

UNIVERSITE DE KISANGANI



**B.P.2012
KISANGANI**

**Département des Sciences
Biotechnologiques**

FACULTE DES SCIENCES

**ETUDE DE LA QUALITE MICROBIOLOGIQUE DE L'EAU
TRAITEE PAR LE PRODUIT CHIMIQUE (cas de AQUA-
Kis) ET CELLE TRAITEE PAR LE RAYON SOLAIRE DANS
LA VILLE DE KISANGANI**

PAR

Mireille KILIMA ETAMBA

Travail de fin d'étude

Présenté en vue de l'obtention du titre de

Licencié en Sciences

Option : Biologie

Orientation : Sciences Biotechnologiques

Directeur : Prof. Zoé KAZADI MALUMBA

ANNEE ACADEMIQUE : 2013-2014

DEDICACE

A mon Feu père KILIMA MANGOWA, que ton âme repose en paix.

A ma très chère mère Jacqueline ETAMBA pour votre amour et sacrifices consentis afin de veiller à notre éducation.

A mes grand-frères : Kacha BITOLE, Tonton Blaise BITOLE, Simon BITOLE pour la fraternité à notre égard.

A mes petits frères : Jean de Dieu KILIMA, Jonathan KILIMA, Jacques BITOLE, Bienvenu BITOLE, que cette œuvre soit pour vous une ligne de conduite dans la carrière scientifique.

A toi la personne sur qui je compte passer le reste de ma vie ensemble : Maxime ESISHO, que ton nom soit vêtu du seul habit valable de la dignité.

Mireille KILIMA ETAMBA

AVANT-PROPOS

Nos remerciements vont d'abord à Dieu Tout-Puissant qui continue à nous donner le souffle de vie et l'intelligence depuis notre naissance jusqu'à ce jour.

Nous tenons à remercier tous nos Professeurs, Chefs de Travaux, Assistants qui ont d'une manière ou d'une autre, contribué à notre formation. Nos remerciements vont directement à l'endroit du Professeur Docteur Zoé KAZADI qui a daigné diriger ce mémoire en dépit de toutes ses occupations multiples. Nous lui exprimons notre profonde gratitude.

Nous adressons encore notre remerciement à notre enseignant de l'école Primaire : le Maître BELLA pour sa formation de base et aussi pour sa contribution morale et matérielle pour la réalisation de notre monographie (2012). Nous lui sommes redevable.

Ainsi, nous remercions sincèrement notre Enseignant du Secondaire de l'Athénée Scientifique de Kisangani, à ce jour Professeur Docteur Didy ONAUTSHU ODIMBA qui n'a cessé de nous inculquer ses connaissances ; de base jusqu'à la fin de l'Université. Nous lui exprimons notre profonde gratitude.

Nous remercions également en particulier les Professeurs Docteurs :OLEKO WOTO, ETOBO KALUNGA, DHED'A DJAILO, TCHATCHAMBE, JUAKALI ; Chefs de Travaux : SOLOMO, MAKELELE, LOKONGA, DANADU ; Assistant(e)s PALUKU, Justine TSHIMBILA pour leur dévouement à la formation des élites de demain dont nous faisons partie.

Nous pensons à travers ces lignes à Monsieur TSHITENGE André, Laborantin à la Faculté des Sciences pour ses avis et orientations pertinentes, nous lui sommes redevables.

Nous serons ingrat d'oublier l'assistant Jacques TCHATCHAMBE, pour son soutien moral et la disponibilisation de l'eau distillée pour les analyses et aussi la clé de Laboratoire de Microbiologie même le jour off afin de terminer la partie expérimentale de notre travail. Ses remèdes ont facilités une réalisation sûre et rapide de ce travail. Nous lui exprimons notre profonde gratitude.

Nous exprimons ici nos vifs remerciements au Directeur de Province Monsieur François DOMBOLI en collaboration avec le Chef de Bureau Evariste TATI qui nous ont assuré l'appui financier et matériel durant notre cursus.

Nous remercions Monsieur FATAKI pour l'orientation de bon atterrissage et l'impression de ce travail.

Nous pensons également à Mme Christine LIOLIA, Mme Vicky BANDOMBE, Mme Jeannine EMOKITU, Monsieur Michel MOLAMBOLE, Monsieur KOMBOZI BITOLE, Mme Suzanne BAMBUNDU, Mme Augustine BANZWELE pour leur encouragement qu'ils n'ont pas cessé d'exprimer à notre faveur.

Nous adressons nos remerciements très particulièrement à sabrine YASENGE et Alice BOLA pour leur soutien moral et documentaire.

Aux collègues apprenants : Jean-Paul TAETA, Bibiche MUFUNGIZI, Bijou ABULE, Justine BAZEMA, Marie EHANDO, Paulin ONOYA, Niclette KOTO, Idriss ANDHABA, Gwany YATUKA, Gaby ANGBONGA, Stéphane TSHOMBA et autres. Ensemble, on a cheminé dans un programme à caractère sacrificiel de façon coopérative, tolérante, sympathique et patiente. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre reconnaissance.

A Mme Joliette MESOKI pour sa première pierre posée d'une manière financière dès le début de notre parcours académique s'adresse notre reconnaissance.

Que notre tantine, la sœur Marcelline ATALEMBELA, trouve ici, le fruit de l'amour et de l'encouragement qu'elle n'a cessé d'exprimer à notre faveur et surtout son soutien tant matériel que financier.

Nos remerciements vont à l'endroit de membres de famille, ami (e) et connaissance ; qui n'ont cessé de nous encourager et appuyer pour cette formation, ici nous citons : Agnès AKPEKELENDE, Michel KOKONYANGE, Françoise MAFUTALA, Chantal SOLINA, Mme Esther, Elie MUNGANGA, Colette WANDE, Félix LISINGO, Delou LUKANGILA.

Nous songeons à nos sœurs bien-aimés en Christ : Mery, Tantine ALOWA, Patience MOLO, Thérèse YAGA, Lucienne BESINGA, Thérèse MOTOBANE, Enice, Flavie ; et

Frères : LABRI, Papy, Jean de Dieu MALONGOLA, pour leur soutien et encouragement spirituel.

A toute personne qui n'est pas citée ici à cause d'oubli s'adresse notre reconnaissance.

LISTE DES ABREVIATIONS

% : Pourcentage

\bar{X} : Moyenne

AQ : l'eau AQUA Kis

CF : Coliformes Fécaux

E1 : premier Echantillon

E2 :deuxième Echantillon

E3 :troisième Echantillons

F : Fréquence en pourcentage

IC : Intervalle de Confiance

J : jour

N : Effectif total

Non sig : non significative

NPP : Nombre le Plus Probable

O MS : Organisation Mondiale de la Santé

ONU : Organisation des Nations Unies

REGIDESO : Régie pour la Distribution d'Eau

RS : l'eau désinfectée par rayon solaire

Sal : Salmonelle

SODIS : Désinfection de l'eau par Irradiation Solaire

SF : streptocoques fécaux

t : Temps de conservation

TR : Taux de Réduction

UFC : Unité Formant Colonie

UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'Education et la Culture

RESUME

Le maintien de la qualité de l' eau potable de la sortie de l'usine de traitement jusqu'aux consommateurs est une préoccupation majeure des traités et distributeurs d'eau. D'un point de vue biologique, ce maintien doit se caractériser par une stabilité de l'absence bactérienne. Or les réseaux de distribution d'eau potable sont continuellement exposés à un flux des microorganismes provenant de l'usine de traitement, mais également d'incidents (cassures, réparations) survenant sur le réseau lui-même ou encore au cours de la conservation.

A Kisangani, l'eau de boisson provenant de robinet de la Régideso, eau en sachet AQUA-Kis et eau traitée par rayon solaire ont été retenus pour l'analyse bactériologique.

Les dénombrements des coliformes et streptocoques fécaux ainsi que les Salmonelles ont été réalisés dans ces eaux de boissons et à différentes durée de conservation.

Du point de vue quantitatif, le dénombrement des germes a révélé que l'eau de robinet fournie par la REGIDESO ne répond pas aux normes de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine, l'eau en sachet dur « AQUA-kis » et celle traitée par rayon solaire, respecte les normes de potabilité. Cependant l'eau se dégrade après une conservation de plus de trois jours.

Ainsi la sensibilisation de la population restent indispensables pour s'assurer une bonne qualité de l'eau de boisson.

SUMMARY

The carriage of the quality of the potable water at the outing of the treatment factory until to user is a main preoccupation of the users and distribution of the water. One biologic point of view that the carriage must be characterized by a stability of the growing up of bacteria. So, the distribution's net of potable water are continually exposed to some microorganisms come from the treatment factory, but also incidents (crunck, repairing) come from the net itself or again during the conservation.

In Kisangani town, Drinking water come from REGIDESO tap in augh shuttle of water Aqua-Kis and truted water by solar ray were kept to for bacteriologic analyse.

The numbers of faecal Coliforms and streptocock and the Salmonels were realized the drinking water and different duration of the conservation.

In quatitative point of vew, the number of germes shows that the taep water gave by REGIDESO don't answer to ruler of quality of water designed to human using, the rought shuttle water "Aqua-Kis" and other truted by solar ray, respect the ruler of potability. So, the water degrade after a conservation of more three days.

So, the information and the sensibilisation to people remain indispensable to assure the quality of drinking water.

INTRODUCTION

L'eau, en tant que ressource cardinale pour la vie de l'humanité est aujourd'hui au centre des préoccupations des pouvoirs publics pour sa gestion durable. Cependant, cette ressource, bien qu'étant indispensable à la vie et à l'épanouissement de l'homme sur terre, pose partout dans les pays du tiers monde un problème d'exploitation, de gestion et de qualité.

L'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir en quantité dangereuse, ni substance chimique, ni germes nocifs pour la santé de ceux qui la consomment (OMS, 2005).

Il faut noter qu'en République Démocratique du Congo en général et plus particulièrement à Kisangani, la REGIDESO, institution étatique chargée de traiter et de distribuer l'eau potable à la population, a vraisemblablement échoué dans ses missions, cela suite à des interruptions fréquentes d'adduction d'eau et les fuites du réseau de distribution, à cela s'ajoute également la pénurie périodique des intrants destinés au traitement d'eau, affectant ainsi la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau. C'est ainsi que surgissent dans la ville de Kisangani des réseaux de traitement d'eau pour une distribution privée de l'eau potable. C'est fort de ce constat que plusieurs sociétés spécialistes de la distribution de cette ressource stratégique fleurissent à travers le monde.

En RDC, la distribution, la gestion, le contrôle et le suivi de l'eau potable ont été pendant longtemps sous la direction de la REGIDESO, une société d'exploitation des eaux naturelles destinées à la consommation humaine. Cependant, si pour certains Boyomais le problème de l'accès à l'eau potable ne se pose que sommairement, pour d'autres en revanche, le problème de la qualité de l'eau s'ajoute aux difficultés d'approvisionnement en eau potable qu'on y rencontre.

La problématique de l'eau potable à Kisangani peut se résumer à travers le questionnement suivant :

- Est-ce que l'eau de boisson traitée et vendue par AQUA-Kis ainsi que celle traitée par rayon solaire, répondent-elles aux valeurs limites et valeurs guides de l'OMS ?

- Une eau potable de bonne qualité se limite-t-elle à une eau limpide, sans saveur et inodore ?
- L'Eau pure d'AQUA-Kis et celle traitée par le rayon solaire conservent-elles sa potabilité ?

OBJECTIFS DE RECHERCHE

A. Objectif général

Faire des analyses microbiologiques de l'eau vendue (AQUA-Kis) et celle traitée par rayon solaire pour évaluer la potabilité.

B. Objectifs spécifiques

De façon spécifique, cette étude vise à :

- Dénombrer les coliformes et streptocoques fécaux, rechercher les Salmonelles dans l'eau (AQUA-Kis) et celle traitée par rayon solaire pour vérifier si l'eau potable n'est en aucun cas un danger pour la santé ;
- Déterminer les risques qu'encourent les populations en consommant l'eau non traitée ;
- Comparer l'eau vendue (AQUA-Kis) d'une part et l'eau traitée par rayon solaire d'autre part avec les recommandations de l'OMS en matière d'eau potable.

HYPOTHESE DE RECHERCHE

Comme toute recherche, celle-ci vise à élaborer des hypothèses dont l'analyse des résultats de terrain permettrait d'infirmer ou de confirmer. En tenant compte de processus de traitement.

- L'eau (AQUA-Kis) et celle traitée par rayon solaire sont potables et prêtes à la consommation ;
- La population consommatrice de l'eau (AQUA-Kis) et celle traitée par rayon solaire ne courent aucun risque pour la santé ;
- L'eau vendue (AQUA-Kis) et celle traitée par rayon solaire respectent les recommandations de l'OMS.

INTERET

Le présent travail revêt un intérêt important dans le domaine de la santé publique. Il permet la mise à jour des données sur la qualité de l'eau et faciliter la population pauvre d'avoir accès à l'eau potable et dans la promotion de la santé publique.

Le résultat de ce travail pourrait contribuer au renforcement des mesures à prendre pour l'accès à l'eau potable.

TRAVAUX ANTERIEURS

Plusieurs travaux ont été orientés et réalisés sur l'eau aussi bien à la Faculté des Sciences de l'UNIKIS qu'ailleurs. YASENGE (2012) ; BAELONGANDI (2013) et KAZADI (2012).

SUBDIVISION DU TRAVAIL

Notre travail est subdivisé en 3 chapitres essentiels, le premier étant précédé d'une introduction et portant sur les généralités ; le deuxième est consacré au matériel et méthodes, le troisième est consacré aux résultats et discussion suivi de la conclusion et recommandations.

CHAPITRE PREMIER : GENERALITES SUR L'EAU

L'eau est un composé chimique ubiquitaire sur la terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. En tant que composé essentiel à la vie, l'eau a une grande importance pour l'homme, source de vie et l'objet de culte depuis les origines de l'homme, l'eau est conjointement dans les sociétés d'abondance comme la France, un produit de l'économie et un élément majeur de l'environnement.

1.1. EAU DE BOISSON

Eau qui ne présente pas de risques pour la santé des utilisateurs, qui est agréable à boire et dont la qualité fait l'objet des dispositions législatives et réglementaires (www.granddictionnaire.com).

L'eau chimiquement pure ou eau distillée est créée par l'union de deux volumes d'hydrogène avec un volume d'oxygène. Cette eau n'a pas un goût agréable et est inapte à répondre aux besoins de notre organisme, auquel elle doit apporter des sels indispensables à la nutrition. Les conditions que doit remplir une eau potable, c'est à dire bonne à boire sont les suivantes : être limpide, transparente, d'un goût agréable, aérée, fraîche, sans odeur, propre à cuire les légumes sans les durcir et mousser avec le savon sans former les grumeaux (GALTIERE, 2004).

Les avancées de la bactériologie constituent donc un élément clef dans la définition de l'eau potable. Non seulement, à partir de cette date, on choisit les ressources en eau en fonction de la présence ou non de bactéries pathogènes mais, dès la fin du XIXème siècle, on comprend qu'une eau fraîche, limpide, sans saveur ni odeur n'est pas nécessairement synonyme d'eau potable. Une eau potable n'est pas le fait qu'elle soit « bonne à boire », mais bien qu'elle réponde à une norme établie par une réglementation.

Or les règlements sont eux aussi volatils, avec comme conséquence qu'une eau potable dans un pays ne l'est pas dans un autre et inversement, et que l'eau potable de 1965 n'est plus celle de 1980, ni celle de 2010 (KAZADI, 2012).

1.2. IMPORTANCE DE L'EAU DE BOISSON POUR LA SANTE

L'eau est la vie, l'eau est l'origine de la vie, elle doit être considérée comme un bien commun, plus précisément un bien public mondial (PETRELLA, 2010).

Etant donnée l'importance de l'eau dans notre corps, le respect de l'équilibre hydrique est fondamental pour notre vie. Une perte de 10% d'eau contenue dans le corps peut avoir des conséquences graves et la mort peut survenir lorsque cette perte atteint 20% (ONU-UNESCO, 2003).

L'eau exerce une influence sur la santé humaine du fait qu'elle joue un rôle capital dans la santé de l'homme, une eau peut transmettre diverses maladies : la fièvre typhoïde et paratyphoïde, le choléra, la dysenterie, la poliomyélite ainsi que diverses infections gastro-intestinales (CHEVAL, 1982).

L'approvisionnement en eau potable, des moyens d'assainissement de base et une bonne gestion des ressources en eau sont essentiels pour assurer la santé. Près d'un dixième de la charge de mobilité pourrait être évité :

- En améliorant l'accès à l'eau potable ;
- En améliorant l'hygiène et l'assainissement ;
- En améliorant la gestion de l'eau de manière à réduire les risques de maladies infectieuses à transmission hydrique et les risques de noyades pendant les activités récréatives.

Chaque année, une bonne gestion de l'eau permettrait d'éviter :

- 1,4 millions de décès d'enfants par diarrhée ;
- 500.000 décès par paludisme;
- 860.000 décès d'enfants par malnutrition ; et
- 280.000 décès par noyade.

En outre, cinq millions de personnes pourraient être protégées d'une incapacité grave due à la filariose lymphatique et cinq millions d'autres du trachome (OMS 2006).

1.3. BESOINS QUOTIDIENS EN EAU

Naturellement, l'homme a besoin d'un minimum de 27 à 100 litres d'eau par jours pour maintenir sa vie, c'est-à-dire pour répondre aux besoins vitaux (boisson, assainissement, hygiène corporelle et la cuisson des aliments). Même s'il doit adapter ses habitudes par rapport à l'eau, Gleick estime qu'en général 20 à 40 litres d'eau seraient le minimum indispensable pour répondre aux seuls besoins en boisson et assainissement (KAZADI, 2012).

La teneur en eau du corps diminue avec l'âge : 97% chez les fœtus, 75% chez le nourrisson, cette proportion se réduisant à 55% chez les personnes âgées. C'est le cerveau qui contient le plus d'eau avec un taux de 80% (ONU-UNESCO, 2003).

L'utilisation de l'eau en RDC est caractérisée par la prépondérance de la consommation domestique de l'eau, représentant environ 52% du prélèvement total. Ceci contraste avec la plupart des pays Africains, où l'eau est destinée prioritairement à un usage agricole. Etant donnée la dépendance à l'agriculture pluviale et la faible importance de l'irrigation, le secteur agricole compte pour 32% du prélèvement en eau, suivi par l'industrie comptant pour 16% (YASENGE, 2012).

1.4. EAU ET SANTE DE L'HOMME

Pendant des siècles, l'eau douce naturelle a pu être consommée sans souci majeur. Sa détérioration à grande échelle est un phénomène récent qui s'est aggravé ces cinquante dernières années. Chimiquement, biologiquement ou bactériologiquement, les causes de pollution sont nombreuses. Elles résultent toutes des activités humaines. « Tout déchet ou toute substance chimique déversée dans l'eau y est soit dissout, soit maintenu en suspension ». Cette loi de la nature est à l'origine de la propagation des polluants de l'eau.

L'eau est un élément clef de la vie terrestre. Elle est indispensable au fonctionnement de l'organisme. L'eau représente 70% du poids corporel de l'homme et 80% de celui de l'enfant. Ainsi, le 2/3 de l'eau présente dans le corps humain est reparti dans 50.000 milliards de cellules, 5% sous forme de plasma sanguin et 15% constitue le liquide interstitiel. Boire apparaît donc comme indispensable, on ne peut se priver d'eau de 2 à 5 jours ; Ainsi la sensation de soif résulte avant tout du constant par nos cellules d'un déficit hydrique. Nos besoins en eau changent et notre organisme réclame une eau et une minéralité différente.

Ainsi, bébés, adolescents, adultes et sportifs n'ont pas les mêmes besoins. Ces besoins sont estimés entre 1,5 à 5 litres d'eau par jour (KAZADI, 2012).

L'eau influe favorablement ou défavorablement sur notre santé. Pour apprécier la qualité de l'eau et ses effets sur la santé, il faut analyser les risques induits par la consommation de l'eau polluée. Les dangers potentiellement présents dans une eau sont soit des molécules chimiques toxiques, soit des micro-organismes (vers intestinaux, virus, bactéries, protozoaires). En RD Congo, les maladies hydriques fréquentes sont : le choléra, la dysenterie, la fièvre typhoïde, la bilharziose (toutes ces maladies sont liées essentiellement aux micro-organismes) et le goitre qui favorise l'hyperthyroïdie due à l'absence d'iode dans l'eau.

1.5. DROIT A L'EAU

Etant donné l'importance de l'eau, le droit à l'eau est le droit pour toute personne, quel que soit son niveau économique de disposer d'une quantité minimale d'eau de bonne qualité qui soit suffisante pour la vie et la santé. Vu l'indispensable nécessité de « l'eau », une journée mondiale de l'eau a été instituée par la résolution de 47/193 du 22 Décembre 1992 de l'Assemblée Générale des Nations-Unies, qui constitue en fait une occasion unique de rappeler à tous et à chacun qu'une action concrète en vue d'avoir une eau saine et d'accroître la sensibilisation aux problèmes et aux solutions dans le monde entier peut nous aider à faire la différence.

L'Assemblée Générale des Nations-Unies a adopté en date du Mercredi, 28 Juillet 2010 une résolution reconnaissant l'accès à l'eau potable et à l'assainissement comme un droit humain (KAZADI, 2012).

1.6. APPROVISIONNEMENT DE L'EAU

L'approvisionnement de la population en eau potable est l'un des plus grand problèmes en RDC en général et dans la Ville de Kisangani en particulier car l'eau potable n'est pas accessible à une grande partie de la population, surtout en région rurale. La population de la Ville de Kisangani s'approvisionne de l'eau potable à partir de l'usine de traitement d'eau de la Régideso.

La Régideso est une entreprise publique à caractère technique, industriel et commercial dotée de la personnalité juridique. Créée en 1939, elle est régie actuellement par les dispositions générales de la loi cadre applicable aux entreprises publiques et par ses propres statuts. Sa mission est d'étudier, d'installer et de gérer la population et la distribution d'eau à travers le pays. Mais, l'enjeu pour cette régie consiste à parvenir à mobiliser les immenses ressources en eau dont regorge la RDC, à assurer leur potabilité et à les distribuer à la population (REGIDESO, 1985).

Toutefois, les usines de traitement d'eau de la Régideso échouent souvent dans leurs tâches à produire une eau potable de qualité suite au manque des pièces de rechanges disponibles et fiables, associées à des interruptions fréquentes de l'adduction d'eau et les fuites du réseau de distribution.

De plus, la croissance rapide de la population urbaine ajoute un stress supplémentaire sur les infrastructures d'eau et d'évacuation des déchets existantes et crée d'énormes problèmes dans la planification et la construction de toute nouvelle infrastructure.

Par conséquent, les habitants n'ont souvent accès qu'à une eau de qualité insuffisante. C'est pourquoi, certaines entreprises comme AQUA-Kis et chaque ménage sont de ce fait responsables du traitement de l'eau destinée à la consommation.

1.7. EAU CONDITIONNEE

Les eaux conditionnées regroupent les eaux embouteillées et les eaux embonbonnées, et trois qualités d'eau peuvent être conditionnées : les eaux minérales naturelles, les eaux de sources et les eaux rendues potables par traitement (www.santé.gouv.fr).

Outre les pénuries en eau, les besoins réels d'amélioration de la santé ont également contribué à une intensification du commerce de l'eau en bouteille et en sachet. Il est de plus en plus reconnu que les fournisseurs traditionnels d'eau de table, tels les systèmes d'approvisionnement en eaux publiques et privées peuvent être incapables, dans bon nombre de cas ou en toute circonstance, de garantir la sécurité microbiologique, chimique et physique

de leur produit dans la même mesure qu'au paravent(crdp.ac-bordeaux.fr/cddp40/.../eau_embouteillage.pdf, 2014).

L'eau en bouteille et en sachet semi industriel est une eau conditionnée et destinée à la consommation humaine. Il existe plusieurs catégories d'eau conditionnée, et chacune doit répondre à des caractéristiques conformes aux réglementations qui varient selon les pays.

1.8. EAU VENDUE EN SACHET EN RD CONGO

La vente d'eau en sachet en RD Congo est devenue monnaie courante suite à la crise politique après la Zaïrianisation. C'était le 30 Novembre 1973 ; puis le pillage de 1991 et 1993, avec comme conséquence directe la fermeture des entreprises. Les blancs sont retournés chez eux, la désolation était prévisible.

C'est donc suite à cela que beaucoup de chômeurs ont été comptés. La population a voulu chercher quoi faire pour survivre. Le phénomène vendeur de rue est né. Ces vendeurs ambulants sont allés jusqu'à la vente d'eau en sachet. Des gens qui avaient des congélateurs se sont ligués pour vendre de l'eau en sachet, peu importe la qualité de celle-ci.

De 1995 à 1997 l'accent est devenu plus élevé. Puis la prolifération des usines pour la vente d'eau en sachet, communément appelée « eau pure » a favorisé un commerce qui, pour d'autres familles, contribue à nourrir leurs enfants.

La demande en eau potable et la rentabilité du commerce de « l'eau pure » ont multiplié le nombre de producteurs d'eau en sachet, sans que les contrôles d'hygiène arrivent à suivre cette expansion. L'« eau pure » vendue dans les rues rafraichit les habitants, mais les expose dès lors à des maladies d'origine hydrique.

Beaucoup d'opérateurs économiques se sont dès lors tournés vers la vente d'eau en sachet, très rentable. Les contrôles de qualité ne suivent malheureusement pas l'expansion du secteur, majoritairement informel. Seules les entreprises qui se déclarent au tribunal de commerce reçoivent la visite d'un inspecteur de l'Office Congolais de Contrôle (OCC), qui vérifie les méthodes de production et de purification de l'eau.

L'eau AQUA-Kis provient de la Régideso. Grace à une machine, cette eau puisée et purifiée avec un désinfectant puis mise en bidon, bouteille et sachet.

L'entreprise AQUA-Kis conditionne l'eau en petit sachet accessible à la petite bourse, vise au final à éliminer progressivement le phénomène de vente d'eau en sachet mal conditionné. Son usine fonctionne avec décantation de l'eau, puis de nombreux filtres et en dernier lieu passe aux rayons ultraviolets.

A Kisangani, comme du reste dans toutes les grandes villes de la RD Congo, le phénomène vente ambulante d'eau en sachet pollue dangereusement l'environnement dans la mesure où après consommation, les sachets sont jetés à même le sol. Le service de voirie étant presque inexistant, ces sachets s'accumulent et forment des monticules des déchets que personne ne s'occupe pour recycler ; conséquence, c'est la santé des familles qui s'en retourne en péril.

1.9. TRAITEMENT DE L'EAU

De nombreuses nappes d'eau souterraines sont de bonne qualité bactériologique et indemnes de minéraux nuisibles, on peut donc les utiliser sans traitement à condition que les puits et les sources soient convenablement situés et exploités et, d'une manière générale, bien protégés. Mais les eaux de surface sont exposées à la pollution directe et ne répondent pas en général aux normes de qualités applicables aux eaux potables.

Le degré et le type de traitement à appliquer dépendent des caractéristiques de l'eau et son degré de pollution du point de vue de la santé publique. L'objectif du traitement est d'assurer à la population la distribution d'une eau potable de bonne qualité hygiénique ne contenant des substances toxiques qu'à des concentrations suffisamment faibles, de goût et d'odeur agréables, assez douces non corrosive et à très faible teneur en fer et manganèse pour éviter de tâcher les linges et les installations sanitaires.

Dans la deuxième moitié du 19^{ème} siècle, Pasteur fonde la Microbiologie et déclare « nous buvons 90% de nos maladies ». Cette affirmation constitue une nouvelle définition de l'eau potable et ouvre la voie aux traitements (MEIERHOFER ET WEGELIN, 2005).

Cependant, avec les découvertes de Pasteur, on comprend qu'une eau fraîche, limpide et sans saveur n'est pas forcément bonne à boire. A partir de cette idée se développent les traitements en désinfectant. Au cours du 19^{ème} siècle, l'idée de l'utilisateur de produits chimiques pour l'eau se développe.

L'iode, l'acide citrique, le permanganate sont efficaces pour éliminer les bactéries. En 1907, la Ville de NICE quant à elle, fait un autre choix pour désinfecter son eau avec l'ozonation. Le chlore quant à lui s'impose définitivement. Aujourd'hui 99% des unités de production d'eau potable utilisent le chlore (MEIERHOFER ET WEGELIN, 2005).

1.9.1. Normes de potabilité bactériologique de l'eau

Les normes de qualité bactériologique concernant l'eau conditionnée en général sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau I : Norme de qualité bactériologique de l'eau conditionnée (OMS, 1989).

Eau conditionnée	
Germes	Concentrations
<i>Escherichia coli</i>	0/250 ml
Entérocoques	0/250 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0/250 ml
Germes aérobies reviviscibles	22°C = 100/ ml 37°C = 20/ ml
Bactéries sulfito-réductrices (y compris les spores)	0/1 ml
Salmonella	0/1 ml

En République Démocratique du Congo, les normes et réglementations en vigueur, sont celles de l'Office Congolais de Contrôle relative à l'eau de boisson et à l'eau minérale naturelle issues des directives de l'OMS en 1977.

L'eau source de vie est parfois source de nombreuses maladies lorsqu'elle ne respecte pas les normes requises. C'est la raison pour laquelle l'OCC fixe les normes de qualités bactériologiques de l'eau de distribution nationale répertoriées dans le tableau II.

Tableau II : Critères bactériologiques des eaux destinées à la consommation humaine (OCC, 2013).

Eau de distribution nationale	
Germes	Concentration
Coliformes fécaux (N/100ml)	< 10
Streptocoques fécaux (N/100ml)	< 10
Salmonella (N/1ml)	0/1 ml

1.9.2. Traitement de l'eau au niveau domestique

Il existe plusieurs méthodes pour le traitement de l'eau afin de réduire la contamination fécale au niveau domestique :

1.9.2.1. Le Stockage de l'eau

C'est une méthode simple pour améliorer la qualité de l'eau au niveau de l'habitat individuel. Toutefois la sédimentation simple n'élimine que partiellement la turbidité et les coliformes fécaux.

1.9.2.2. La Pasteurisation de l'eau

La Pasteurisation de l'eau a le même effet que l'ébullition mais se fait à température de 70-75°C seulement et nécessite un temps d'exposition plus long, d'environ 30 minutes.

1.9.2.3. La filtration de l'eau

La filtration de l'eau par de simples systèmes de filtre utilisables au niveau domestique tels que des filtres bougies en céramique, filtres à cailloux et sable, qui éliminent une grande partie des matières solides, mais ne peuvent pas retirer tous les microorganismes (MEIERHOFER ET WEGELIN, 2005).

Les filtres disponibles sur le marché sont relativement coûteux et les filtres réalisés avec les matériaux disponibles localement sont généralement d'une efficacité limitée au regard de l'amélioration de la qualité microbiologique de l'eau obtenue.

1.9.2.4. La désinfection de l'eau avec du chlore

Cette méthode est utilisée pour tuer les microorganismes (Bactéries et virus), mais n'est pas suffisamment efficace pour inactiver des parasites pathogènes (Par exemple *Giardia*, *Cryptosporidium* et œufs d'helminthes). Ce type de traitement nécessite l'accès à du chlore sous forme de liquide ou de poudre. Le chlore étant une substance dangereuse et corrosive, son emploi nécessite une certaine compétence. L'eau traitée avec du chlore a un goût que beaucoup d'utilisateurs n'apprécient pas (MEIERHOFER ET WEGELIN, 2005).

1.9.2.5. L'ébullition de l'eau

Faire bouillir l'eau tue les pathogènes viraux, parasitaires et bactériens. La durée recommandée pour l'ébullition est de 10 minutes.

Le plus grand désavantage de cette méthode réside dans son coût énergétique important qui le rend insoutenable du point de vue économique et environnemental.

1.9.2.6. La désinfection de l'eau par le solaire (SODIS)

La recherche sur la désinfection de l'eau par le solaire fut initiée par le Professeur Aftim Acra à l'Université de Beirut. Le travail d'Acra motiva l'Integrated Rural Energy systems associations (INRESA) à lancer un projet en réseau en 1985. Puis le Brace Research Institute à Montréal organisa un atelier en 1988 afin de revoir les résultats de cette étude de terrain.

En 1991, une équipe interdisciplinaire composée d'ingénieurs en assainissement, de photochimistes, de bactériologistes ainsi que de virologistes de l'EAWAG/SANDEC se lança dans des tests exhaustifs de laboratoire et de terrain afin d'évaluer le potentiel de SODIS et de développer une méthode de traitement de l'eau qui soit efficace, durable et bon marché.

Par le passé, deux différents procédés de traitement de l'eau utilisant l'énergie solaire étaient utilisées pour améliorer la qualité microbiologique de l'eau. Le premier : le rayonnement UV, était utilisé pour son effet bactéricide. Le second, l'infra rouge pour

l'augmenter la température de l'eau et connu sous le nom de pasteurisation. Pendant la première phase de la recherche, les chercheurs de l'EAWAG ont combiné ces deux effets et découvert une forte synergie entre rayonnement UV et chaleur (MEIERHOFER, et WEGELIN, 2005).

Le SODIS fait partie de notre étude. C'est une méthode de traitement simple qu'utilise le rayonnement solaire (lumière UV-A et température) pour détruire les bactéries et les virus pathogènes présents dans l'eau.

1.10. LES MALADIES LIEES A L'EAU

L'organisation mondiale de la santé estime que 90% des maladies sur terre sont directement liées à l'eau. On trouve 400 millions de gastro-entérites, 200 millions de bilharziose, 160 millions de paludisme et 300 millions d'onchocercose, 50% de cas de mortalités infantiles sont dues aux eaux polluées (OMS, 2006).

Tableau III : Quelques maladies véhiculées par l'eau (CHEVAL, 1982)

Origine	Maladie	Agent causal
Bactérienne	Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>
	Dysenterie bacillaire	<i>Shigella dysenteriae</i>
	Fièvre typhoïde	<i>Salmonella typhi</i>
Protozoaire	Dysenterie amibienne	<i>Entamoeba histolytica</i>
Virale	Poliomyélite	Poliovirus
	Pharyngite	Adénovirus

1.11. BACTERIES DE POLLUTION FECALE ET BACTERIES PATHOGENES

1.11.1. Les coliformes fécaux

Les Coliformes constituent le groupe de bactéries appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* et comprenant tous les bacilles en bâtonnet gram négatif, non sporulés. Les coliformes sont communément trouvés dans les intestins de l'homme et des animaux, mais certaines bactéries de ce groupe n'ont pas une origine exclusivement fécale.

Ils se trouvent également dans le sol non contaminé, dans l'air et dans les différentes autres substances : végétaux, œufs, lait et animaux. Les coliformes dits « fécaux » sont considérés comme de germes d'origine exclusivement, *Enterobacter*, *Escherichia* et *Klebsiella* ; fermentent le lactose à fécale qui comprennent les espèces des genres : *Citrobacter* 44,5°C en moins de 24 heures avec formation d'acide et de gaz tandis que les coliformes non fécaux (*Clostridium sulfito-réducteur*) ne le font pas (RODIER, 1978).

Dans l'analyse de l'eau, les coliformes en tant qu'organismes indicateurs sont intéressants à deux points de vue : les coliformes vivant en abondance dans les intestins des animaux à sang chaud, s'y trouvent en général en plus grand nombre que les microorganismes pathogènes et lorsqu'ils sont éliminés, ils résistent mieux que les pathogènes aux conditions de l'environnement (eau, sol, température). Il est utile de rappeler que pratiquement tous les coliformes peuvent exister dans les matières fécales, mais alors certains sont également les hôtes habituels du sol et des eaux. D'autres ne peuvent vivre que dans la matière fécale, la présence de ces derniers dans l'eau est la preuve qu'elle a subi une contamination par des matières fécales (RODIER, 1978).

Tableau IV : Classification du risque pour la santé en fonction de la concentration en coliformes fécaux.

Nombre de coliformes F. /100ml	Remarque
0	En accord avec les guidelines de l'OMS
1-10	Bas-risque
10-100	Risque intermédiaire
100-1000	Haut-risque
> 1000	Très haut risque

1.11.2. Streptocoques fécaux

L'aspect médical révèle que les streptocoques, sont des microcoques disposés en chainettes, les uns aérobies, les autres anaérobies. Les streptocoques saprophytes de la gorge et du nez, hôtes normaux de l'homme, deviennent rarement pathogènes, c'est le streptocoque hémolytique de la fièvre puerpérale, des phlegmons, des angines, des broncho-pneumonies, qui est le véritable streptocoque pathogène. Le *Streptococcus viridans* est le germe de l'endocardite infectieuse à forme lente (GALTIERE, 2004).

Les streptocoques fécaux sont des bactéries gram positif, aérobie facultatif, appartenant à la famille des Streptococaceae, immobile et non sporulé, sans capsule et sans pigment.

Ils ne supportent pas l'acidité, coagulent le lait et forment des colonies rondes et blanches sur la gélose. Ils sont saprophytes sur muqueuse de la cavité buccale, du larynx et sur la peau. Tout comme *E. coli*, les streptocoques fécaux sont des témoins de la pollution fécale des eaux de consommation et cela quelle que soit l'espèce mise en évidence. Ils peuvent tolérer 5,5% de sel et se développer au pH 9,6 ; ils sont capables de survivre à la pasteurisation et se multiplient à des températures variant entre 5 à 80°C (BAELONGANDI, 2013).

1.11.3. Les Salmonelles

Les Salmonelles sont des entérobactéries bacilles à gram négatif, mobiles pour la plupart mais certaines sont immobiles, aérobies, non sporulées, mésophiles, thermosensibles. On connaît actuellement plus de 1800 Sérotypes. *Salmonella typhi* et *Salmonella paratyphi* A, B,C sont strictement adaptés à l'homme. *Salmonella typhi* est plus redoutée par sa fréquence et sa gravité.

Il est nécessaire d'avoir 5.10^5 à 10^7 germes/litre pour déclencher une intoxication. Cependant, un seul germe de *Salmonella typhi* peut entraîner la typhoïde (OMS, 1988).

Les Salmonelles peuvent survivre plusieurs semaines en milieu sec et plusieurs mois dans l'eau. Elles se trouvent donc fréquemment dans les milieux aquatiques pollués, la

contamination par les excréments d'animaux porteurs étant très importante. Les vertébrés aquatiques, notamment les oiseaux (Anatidés) et les reptiles (Chéloniens) sont d'importants vecteurs de Salmonelles. Les volailles, les bovins et les ovins étant des animaux fréquemment contaminants, les Salmonelles peuvent se trouver dans les aliments, notamment les viandes, le lait, et en œuf dont la coquille est fêlée (www.help.salmonelle.com).

CHAPITRE DEUXIEME : MATERIEL ET METHODES

2.1. MATERIEL

2.1.1. Matériel de prélèvement

Il est constitué d'une glacière contenant des carboglaces congelées pour le transport des échantillons.

Matériel de laboratoire : il s'agit du matériel habituel des laboratoires de microbiologie. Il peut être regroupé en quatre catégories : les milieux de cultures et les réactifs, le matériel de stérilisation, le matériel d'incubation, la verrerie et les instruments de prise d'essais.

Matériel biologique : il est constitué essentiellement d'eau de robinet : Robinet de la Régideso, eau traitée par rayon solaire et eau en sachet de type semi industriel de AQUA-Kis.

2.1.2. Description des points de prélèvement

Nos investigations ont été effectuées sur l'eau de robinet disposée par la Régideso et aussi ce dernier est la source d'approvisionnement de l'usine AQUA-Kis pour le traitement de l'eau et la commercialisation déjà dans des bidons, bouteilles et sachets. L'usine AQUA-Kis est située sur l'Avenue MPOLO N°3B C/MAKISO. AQUA-Kis a été choisi en tenant compte de la fréquence des usagers de ce produit.

2.2. METHODES

2.2.1. Site et durée de l'étude

L'étude a été réalisée à Kisangani, ville formée d'un rassemblement de quartiers hétérogènes dont le niveau de développement est variable. En fait, face à une croissance rapide de sa population, les infrastructures de la ville n'ont pas été développées en conséquence.

Ainsi, le Centre-ville, plus ancien, est largement pourvu de robinets à domicile ou de bornes fontaines, alors que la population des autres quartiers dépend d'une importante variété de types de points d'eau. L'étude s'est déroulée de Mars en Mai 2014.

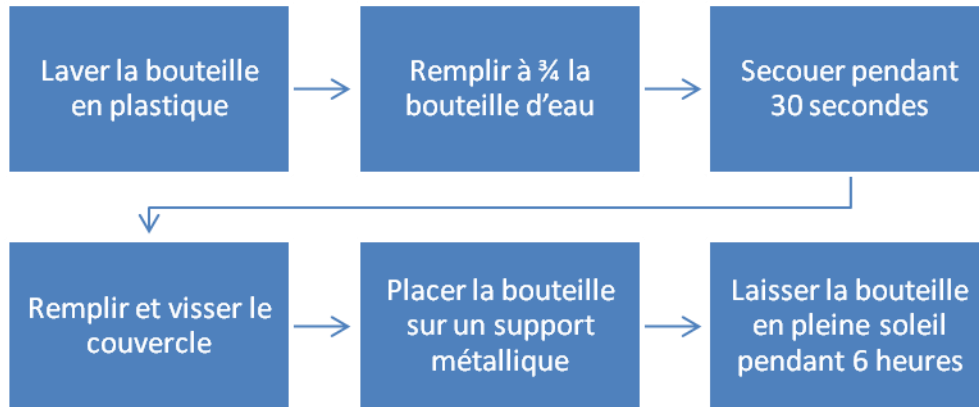


Figure I : Procédé de traitement de l'eau par rayon solaire (MEIERHOFER ET WEGELIN, 2005).

2.2.2. Prélèvement des échantillons

En premier lieu : l'eau de robinet a été prélevée très tôt le matin à la Faculté des Sciences, aux environs de 7 heures dans deux bouteilles, lavées au préalable à l'eau savonnée et rincées avec l'eau à analyser. Parmi ces deux bouteilles d'eau de robinet :

- Une bouteille en verre (Erlen meyer) d'eau est analysée directement après prélèvement ;
- Une autre en plastique est analysée après désinfection par le rayonnement solaire à la Faculté des Sciences.

En second lieu : le produit AQUA-Kis a été prélevé auprès des vendeurs d'alimentation, soit de boutique ou encore de cafeteria ; puis analysé en même temps ($t=0$) que les deux autres échantillons.

Les 21 échantillons analysés ont été prélevés en 7 points d'eau différents, soit trois répétitions dans chaque point d'eau.

Les sept points d'eau sont : eau de robinet de Régideso, eau en sachet AQUA-Kis I (sans conservation), eau en sachet AQUA-Kis II (4 jours après conservation), eau en sachet AQUA-Kis III (8 jours après conservation), eau traitée par rayon solaire I (sans conservation), eau traitée par rayon solaire II (4 jours après conservation) et eau traitée par rayon solaire III (8 jours après conservation).

Les échantillons prélevés ont fait l'objet d'un suivi au laboratoire de microbiologie de la Faculté des Sciences. Ils ont permis de suivre l'évolution bactérienne pendant huit jours en stockage réfrigéré.

Le jour même de traitement, l'eau est analysée et le reste conservée au réfrigérateur pour suivre l'évolution.

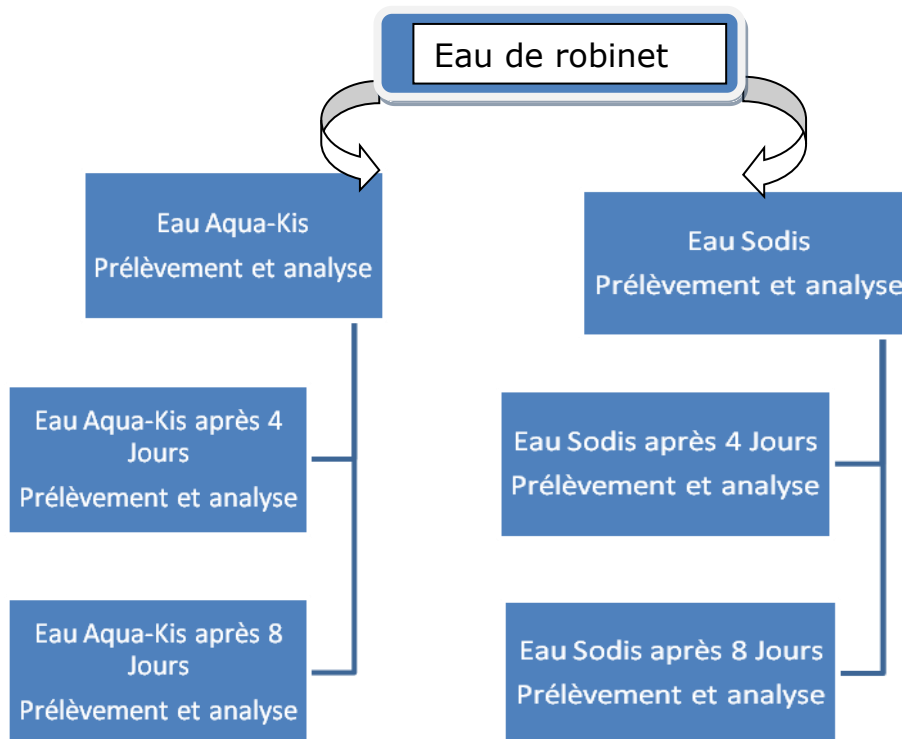


Figure II : Chaîne de traitement d'échantillonnage

2.3. ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

2.3.1. Dénombrement de coliformes fécaux

Les Coliformes fécaux dénombrés dans le bouillon lactosé selon la technique de fermentation en tubes multiples de la manière suivante : trois séries de trois tubes à essai contenant chacune 10 ml de milieu de culture avec des tubes durhans ont été disposés.

A chaque tube de la première série dont la concentration du milieu de culture est doublée, on ensemence 10 ml d'eau à analyser ; dans les tubes de la deuxième et troisième série ayant une concentration simple, on ensemence respectivement 1 ml et 0,1 ml d'eau à analyser.

Après 48 heures d'incubation à 44°C, les tubes dans lesquels il y a production d'acide et de gaz sont considérés positifs. Le nombre le plus probable (NPP) des coliformes présumés présents dans 100 ml d'eau analysée est obtenue en se référant aux tableaux de Mac Grady (LAMBERT, 1989 ; RODIER, 1978).

2.3.2. Dénombrement des streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux ont été dénombrés dans le lait de Sherman coloré au bleu de méthylène d'après la technique de fermentation en tubes multiples telle que : trois séries de trois tubes à essai contenant chacun 10 ml de milieu (9 ml de lait plus 1 ml de bleu de méthylène 1%).

A chaque tube de la première série dont la concentration du milieu d'inoculation est double, on ensemence 10 ml d'eau à analyser, dans ceux de la deuxième et troisième série ayant une concentration simple, on ensemence respectivement 1 ml et 0,1 ml d'eau à analyser.

Après 24 heures d'incubation à 37°C, des tubes dans lesquels il y a décoloration et coagulation du lait étaient considérés positifs.

Le NPP des streptocoques présumés présents dans 100 ml d'eau analysée et obtenue en nous référant aux tableaux de Mac Grady (RODIER, 1978).

2.3.3. Recherche de Salmonella

1 ml d'échantillon à analyser est prélevé puisensemencé dans un tube à essai contenant 10 ml de bouillon au sélénite pour l'enrichissement. Après 24 heures d'incubation à 37°C, 1 ml d'inoculum est prélevé etensemencé dans 15 ml de SS-Agar par la technique d'arobage dans une boîte de Pétri. L'incubation était faite à 37°C pendant 24 heures. Les colonies rougeâtres ayant poussé les profondeurs sont dénombrées. Les résultats exprimés en UFC/ml (DIOUF, 1982).

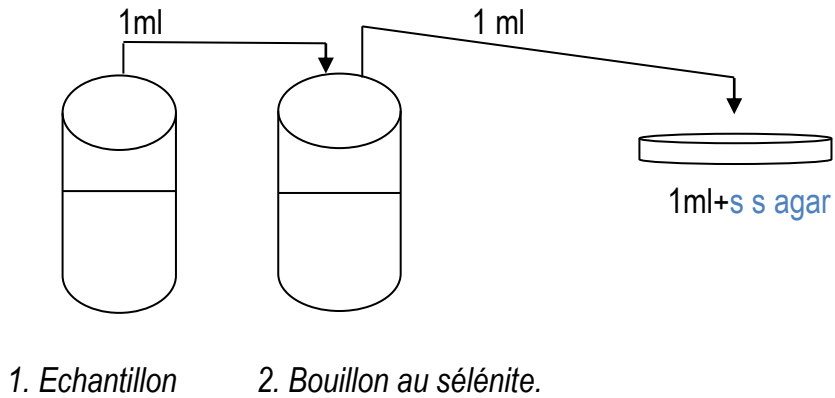


Figure III : Procédé de recherche des Salmonelles (DIOUF ,1982).

2.4. TRAITEMENT DES DONNEES

Pour analyser et interpréter les résultats obtenus, nous avons recouru aux calculs ci-dessous ainsi que au logiciel R.2.10.0

1. **Le Taux de Réduction (TR)** : il est trouvé suivant deux formules :

$$F (\%) = \frac{n}{N} \times 100 \text{ ou soit } T.R = \frac{NPP \text{ après désinfection}}{NPP \text{ avant désinfection}} \times 100$$

2. **Le Taux de Réduction en %**

$$\% = 100 - TR \text{ ou } 100 - F$$

CHAPITRE TROISIEME : RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de nos analyses sont repris dans les tableaux V, VI et VII

Tableau V : Dénombrement des coliformes et streptocoques fécaux exprimé en NPP/100ml et Salmonelle en UFC/ml.

Site	Germes	Echantillons			\bar{X}
		E1	E2	E3	
Régideso	CF/100 ml	0	39	4	14,33
	SF/100 ml	0	11	0	3,667
	Sal/1 ml	0	9	0	3
RS à t=0 jour	CF/100 ml	0	0	0	0
	SF/100 ml	0	3	0	1
	Sal/1 ml	0	0	0	0
RS à t=4 jours	CF/100 ml	0	0	0	0
	SF/100 ml	0	4	0	1,333
	Sal/1 ml	0	4	0	1,333
RS à t=8 jours	CF/100 ml	9	14	0	7,667
	SF/100 ml	39	7	15	20,33
	Sal/1 ml	0	10	7	5,667
AQ à t=0 jour	CF/100 ml	0	0	0	0
	SF/100 ml	0	3	4	2,333
	Sal/1 ml	0	0	0	0
AQ à t=4 jours	CF/100 ml	0	0	4	1,333
	SF/100 ml	11	3	4	6
	Sal/1 ml	0	9	11,5	6,833
AQ à t=8 jours	CF/100 ml	0	4	4	2,667
	SF/100 ml	93	11	9	37,67
	Sal/1 ml	35	25,5	22	27,5

Après le traitement de l'eau par la Régideso, nous constatons dans le tableau V que l'eau contient en moyenne 14,3 NPP/100 ml de coliformes, 3,667 NPP/100ml streptocoques fécaux et 3 colonies de Salmonelle par ml d'eau.

L'eau fournie par la REGIDESO ne répond pas aux normes de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine, des coliformes, streptocoques fécaux et salmonelles ont été identifiés dans l'eau fournie par la Régideso et cela depuis l'usine jusqu'au niveau de robinet, cependant, les normes d'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir aucun organisme pathogène.

Quant à ce qui concerne la qualité microbiologique de l'eau de la Régideso traitée par l'entreprise AQUA-kis et mise en sachet et celle traitée par rayon solaire, nous avons trouvé que l'eau AQUA-Kis mise en sachet ne contenait aucune colonie des Salmonella, ni coliformes fécaux mais en moyenne 2,333 NPP dans 100 ml de Streptocoques fécaux.

Ces résultats ne contredisent pas ceux de l'étude de ABOLI (2005) qui présentait les échantillons de la commune du Plateau comme ne présentant aucun des germes recherchés (THIERRY AMOIN, 2005).

Après traitement de l'eau par rayon solaire, le tableau révèle l'absence de coliformes fécaux et Salmonelle tandis que le nombre de streptocoques fécaux était en moyenne de 1 NPP/100 ml.

En se référant aux normes de potabilité de l'eau de l'OCC, l'eau traitée par AQUA Kis et celle traitée par rayon solaire est propre à la consommation humaine du fait qu'elle n'est pas polluée par les contaminations fécales. Pour ce qui concerne l'eau des robinets nous avons trouvé que l'eau n'est pas de bonne qualité microbiologique, ce qui explique sa contamination d'origine fécale et sa perte de qualité suite à la tuyauterie et au parcourt dans différents réseaux avant la livraison.

Nos résultats sont proches à ceux de KAZADI (2012) qui a trouvé les valeurs moyennes de nombre des Coliformes fécaux dans 100 ml d'eau analysée dans les différents

robinets de la ville de Kisangani qui varient de 0 à 5,92 UFC/100 ml tandis que ceux des streptocoques fécaux varient de 0 à 2,417 UFC/100 ml.

Tableau VI : Efficacité de traitement de l'eau par rapport aux Coliformes et Streptocoques fécaux en fonction de temps de conservation d'eau.

Sites	Germes	t= 0 jour	t= 4 jours	t= 8 jours	TR en %
REGIDESO	CF/100ml	14,3			
	SF/100ml	3,667			
RS I	CF/100ml	0			100
	SF/100ml	1			72,7
RS II	CF/100ml		0		100
	SF/100ml		1,33		63,7
RS III	CF/100ml			7,667	46,38
	SF/100ml			20,3	SR
AQUA I	CF/100ml	0			100
	SF/100ml	2,33			36,33
AQUA II	CF/100ml		1,3		90,6
	SF/100ml		6		SR
AQUA III	CF/100ml			2,66	81,39
	SF/100ml			37,66	SR

Le tableau VI montre que l'eau de la Régideso avait 14,3 NPP/100 ml de CF. Après traitement de cette eau par rayon solaire et par AQUA-Kis, le nombre de germe devient 0 NPP/100ml avec comme taux de réduction de 100%.

En ce qui concerne les SF, l'eau de la Régideso avait 3,667 NPP/100 ml de SF. Après traitement de cette eau par rayon solaire et par AQUA-Kis, le nombre de germe devient respectivement 1 NPP/100ml avec un taux de réduction de 72,7% et 2,33 NPP/100ml avec comme taux de réduction 36,33%. Nous observons en outre qu'après la conservation, la qualité bactériologique de l'eau AQUA-Kis commence à se dégrader avec l'augmentation de

nombre des germes. Après 4 jours de conservation, le nombre de CF passe de 0 à 1,3 NPP/100 ml et le nombre de SF passe de 2,33 à 6 NPP/100 ml. Après 8 jours, le nombre de CF passe de 0 à 2,66 NPP/100 ml.

Le même constat a été observé pour l'eau traitée par le rayon solaire. Après 4 jours de conservation, le nombre de CF reste 0 NPP/100 ml et le nombre de SF passe de 1 à 1,33 NPP/100 ml. Après 8 jours, le nombre de CF passe de 0 à 7,667 NPP/100 ml et ceux de SF passe de 1 à 20,3 NPP/100 ml

Nous pensons comme TOMKIN (1978) et KAZADI (2012), qui ont montré que l'entreposage de l'eau dans des récipients protégés de toute source de contamination pendant la nuit, pouvait réduire la contamination bactérienne de façon importante. Généralement, on pense que la qualité de l'eau entreposée aura plutôt tendance à se dégrader (ESKEY *et al.* 1985; SAUNDER et WARFORD, 1976). Une telle dégradation a été observée en Égypte (EL KATSHA et WHITE, 1989), où de l'eau de robinet contenant à l'origine très peu de CF (1 et 14 UFC par 100 ml) en contenait plus de 500 après entreposage.

La durée de stockage de l'eau dans les domiciles semble être un facteur important de détérioration de la qualité de l'eau. On remarque que plus la durée de stockage est longue, plus la qualité de l'eau se détériore.

LESEAU, (2005) a montré qu'à trois jours, plus de 80% des échantillons d'eau analysés sont de mauvaise qualité. Les ménages qui ont de l'eau courante à la maison ne font pas de stockage pendant une longue durée de leur eau de consommation, ils sont alors moins exposés aux risques sanitaires que les autres.

Des études réalisées sur des réseaux de distribution d'eau potable d'assez grande étendue, ont permis l'observation de variations de la qualité microbiologique des eaux transportées le long du système de distribution (MATHIEU *et al.*, 1998; SERVAIS *et al.*, 1995).

L'augmentation du temps de séjour de l'eau dans le réseau s'accompagne de celle de la densité bactérienne (sauf quand il ya présence de postes de rechloration sur le

réseau), traduisant une dynamique bactérienne. De cette dynamique résulte l'instabilité biologique de certains réseaux de distribution d'eau potable. La comparaison statistique des moyennes des échantillons par le logiciel R.2.10.0 est représentée dans le tableau qui suit.

Tableau VII : Comparaison statistique des moyennes des échantillons par le logiciel R. 2.10.0.

Germes	Sites	Moyenne	df	IC à 5%	t-student	p-value	Décision
CF	Régideso RS à t=0 j	14.33333 0	2	-15.21034 -13.45632	-1.1571	0.3668	Non sig
SF	Régideso RS à t=0 j	3.666667 1.000000	2.296	-2.931770 -2.401564	-0.7016	0.5473	Non sig
CF	Régideso AQ à t=0 j	14.33333 0	2	-15.21034 -13.45632	-1.1571	0.3668	Non sig
SF	Régideso AQ à t=0 j	3.666667 2.333333	2.425	-1.601029 -1.065637	-0.3455	0.7574	Non sig
CF	RS AQ à t=4 j	0.000000 1.333333	2	1.238934 1.427732	1	0.4226	Non sig
SF	RS AQ à t=4 j	1.333333 6.000000	3.041	4.472961 4.860372	1.6386	0.1986	Non sig
CF	RS AQ à t=8 j	7.666667 2.666667	2.419	-5.298915 -4.701085	-1.1607	0.3474	Non sig
SF	RS AQ à t=8 j	20.33333 27.50000	2.636	6.452839 7.880495	0.6911	0.5454	Non sig

Les résultats de test de student tels que décrit dans le tableau VII montrent que la différence entre le nombre des germes dans les différents sites est non significative car p-value est > à 5%.

Cependant, l'étude a montré que l'eau en sachet dur « AQUA-Kis est de bonne qualité microbiologique, mais à Kisangani, comme du reste dans toutes les grandes Ville de la RD-Congo, le phénomène vente d'eau en sachet pollue dangereusement l'environnement dans la mesure où après consommation, les sachets sont jetés à même le sol. Le service de voirie étant presque inexistant, ces sachets s'accumulent et forment des monticules des déchets que

personne ne s'occupe pour recycler ; conséquence, c'est la santé des familles qui s'en retrouve en péril.

En outre, l'étude a montré aussi que l'eau désinfectée par rayon solaire était de bonne qualité. Malgré certaines limites (un rayonnement solaire suffisant, une eau claire, pas de changement de la qualité chimique de l'eau et n'est pas appropriée pour le traitement de grandes quantités d'eau), la désinfection par rayon solaire contribue donc à réduire le déboisement, problème majeur dans beaucoup de pays en voie de développement, réduit également la pollution de l'air produite par la combustion des sources énergétiques conventionnelles.

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Notre travail s'est focalisé sur l'étude de la qualité microbiologique de l'eau traitée par le produit chimique (cas de AQUA-Kis) dans la Ville de Kisangani et celle traitée par le rayon solaire.

Au cours de cette étude, nous nous sommes assigné trois objectifs spécifiques à savoir :

- Analyser et dénombrer les Coliformes et Streptocoques fécaux, rechercher les Salmonelles dans l'eau (AQUA-Kis) et celle traitée par rayon solaire pour vérifier si l'eau potable n'est en aucun cas un danger pour la santé des consommateurs ;
- Déterminer les risques qu'encourent les populations en consommant l'eau non traitée ;
- Faire des comparaisons Scientifiques entre l'eau vendue (AQUA-Kis) d'une part et l'autre traitée par rayon solaire d'autre part avec les recommandations de l'OMS en matière d'eau potable.

Nous avons formulé nos hypothèses de la manière suivante : comme toute recherche qualitative, celle-ci vise à élaborer des hypothèses dont l'analyse des résultats de terrain permettrait d'infirmer ou de confirmer. En tenant compte de processus de traitement. L'eau (AQUA-Kis), et celle traitée par rayon solaire est potable et prête à la consommation ; la population qui consomme l'eau ne courent aucun risque pour la santé ; Eau vendue (AQUA-Kis), et celle traitée par rayon solaire respectent les recommandations de l'OMS.

Pour atteindre nos objectifs et éventuellement vérifier nos hypothèses, les dénombrements de coliformes et streptocoques fécaux ainsi que les Salmonelles ont été réalisé dans l'eau de robinet, l'eau traitée par rayon solaire, AQUA-Kis en $t=0$, $t=4$ et $t=8$.

Il ressort de cette étude que :

- L'eau de robinet fournie par la Régideso ne répond pas aux normes de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine ;

- L'eau de robinet de la Régideso traitée par l'entreprise AQUA-Kis et mise en sachet et celle traitée par rayon solaire, respecte les normes de potabilité ;
- La qualité microbiologique de l'eau de robinet de la REGIDESO traitée par l'entreprise AQUA-Kis et mise en sachet et celle traitée par rayon solaire se dégrade après une conservation de plus de trois jours.

Face à cette réalité, une proposition serait d'appliquer la désinfection de l'eau par rayon solaire ou d'utilisation de l'eau AQUA-Kis en vue d'épargner la population victime des influences exogènes, une santé précaire et une mort anticipée.

En fin, nous ne pouvons terminer ce travail sans suggérer ce qui suit :

- **A la population :**
 - de veiller scrupuleusement au temps de conservation l'eau de boisson
- **A l'autorité sanitaire :**
 - De sensibiliser la population pour une méthode de désinfection de l'eau à domicile et ses avantages, à travers les séminaires, campagnes et le média, mais également donner les initiatives pour permettre à la population de mettre cette méthode en pratique.
- **Aux futurs chercheurs :** de continuer ces types de recherche sur tous les circuits de traitement d'eau de la République Démocratique du Congo.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAELONGANDI, L., 2013 : Etude physico-chimique et bactériologique des eaux de boisson vendues en sachet (type artisanal et semi Industriel) dans la ville de Kisangani, cas de la Commune Makiso (Marché centrale de Kisangani), mémoire inédit, UNIKIS, Faculté des Sciences, 35p.
- CHEVAL, A., 1982 : La désinfection des eaux de consommation AFPE, centre national de documentation mer, Paris 197 p.
- DIOUF ; 1982 : contribution à l'étude des aliments vendus sur la voie publique dans la région de DAKAR, thèse méd. Vêt. : Dakar, N°36, 119 p.
- EL KATSHA ET WHITE, 1989: Women, Water and sanitation: house holds behavioral patterns in two Egyptian Villages, Water International. 14:103-111.
- ESKEY , FEACHEM et HUGUES., 1985: international for the control of diarrheal diseases arming young, pp 757-772 .
- GALTIERE, B., 2004: Larousse medical illustre, edition revise, Paris, 1120 p.
- KAZADI M., 2012: Contribution à l'étude de la qualité et la gestion de l'eau de boisson dans la région de Kisangani, thèse doctorale, Fac. Des Sciences, UNIKIS, 145 p.
- LAMBERT, R., 1989 : Microbiologie des aliments ; Université Catholique de Louvain-la Neuve 123 p.
- LESEAU, 2005 : Rapport final de recherche (2003-2005). Projet : « maitrise de l'assainissement dans un écosystème 207 p.
- MATHIEU L., OGER M.L., BLOCK J.C., 1998 : Stabilité biologique des eaux distribuées dans un réseau soumis à des variations saisonnières de consommation, Techniques, sciences et méthodes, 2, p. 46-54.
- MEIERHOFER, et WEGELIN, 2005 : Désinfection solaire de l'eau : guide pour l'application de SODIS, EAWAG, SANDEC, Genève, Suisse 84 p.
- OCC, 2013 : Guide de service, normes applicables pour la qualité d'aliments en RDC, 32 p.
- OMS, 1977 : Surveillance de la qualité de l'eau de boisson, Genève, 143 p.
- OMS, 1988 : Directives de qualité pour l'eau de boisson : Contrôle de qualité de l'eau de boisson destinée à l'approvisionnement des petites collectivités. Genève, vol.3, p 121.

- OMS, 1989 : Directives de qualité pour l'eau de boisson : critères d'hygiène et documentation à l'appui ; volume 2, Genève p. 102-106.
- OMS, 2005: Water for life, making it happen, 44 p.
- OMS, 2006: Hygiene et assainissement, 12 p.
- ONU-UNESCO, 2003: faits et chiffres, l'eau et les villes <http://www.waterycar2003.org>.
- PETRELLA, 2010 : Eau bien commun public, alternatives à la pétrolisation de l'eau, éd. De lobe 8 p.
- REGIDESO, 1985 : Recueil des modes opératoires pour analyses, centre de formation, Kinshasa, 296 p.
- RODIER, J., 1978 : Analyse de l'eau, 6^è éd, Paris, pp 825-827.
- SAUNDER, SR. et WARFORD, DJ., 1976 : L'alimentation en eau de communautés rurales : Economie et politique générale dans le monde en développement, Banque Mondiale, Paris, 178 p.
- SERVAIS P., LAURENT P., RANDON G, 1995, Comparison of the bacterial dynamics in various French distribution systems, Journal Water SRT-Aqua, 44, (1), pp 10-17.
- THIERRY AMOIN A., 2005 : Evaluation du risque sanitaire des eaux en sachet vendues dans la ville d'Abidjan. 114p. Thèse de Pharmacie Bamako.
- TOMKIN A.M., 1978: Water supply and nutritional status in rural Northern Nigeria, Trans. Roy Soc. Trop. Med. Hyg. 72: 239-243.
- YASENGE Y. S., 2012: Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de boisson après la désinfection par rayon solaire et ébullition, mémoire inédit, UNIKIS, Fac. Des Sciences, 30 p.

SITES WEB

- [Crdp-ac-bordeaux.fr/cdd p 40/.../eau Embouteillage.pdf](http://Crdp-ac-bordeaux.fr/cdd/p40/.../eau%20Embouteillage.pdf), 11h32' : 12Mai2014 ;
- www.granddictionnaire.com, 13 h16' : 22 Fév. 2014.
- www.help.salmonelle.com, 9h46' : 07 Avril 2014.
- www.santé.gouv.fr, 18 h4' : 28 Mars 2013.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE

AVANT-PROPOS

LISTE DES ABREVIATIONS

RESUME FRANÇAIS

RESUME ANGLAIS

INTRODUCTION.....	1
OBJECTIFS DE RECHERCHE.....	10
HYPOTHESE DE RECHERCHE.....	10
INTERET	11
TRAVAUX ANTERIEURS.....	11
SUBDIVISION DU TRAVAIL	11
CHAPITRE PREMIER : GENERALITE SUR L'EAU	12
1.1. EAU DE BOISSON	12
1.2. IMPORTANCE DE L'EAU DE BOISSON POUR LA SANTE	13
1.3. BESOINS QUOTIDIENS EN EAU	14
1.4. EAU ET SANTE DE L'HOMME	14
1.5. DROIT A L'EAU.....	15
1.6. APPROVISIONNEMENT DE L'EAU	15
1.7. EAU CONDITIONNEE	16
1.8. EAU VENDUE EN SACHET EN RD CONGO.....	17
1.9. TRAITEMENT DE L'EAU.....	18
1.9.1. Normes de potabilité bactériologique de l'eau	19
1.9.2. Traitement de l'eau au niveau domestique	20
1.9.2.1. Le stockage de l'eau	20
1.9.2.2. La pasteurisation de l'eau	20
1.9.2.3. La filtration de l'eau.....	20
1.9.2.4. La désinfection de l'eau avec du chlore	21
1.9.2.5. L'ébullition de l'eau	21
1.9.2.6 La désinfection de l'eau par le solaire (SODIS)	21
1.10. LES MALADIES LIEES A L'EAU	22
1.11. BACTERIES DE POLLUTION FECALE ET BACTERIES PATHOGENES.....	22
1.11.1 Les coliformes fécaux	22
1.11.2. Streptocoques fécaux	24
1.11.3. Les salmonelles	24

CHAPITRE DEUXIEME : MATERIEL ET METHODES	25
2.1. MATERIELS	26
2.1.1. Matériels de prélèvement	26
2.1.2. Description des points de prélèvement	26
2.2. METHODE.....	26
2.2.1. Site et durée de l'étude	26
2.2.2. Prélèvement des échantillons	27
2.3. ANALYSES BACTERIOLOGIQUES	28
2.3.1. Dénombrement de coliformes fécaux	28
2.3.2. Dénombrement des streptocoques fécaux	29
2.3.3. Recherche de salmonella	29
2.4. TRAITEMENT DES DONNEES.....	30
CHAPITRE TROISIEME : RESULTATS ET DISCUSSION	31
CONCLUSION ET SUGGESTIONS	37
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET SITES WEB.....	39

ANNEXES