette source d'eau.

La réglementation pose le principe que l'eau destinée à la consommation humaine ne doit p contenir des micro-organismes pathogènes.

Enfin, compte tenu des résultats des paramètres physico-chimiques et microbiologiqu trouvés, nous confirmons que l'eau de boisson de la localité de Kimina est potabl

CONCLUSION GENERALE ET SUGGESTIONS

Conclusion générale

L'eau est un patrimoine commun ayant une valeur sociale;une valeur économique et vale environnementale. Il faudrait donc la gérer de manière à répondre aux besoins de la générati actuelle sans compromettre ceux des générations futures car elle aussi paradoxalement sour de nombreux problèmes.

Après avoir traité l'eau, il convient de procéder à son analyse afin de contrôler sa quali physico- chimique et microbiologique. Le contrôle de la qualité des eaux destinées à consommation permet de se rendre compte qu'elles ne constituent pas un danger pour la san des consommateurs.

Les résultats d'analyse de l'eau consommée par les habitants de la localité de Kimina nous o aidés à identifier la qualité de cette eau.

Les éléments essentiels à la santé de l'homme comme le fer, iode, magnésium,....figurent dai l'eau étudiée en quantité recommandée par l'OMS, également l'eau étudiée ne contient pas d microbes comme Escherichia coli et Coliformes totaux.

La variation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau étudiée serait d à la putréfactionde débris végétaux et animaux dans le sol,la nature du terrain traversé par l'ea au cours de son infiltration, des conduits et vannes,des produits chimiques utilisés dai l'agriculture (engrais chimiques, pesticides,...).

En conclusion, l'eau consommée par la population de la localité de Kimina n'est pas souill comme nous l'avons pris comme hypothèse, d'après les résultats trouvés des paramètr physico-chimiques et microbiologiques, l'eau analysée répondaux normes des eau deconsommation. Les valeurs obtenues sont en dessous des valeurs limites de l'OMS .

Suggestions

Afin de distribuer régulièrement aux consommateurs une eau de très bonne qualité quelqu soit les fluctuations de la qualité d'eau brute, nous suggérons ce qui suit :

1° Au Gouvernement:

De financer et encourager des travaux de recherche qui visent à améliorer le vécu quotidien la population, de vérifier si les responsables chargées de la distribution d'eau font réelleme leur devoir.

2°A la REGIDESO:

De faire un contrôle de l'eau distribuée pour vérifier si les paramètres restent les mêmes.

3° A la population:

-De s'assurer de l'hygiène de l'eau de boisson ;

-De procéder régulièrement au nettoyage et à la désinfection des récipients et réservoirs utilis pour conserver l'eau.

Pour terminer, nous dirions que ce serait prétentieux de notre part d'avoir épuisé le sujet nous saisissons de cette occasion pour inviter les personnes intéressées à poursuivre ou compléter ce travail par une analyse systématique des paramètres non étudiés tels que le plom le sodium, le potassium, la minéralisation,...afin de faire une identification complète de cet eau.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A. Ouvrages généraux

1. **ANNON N. (1989):** Mémento techniques de l'eau Tome 1, pub. Saignement. Lavoisie techniques, Paris, 592p.
2. **BONTOUX J. (1993)** : Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eau usées, eaux de boisson. Techniques et documentation. Paris et cebedor Ed. , Lièg 728p.
3. **BRIEFERT et PERRAUD (2001)** : Chimie de l'environnement (l'air, sol,eau déchets), 1ère édition, De Boeck Université, Paris, 477p.
4. **CAPDVILLE (1981)** : Analyse des eaux, INSA ; Toulouse, 87p.
5. **DEGREMONT (1990) :** Mémento technique de l'eau. Technique et documentatio Edition du moniteur, Paris, 145p.
6. **ECKENFELDER W.W. (1976)** : L'eau dans l'industrie. Technique et documentatio Paris, 487p.
7. **GIRAND R. (1967)** : Méthode d'étude d'une eau naturelle à partir de son analys l'eau, 119p.
8. **GOBEAU A. (1966)** : Nature et mécanismes de la pollution des eaux douces, colloqu édition de l'institut de la sociologie, Paris, 144p.
9. **GOMMELLA C.et GEURREE H. (1973)** : Le traitement des eaux de distributio EditionEyrolles, Paris, 1358p.
10. **GOURDIN J. (1986)** : Etude chimique des eaux de la RUSIZI et de ses affluent ISABU, BUJUMBURA, 70p.
11. **LAURA S., PHILIPPE B. et WERNER S. (2006)** : Chimie des milieux aquatiques chimie des eaux naturelles et des interférences dans l'environnement ; 3è édition, Dunoc Paris, 567p.
12. **LEGRAND L. et POIRIER G. (1981):**Les équilibres carboniques et les équilibre calco carboniques dans les eaux naturelles. Edition Eyrolles, Paris, 1221p.
13. **MASSCHELEIN W. (1992)** : processus unitaire du traitement de l'eau potable Am .pob, 17ème édition, Paris, 453p.

14. **PESSION P. (1980)** : La pollution des eaux continentales. Incidence sur les biocénoses aquatiques. Gauthier –Villars et cie Ed., Paris, 325p.
15. **RAMADE F. (2005)** : Eléments d'écologie(Ecologie appliquée) ,6ème édition, Dunod, Paris, 864p.
16. **RODIER J. (1984)** : Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer.7e é : édition, DUNOD, Paris, 998p.
17. **RODIER J. (2005)** : Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 8e édition, DUNOD, Paris, 1383p.
18. **ROUX M. (1987) :** Analyse biologique de l'eau (Office internationale de l'eau). Technique et documentation, 229p.
19. **VAILLANT J. R. (1973)** : Protection de la qualité des eaux et maîtrise de la pollution, contrôle de versement des eaux polluées. Edition Eyrolles, Paris, 352p.
20. **VANDER B. (1993)** : Alimentation en eau potable et drainage des eaux pluviales usées, Liège, 698p.
21. **VANRIEL J. (1964)** : L'eau en milieu rural centre africain, Académie Royale des Sciences d'Outre mer, classe des sciences naturelles et médicales N.S ; Bruxelles, 287p.
22. **VIVIER P. (1972)** : La vie dans les eaux douces .4emeédition. Paris, 258p.

B. **Les mémoires**

1. **NDABIGENGESERE A. (1988)** : L'eau et la santé de l'homme en milieu rural. Séminaire tenu à la faculté des sciences Appliquées Université du BURUNDI, Bujumbura. 24p.
2. **NGENDAKURIYO A. (2012)** : Analyse physio chimique de l'eau de la borne fontaine de KIDAHWE (commune et province BUBANZA) consommée par les habitants de la colline GIKO et une partie de la population de la ville de BUBANZA, Mémoire UB IPA Département de chimie, Bujumbura. 47p
3. **NKURIKIYE E. (2008)** : Analyse physico chimique de eaux de distribution dans les villes secondaires : cas de Ngozi, mémoire, UB, Facultés des sciences, Bujumbura ; 55p.

C. **Rapports**

1. **GEORGES T. et JEAN-PIERRE**, (1981) : L'eau patrimoine mondial commun. Co-expertise scientifique, participative et gouvernance. Collection « prélude » n° 6 ; Presse Universitaire de NAMUR, 303p.
2. **GOURDIN J., HOLLEBOSCH P. et KIBIRITI, (1986)** : Analyse de l'eau. Partie chimique. Fiche labo n°004, ISABU, BUJUMBURA.
3. **OMS (1986)** : Directives de la qualité d'eau de boisson, volume 1 et 2. Recommandations, Genève, 382p.
4. **PALLIER G. (1991)** : L'eau et la santé en Afrique tropicale. Université des francophonies .colloque pluridisciplinaire Géographiques-Médecine, Limoges, 287p.

D. Référence électronique.

http ://www . Vedura.fr/environnement/eau/eau-usées consulté le 17/09/2016

http ://www.Cnrs. fr/dossier/décours/eau potable consulté le 25/11/2017

http ://www .wikipedia.org/wiki/ eau -minérale-naturelle consulté le 25/11/2016

http ://www .Sefo-eau.com consulté le 26/11/2016

http ://hydroland.pagespersa-orange.fr/eau potable consulté le 27/11/2016

http :// drink-e.ifrance.com/normes-html consulté le 13/3/2017

http:// www.mddep.qc/eau/souterraine consulté le 13/3/2017

http : // www.biowater. fr/consulté le 13/10/2016

ANNEXES

Annexe1.Les normes de potabilités de l'eau et les limites de tolérance.

Une norme est un chiffre qui fixe une limite à ne pas dépasser. Tout ce qui rentre dans un norme est considéré comme « Normal ». Les normes ont pour objectifs principal de garantir le conditions d'hygiène et de santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes pou un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau ont ét établies. (OMS, 1986)

Tableau 1: Valeurs indicatives de la qualité de l'eau de boisson (OMS, 1986).

Paramètres	**Unités**	**Valeurs indicatives maximales souhaitables**	**Valeurs indicatives maximales acceptables**
A. Physiques			
Turbidité	NTU	5	25
Température	°C	25	-
Conductivité électrique	µs /cm	-	-
B. Chimiques			
pH	-	7 à 8,5	6,5 à 9,2
Dureté totale	mg/l	2	500
Oxygène dissous	mg/l	-	-
Fer	mg/l	0,02	1
Manganèse	mg/l	0,05	0,5
Ions chlorures	mg/l	0,8	250
Cuivre	mg/l	0,05	1,5
Ions aluminium	mg/l	0,2	-
Zinc	mg/l	5	15
Ions sulfates	mg/l	5	100
Ions nitrates	mg/l	45	100

Ions nitrites	mg/l	0,1	3
Phénol	mg/l	0,001	0,002
Détergent	mg/l	0,2	1
Huiles minérales	mg/l	0,01	0,3
Arsenic	mg/l	0	0,05
Cadnium	mg/l	0	0,05
Cyanure	mg/l	0	0,05
Plomb	mg/l	0	0,1
Sélénium	mg/l	0	0,1
Fluor	mg/l	-	0,7
Phosphore	mg/l	-	1,90
Argent	mg/l	-	0,01
Ions ammonium	mg/l	0,02	1
Potassium	mg/l	12	-
Sodium	mg/l	150	-
Magnésium	mg/l	-	50
Ions sulfites	mg/l	0,1	5
Brome	mg/l	0,05	13
Alcalinité	mg/l	5	200
Iode	mg/l	0,5	3,6
Ions phosphate	mg/l	0,05	4
Calcium	mg/l	-	-
H_2S	mg/l	0	0
C. Bactériologique			
Coliformes totaux	UFC/100ml	0	0
Escherichia coli	UFC/100ml	0	0

Annexe2 : Relation entre la conductivité et la minéralisation (RODIER, 2005)

Conductivité	Minéralisation
conductivité< 100 µs /cm	Très faible
100 µs /cm< conductivité< 200 µs /cm	Faible
200 µs /cm< conductivité< 333 µs /cm	Moyenne
333 µs /cm< conductivité< 666 µs /cm	Moyenne accentuée
666 µs /cm< conductivité< 1000 µs /cm	Importante
conductivité> 1000 µs /cm	Elevée

Annexe 3 : Relation entre la conductivité et la teneur en sels dissous à une température d 20° C(RODIER, 2005)

Conductivité	Minéralisation
conductivité< 50 µs /cm	1,365079× conductivité
conductivité [50 à 166] µs /cm	0,947658× conductivité
conductivité [166 à 333] µs /cm	0,769574× conductivité
conductivité [333 à 833] µs /cm	0,715920× conductivité
conductivité [833 à 1000] µs /cm	0,758544× conductivité
conductivité> 1000 µs /cm	0,850432× conductivité

Annexe4 : Echelle de dureté de l'eau (RODIER, 2005)

Dureté en °F	Dureté en mg/l de $CaCO_3$	Dureté en mg/l de $MgCO_3$	Qualification
0-3	0-30	0-25,2	Très douce
3-6	30-60	25,2-50,4	Douce
6-12	60-120	50,4-100,8	Moyennement douce
12-18	120-180	100,8-151,2	Dure
> 18	> 180	> 151,2	Très dure

Annexe 5

→Réactif de Nessler a été préparer comme suit : on prend 50g d'iodure de potassium(KI) qu'c dissout dans 35 ml. On ajoute une solution saturée de dichlorure de mercure (Hg_2cl_2) jusqu la formation d'un léger précipité qui subsiste puis on ajoute aussi l'hydroxyde de Sodium et c ajoute le volume à 100 ml et on laisse reposer et décanter.

→Solution mère étalon à 1g/l d'ammonium préparé avec 2,97 g de chlorure d'ammonium qu'c dissout dans 11 d'eau distillée. On prend ensuite 10 ml de la solution mère qu'on amène 1000ml après dilution et on a ainsi la solution fille étalon à 0,010 g/l d'ammonium.