

UNIVERSITE DE KISANGANI

FACULTE DES SCIENCE



B.P. 2012

DEPARTEMENT DE

BIOTECHNOLOGIE

***QUALITE MICROBIOLOGIQUE DE L'EAU DE
BOISSON APRES DESINFECTION PAR
RAYON SOLAIRE***

PAR

GWANY YATUKA GBANI

Travail de Fin de Cycle

Présenté en vue de l'obtention du titre de Gradué en sciences

Option : Biologie

Orientation : Biotechnologie

Directeur : P.O René Oleko Woto

Dr. Zoé Kazadi Malumba

SESSION JUILLET 2012

DEDICACE

Je dédie ce travail à mon Mari PETER BUSHIRI NEVA et à toute ma famille

REMERCIEMENTS

A la fin de ce premier cycle universitaire, il nous est offert une occasion en or d'exprimer notre plus grande gratitude à tous ceux qui ont contribué à notre formation durant notre parcours universitaire.

Nous adressons premièrement nos remerciements à Dieu Tout Puissant pour sa bonté, sa grâce, sa protection et son souffle de vie qu'il ne cesse de nous renouveler.

Il nous est particulièrement agréable d'exprimer notre plus grande gratitude au professeur OLEKO WOTO qui en dépit de ses lourdes charges a assuré la direction de ce travail.

Nos remerciements les plus sincères au Docteur ZOE KAZADI qui nous a aidés à faire le tout premier pas dans le monde scientifique.

Nos pensées les plus profondes se tournent particulièrement vers Papa André TSHITENGE qui nous aidait souvent pour la manipulation de l'autoclave.

Nous ne pourrions clore cette page de remerciement sans pour autant s'acquitter de cette lourde charge de remercier Mon Mari PETER BUSHIRI NEVA, notre Père FLORIBERT YATUKA PAIGBA ainsi que sa tendre épouse ROSE YENGOBI ZUNGALANI pour leur plus grand soutien.

A nos frères et sœurs dont les noms suivent à travers ces lignes trouvent l'expression de notre plus grande gratitude : Patrick YATUKA, Gertrude YATUKA, Rosy YATUKA, Georgette YATUKA, pour ce qu'ils ont fait pour nous jusqu'à ces jours.

Nous disons merci au Pasteur Raoul Bahati, au Pasteur Joël Benson et à Papa Elie Lomalisa qui nous ont soutenu spirituellement.

A Maman Elyse Kasongo qui nous a aidés à l'impression de ce travail. Nous ne pourrions pas non plus oublier les amis de longue date et là nous pensons à : Gina INYONDAYI, Solange MBINDULE, Nela KWANDI, Mimi LOSASE, Pasci BONGINDA, Willo MAYO, Berce NSANFUASA, Idris ANDABA, Alain OKITO, Narcice KAKISINGI, Noëlla LIFOLI, Gaby AKWAKA et les autres.

RESUME

Cette étude a porté sur la qualité microbiologique de l'eau de boisson après désinfection par rayonnement solaire : cas des sources.

L'eau étant majeur pour la vie humaine, il est important de la consommer potable. Après analyse de 5 échantillons, les résultats obtenus montrent la réduction excessive des bactéries indicatrices d'une pollution fécale après désinfection par rayon solaire. 80% des échantillons analysés ont présenté un taux de désinfection des coliformes et streptocoques fécaux dans la gamme de 90-100% de désinfection et aucun échantillon analysé n'a montré une efficacité inférieure à 69%.

Ces résultats permettent de conclure que la désinfection de l'eau par rayonnement solaire améliore la qualité microbiologique de l'eau de boisson.

Nous recommandons aux scientifiques de vulgariser la méthode de traitement d'eau de boisson par rayonnement solaire (méthode simple et écologique).

A l'instar de six communes de la ville de Kisangani, la commune Makiso ne cesse pas de s'étendre. Sa population est de plus en plus croissante. Les besoins en eau de cette population sont grandissants. La Régie de distribution d'eau (REGIDESO) prouve de plus en plus son incapacité à répondre aux besoins des populations. Par conséquent, chaque ménage est de ce fait responsable du traitement de l'eau destinée à sa propre consommation.

Ainsi, l'objectif poursuivi dans notre travail est de vérifier l'efficacité de traitement de l'eau par la méthode de rayonnement solaire.

Pour atteindre ces objectives 5 sources de la commune Makiso ont été retenues pour les analyses bactériologiques (dénombrement des coliformes et streptocoques fécaux).

Il ressort des résultats obtenus qu' avant la désinfection par rayon solaire 20% de nos échantillons ont présenté une eau de qualité moyenne avec risque intermédiaire, 60% une eau de mauvaise qualité avec haut risque et 20% d'échantillon présentent une eau de très mauvaise qualité avec un très haut risque pour la santé des consommateurs.

Après la désinfection par rayon solaire 80% d'échantillons présentent une eau d'excellente qualité avec un bas risque pour la santé des consommateurs, et 20 % d'échantillons présentent une eau de qualité moyenne avec risque intermédiaire.

- 80% des échantillons analysés ont présenté un taux de désinfection des coliformes et streptocoques fécaux dans la gamme de 90-100% de désinfection.

SUMMARY

This survey was about the microbiological quality of the drink water after decontamination by solar radiance: case of the sources.

Water being major for the human life, he/it is important of consumed it drinkable. After analysis of 5 samples, the gotten results show the excessive reduction of the indicatory bacteria of a fecal pollution after decontamination by solar ray. 80% of the samples analyzed presented a rate of decontamination of the coliformes and fecal streptococci in the range of 90-100% of decontamination and no sample analyzed showed an efficiency lower to 69%.

These results permit to conclude that the decontamination of water by solar radiance improves the microbiological quality of the drink water.

We recommend to the scientists to popularize the method of treatment of drink water by solar radiance (simple and ecological method).

Like six township of the city of Kisangani, the common Makiso doesn't stop spreading. His/her/its population is more and more increasing. The needs in water of this population are growing. The State control of water distribution (REGIDESO) proves his/her/its inability more and more to answer the needs of the populations. Therefore, every household is of this fact responsible for the water treatment destined to his/her/its own consumption.

Thus, the objective pursued in our work is to verify the efficiency of water treatment by the solar radiance method.

To reach these objectives 5 sources of the common Makiso been kept for the analyses bacteriological (numbering of the coliformes and fecal streptococci).

He/it is evident from the gotten results that before the decontamination by solar ray 20% of our samples presented a middle quality water with intermediate risk, 60% a water of bad quality with high risk and 20% of sample presents a water of very bad quality with a very high risk for the health of the consumers.

After the decontamination by solar ray 80% of samples present a water of excellent quality with a low risk for the health of the consumers, and 20% of samples present a middle quality water with intermediate risk.

"80% of the samples analyzed presented a rate of decontamination of the coliformes and fecal streptococci in the range of 90-100% of decontamination.

0. INTRODUCTION

La qualité de l'eau est un paramètre important qui touche à tous les aspects du bien être des écosystèmes et de l'homme tels que la santé d'une communauté, les activités économiques, la santé des écosystèmes et la biodiversité. En conséquence, la qualité de l'eau a également une influence sur la détermination des niveaux de pauvreté, de richesse et d'éducation de l'homme. (KAZADI 2012)

Une bonne qualité de l'eau est indispensable pour garantir un environnement sain et la bonne santé des êtres humains. En ce qui concerne la boisson et l'assainissement, les besoins par personne et par jour sont essentiellement de 20 à 40 litres d'eau ne contenant pas d'éléments polluants ni d'agents pathogènes dangereux et elle passe à 50 litres si l'on prend en compte les besoins pour la cuisine. (OMS 2008)

Le mauvais approvisionnement en eau potable conduit à un risque élevé d'infections d'origine hydrique telles que choléra, fièvre typhoïde, hépatite A, amibiase et bien d'autres maladies parasitaires, bactériennes et virales.

Chaque année, 4 milliards de cas de diarrhée causent 2,2 millions de décès, la plupart parmi les enfants de moins de 5 ans. Cela équivaut à la mort d'un enfant toutes les 15 secondes. Ces décès représentent environ 15% de la totalité des décès chez les enfants de moins de 5 ans dans les pays en voie de développement. (WHO, 2000)

0.1 Problématique

La constitution de la RDC affirme à l'article 48 que « le droit à l'eau potable est garanti ». Le gouvernement congolais au travers de ministères du porte feuille et d'énergie, a responsabilisé la régie de distribution d'eau de fournir l'eau potable à travers son usine de traitement. Toutefois, la REGIDESO échoue souvent de sa tâche à fournir une eau potable à tous congolais suite à des interruptions fréquentes de l'adduction d'eau et de fuite du réseau de distribution.

Par conséquent, la population de la RDC en générale et celle de Kisangani en particulier n'ont souvent accès qu'à une eau de qualité insuffisante, chaque ménage est de ce fait responsable du traitement de l'eau destinée à sa propre consommation.

En effet, pour réduire la contamination fécale de l'eau potable au niveau domestique, il est recommandée d'utiliser certaines méthodes de traitement de l'eau telle que le stockage de l'eau,

faire bouillir l'eau, la pasteurisation de l'eau, la filtration de l'eau, la désinfection de l'eau avec le chlore et la désinfection de l'eau par le soleil (Sodis), cette dernière a intéressé notre étude.

0.2. Hypothèse

La désinfection de l'eau par rayonnement solaire améliore la qualité microbiologique de l'eau de boisson et réduit le risque pour la santé.

0.3. Objectif du travail

L'objectif poursuivi dans notre travail est de vérifier l'efficacité de traitement de l'eau par la méthode de rayonnement solaire.

0.4. Intérêt du travail

L'intérêt de ce travail est de lutter contre la pénurie de l'eau de boisson et éviter l'épidémie d'origine hydrique.

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'EAU POTABLE

1.1 Eau potable

1.1.1. Définition

Eau qui peut être consommée sans danger pour la santé. (www.une-eau-pure.com). Une eau potable n'est pas tant 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 volatiles, avec comme conséquence qu'une eau potable dans un pays n'est le pas dans le notre et inversement et que l'eau potable de 1995 n'est plus celle de 1980, ni celle de 2010.

Le terme »Eaux destinées à la consommation humaine «(EDCH) a remplacé le terme « Eau potable » dans les directives qui émanent de la communauté Européenne.

Les EDCH sont, entre autre, toutes les eaux qui peuvent être consommées ou être utilisées dans la fabrication des denrées alimentaires à l'exclusion des eaux minérales. (OMS, 2004)

1.1.2. Historique

Pendant des siècles, l'eau a été ce liquide qui rendait malade ceux qui la buvaient sauf si elle jaillissait parfaitement pur des sources venues des profondeurs, cette dangereuse boisson était laissée aux animaux.

Comme il fallait pourtant boire quelque chose, les anciens buvaient du lait ou de jus des fruits qui en fermentant devenait le vin ou encore ils mélangeaient l'eau à l'orge germée pour en faire de la bière...

En 1881 Pasteur découvre le microbe sa célèbre phrase "Nous buvons 90% de nos maladies" ouvre une ère nouvelle dans l'approche de l'alimentation en eau potable. 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 des bactéries pathogènes mais, dès la fin du XIX^{ème} siècle, on comprend une eau fraîche, limpide, sans saveur ni odeur n'est nécessairement synonyme d'eau potable (KAZADI, 2012).

1.2 Accès à l'eau potable

L'accès à l'eau potable est un indicateur représentant la part de la population disposant d'un accès raisonnable à une quantité adéquate d'eau potable. Selon l'OMS, la quantité adéquate d'eau potable représente au minimum 20 litres d'eau par habitant et par jour tandis qu'on entend généralement par "accès raisonnable", une eau disponible à moins de 15 minutes de marche.

La survie de l'homme exige une eau saine et en quantité suffisante, puisque l'eau contribue au bon fonctionnement et à l'équilibre de la physiologie humaine.

Ainsi, vu l'importance de l'eau dans la vie des populations, les politiques de développement socio-communautaire devraient prioriser l'accès à l'eau potable. Malheureusement, le problème de la consommation d'eau potable persiste dans les pays sous-développés.

Le phénomène a amené en mars 1977 la Communauté Internationale à se réunir à Mar Del Plata en Argentine, pour décréter la période 1981-1990 comme la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (DIEPA). L'objectif fixé par cette conférence pour l'année 1990 est d'assurer à l'ensemble de la population l'accès à l'eau potable et aux services d'assainissement afin de diminuer les maladies hydriques (OMS, 1990).

Au début des années 80, les gouvernements des pays africains abordaient résolument la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement en se fixant pour objectif, la couverture à 80% des besoins en eau des populations rurales et à 100% des besoins en eau des populations urbaines (OMS, 1996). À la fin de cette décennie, tous les objectifs fixés à la DIEPA n'étant pas

atteints, d'autres actions s'avèrent nécessaires. Telles sont les résolutions apportées par la Communauté Internationale en septembre 2000 à New York en définissant les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) dont le septième (7ème) est d'assurer un environnement durable et la cible dix (10) est de réduire de moitié d'ici 2015, le pourcentage de la population qui n'a pas accès de façon durable à un approvisionnement en eau.

Depuis le 28 juillet 2010, l'accès à l'eau potable est reconnu comme un droit fondamental par l'ONU. L'ONU a reconnu que l'accès à une eau potable propre et de qualité et à des installations sanitaires est un droit de l'homme.

1.3. Besoin en eau

L'eau est le principale constituant des être vivant, représentant près de 60% de notre poids c'est-à-dire environs 42litre d'eau pour une personne de 70kg.

La teneur en eau du corps diminue avec l'âge : 97% chez le fœtus de 2mois, 75% chez le nourrisson, cette proportion se réduisant en 57% chez les personnes âgées.

Ainsi le 2/3 de l'eau présente dans le corps humain sont réparties dans 50000 milliards des cellules. 5% sous forme de plasma sanguin et 15% constitue le liquide interstitiel, boire apparait donc comme dispensable. C'est le cerveau qui contient le plus d'eau avec un taux de 80%.

1.4 Traitement de l'eau potable au niveau domestique (MEIERHOFER et WEGELIN 2005)

1.4.1 Le stockage de l'eau

C'est une méthode simple pour améliorer la qualité de l'eau au niveau de l'habitat individuel.

Toute fois la sédimentation simple n'élimine que partiellement la turbidité. Le risque principale en matière de santé associé au stockage de l'eau au niveau domestique est du à la manipulation inadéquates.

1.4.2 Ebullition de l'eau

Cette méthode de traitement d'eau tue les pathogènes viraux, parasitaires et bactériens. Le plus grand désavantage réside de son cout énergétique important qui le rend insoutenable sur le point de vue économique et environnemental.

1.4.3 La pasteurisation

C'est une méthode similaire à l'ébullition mais la température de chauffage varie entre 70 -75 et nécessite un temps d'exposition long.

1.4.4 La filtration de l'eau

C'est une méthode simple, utilisant des filtres bougie en céramique, filtres en cailloux et sable. qui éliminent que des matières solide mais pas les microorganismes pathogènes.

1.4.5 Désinfection de l'eau avec le chlore

Elle est utilisée pour tuer les bactéries et virus, mais n'est pas suffisamment efficace pour inactiver des parasites pathogènes.

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

1.4.6.1 Aperçu Historique

La désinfection de l'eau par le solaire fut initié par le professeur AFTIM ACRA de l'université de BEIRUT en 1981

Après 4 ans, l'integrated Rural Energie Systems Association (INRESA) lance un projet en réseau puis en 1988 le Brace Research Institute à Montréal organise un atelier afin de revoir les résultats de cette étude de terrain (MEIERHOFER et WEGELIN 2005)

En 1991 une équipe composée d'ingénieur en assainissement, de photochimistes, de bactériologistes et des virologistes de l'EAWAG/SANDEC se lança dans des tests exhaustif 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 (MEIERHOFER et WEGELIN 2005)

1.4.6.2 Effet de désinfection solaire de l'eau

La désinfection solaire de l'eau utilise deux composantes de la lumière solaire pour la désinfection de l'eau.

Le premier, rayonnement UV-A a un effet germicide, létal sur les pathogène humain présent dans l'eau. Ce rayonnement UV-A interagit directement avec l'ADN, les acides nucléiques et les enzymes des cellules vivantes. Il modifie la structure moléculaire et conduit à la mort cellulaire.

Le second, l'infrarouge augmente la température de l'eau et produit un effet connu sous le nom de pasteurisation lorsque cette dernière atteint 70-75°C.

La combinaison du rayonnement UV-A et de la production de chaleur produit un effet synergique qui augmente l'efficacité du processus.

1. Effet du rayonnement UV

Le rayonnement solaire peut être divisé en trois gammes de longueurs d'ondes : le rayonnement UV, la lumière visible et l'infrarouge. Le rayonnement UV ne peut pas être perçu par l'œil humain. C'est un rayonnement très agressif qui peut causer de sévères dégâts cutanés, oculaires et qui détruit les cellules vivantes.

Heureusement, la plupart des ultraviolets de type B et C, de longueur d'onde de 200 à 320nm, sont absorbés dans l'atmosphère par la couche d'ozone (O₃) qui protège la terre du rayonnement provenant de l'espace. Ce n'est que la fraction d'UV-A, la plus élevée dans le spectre (entre 320nm et 400nm) et proche de la lumière violette visible, qui atteint la surface de la terre.

Le rayonnement UV-A a un effet létal sur les pathogènes humains présents dans l'eau. Etant donné que ces pathogènes vivent habituellement spécifiquement dans le tractus gastro-intestinal de l'homme, ils ne sont pas adaptés à des conditions environnementales agressives. Ils sont donc plus sensibles au rayonnement solaire que d'autres organismes retrouvés communément dans l'environnement.

Le rayonnement UV-A interagit directement avec l'ADN, les acides nucléiques et les enzymes des cellules vivantes. Il modifie la structure moléculaire et conduit à la mort cellulaire. Le rayonnement UV réagit également avec l'oxygène dissout dans l'eau et produit des formes particulièrement réactives d'oxygène (radicaux libres et peroxydes d'hydrogène). Ces molécules réactives interfèrent à leur tour avec les structures cellulaires et détruisent les pathogènes.

2. Effet de la température (rayonnement infrarouge)

Un autre aspect de la lumière du soleil est le rayonnement de grande longueur d'onde appelé infrarouge. Ce rayonnement est également invisible à l'œil humain, mais nous pouvons sentir la chaleur produite par une lumière de longueur d'onde supérieure à 700nm. Le rayonnement infrarouge absorbé par l'eau est responsable de son augmentation de température. [www.aqua-techniques.fr]

1.5 Les pathogènes d'origine hydrique

Les pathogènes d'origine hydrique appartiennent aux groupes des bactéries, des virus et des parasites. De nombreux pathogènes courants ne sont pas exclusivement transmis par l'eau, mais souvent par d'autres modes de propagation. Des pratiques d'hygiène insuffisante sont souvent une importante source d'infection. En outre, une contamination secondaire de l'eau de boisson est observée en raison d'une manipulation incorrecte (QUICK et al 1999)

Le tableau ci-dessous donne la liste des pathogènes les plus largement répandus ainsi que leur caractéristiques

Tableau 1 : Importance en matière de santé et voies de transmission pathogène d'origine hydrique (MEIERHOFER ET WEGELVIN 2005)

Pathogène	Importance en matière de santé infectante	Voie de transmission	Persistance dans le système d'approvisionnement en eau	Dose
BACTERIE				
Campylobacter jejuni	Haute	-Contact personne à personne		
		-Contamination domestique		
		-Contamination de l'eau		
		-Contamination de la récolte	Modérée	modéré
E. coli enteropathogène	Haute		Modérée	haute
Salmonella typhi	Haute		Modérée	haute
Shigella spp	Haute		Longue	haute

Vibrio cholerae	Haute	Longue	haute
Yersinia entérocolitica	Haute	Longue	haute
Pseudomonas sp	Modérée	Multiplie	haute
Aeromonas spp	modérée	Multiplie	haute

VIRUS

Adénovirus Haute -Contact personne
à personne

-Contamination domestique

-Contamination

de l'eau longue basse

Polio virus Haute longue basse

Virus de l'hépatite A Haute longue basse

Virus de l'hépatite non A Haute longue basse

Entérovirus Haute longue basse

Rota virus Haute longue modérée

PROTOZOAIRE

Entamoeba hystolitica Haute

-Contact personne

à personne

-Contamination domestique

-Contamination

par les animaux modérée basse

Giardia spp Haute

Modérée basse

cryptosporidium Haute longue basse

1.6 Bactéries de l'eau

Les coliformes et les streptocoques fécaux font partie de l'eau. Ils sont morphologiquement différent et appartiennent à des familles différentes, servant tout deux indicateurs de la pollution fécales des eaux de consommation, quelque soit l'espèce mise en évidence

1.6.1 Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants sont un sous groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose a une température de 44°C.

L'espèce le plus fréquemment associée ce groupe bactérien est l'Escherichia coli (E. coli) et dans une moindre mesure, certaines espèces des genres Citrobacter, entérobacter et klebsiella. (www.Inspq.qs.ca/pdf/publication 119)

Le type de bactérie coliforme appelé « coliforme fécaux » forment des germes d'origine exclusivement fécale.

Les coliformes fécaux étant des bactéries vivant dans l'intestin des animaux à sang chaud, leur présence dans l'eau indique une pollution fécale.

Ce sont donc des organismes indicateur de la qualité de l'eau (www.dictionnaire enronement.com).

1.6.2 Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont en grand partie d'origine humaine. Cependant, certaine bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontre sur les végétaux. Elles sont néanmoins utilisées comme indicateur d'une pollution fécale, et leur principal intérêt dans le fait qu'ils sont résistant a la dessiccation.

Les streptocoques sont des bactéries gram positifs, en forme des coques ovotides et les produits laitiers. Ces sont des microorganismes pathogène et parasites de l'homme et des animaux.

Les streptocoques fécaux sont l'ensemble des entérocoques appartenant à la famille de streptococaceae, possédant la substance antigénique caractéristique du groupe streptococcus bavis et streptococcus équins.

1.7 Classification de la qualité de l'eau

Une eau de consommation ne doit pas contenir des germes des maladies à transport hydrique, des substances toxiques ni des quantités excessives des matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs, être limpide, incolore et ne possède aucun gout ou odeur désagréable.

En outre, l'eau potable doit contenir sans excès un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable à l'exclusion de ceux qui seraient indice d'une contamination ainsi que toute substance toxique.

Le premier volume dans de directive de l'OMS classifie comme des risques, bas risque, risque intermédiaire, haut risque et très haut risque en tenant compte de nombre de coliforme par 100ml dans le système d'approvisionnement en eau.

L'eau rurale ou péri-urbaine, en zones tropicales ou sub-tropicales, répond rarement aux normes de potabilité de l'Organisation Mondiale de la Santé : coliformes totaux au plus à 10 pour 100 ml d'eau; coliformes fécaux 0 pour 100 ml. Il est fortement recommandé de se rapprocher, le plus possible, de ces valeurs indicatives.

Cependant, l'OMS, en publiant ses «Directives de qualité pour l'eau de boisson», laisse aux Autorités compétentes des Etats le soin d'établir des normes nationales en fonction des contextes économique, socioculturel et écologique.

Selon la classification de FEACHEM (1980), on distingue 4 classes de qualité d'eau en tenant compte du nombre des coliformes fécaux : l'eau appartenant à la première classe est considérée comme étant d'excellente qualité (0- 10 UFC par 100 ml), celle de la deuxième classe représentant une eau de qualité moyenne (11 - 100 UFC par 100 ml), l'eau contenant plus de 100 UFC par 100 ml(101-500 UFC par 100 ml) est considérée comme étant de mauvaise qualité, alors que la dernière classe représentent de l'eau de très mauvaise qualité (> 500 UFC par 100 ml).

Le risque lié aux différents niveaux de contamination par des coliformes et streptocoques fécaux doit être fixé en fonction des circonstances locales. Le risque lié à une contamination donnée augmente avec le nombre de personnes fournies par un système d'approvisionnement en eau.

Le tableau 3 classifie le risque pour la santé en fonction de la consommation d'eau contaminée par différentes concentrations de coliformes et streptocoques fécaux.

Tableau 3 : Classification de risque par la santé

Nombre coliforme fécaux/100ml	Remarque
-------------------------------	----------

0	Sans risque
---	-------------

1 à 10 Bas risque
10 à 100 Risque intermédiaire
100 à 1000 Haut risque
Supérieur à 1000 Très haut risque

CHAPITRE 2 : MATRIEL ET METHODES

2.1. Description des sites de prélèvement

Les sources dans les quelles nous avons effectué nos prélèvements sont situés dans la commune de Makiso :

- a. Source Kilima bayindi : elle est situé sur l'avenue Boulevard Mobutu n°2, cette source a été aménagée par Monsieur YANTIKALA propriétaire de la source il ya de cela une cinquantaine d'années.
- b. Source Barlovalt : elle est située sur le Boulevard du 30 octobre n°30, cette source était aménagée par Monsieur OMEAKA en 1977.
- c. Source Stanley : elle est située en face de l'ex-hôtel de la chute, cette source a été aménagée par CICR en 2000.
- d. Source campus : située dans le campus central de l'Université de Kisangani, elle est non aménagée.
- e. Source cimetièrè : située dans le cimetièrè en face du Batam, cette source a été aménagée par la REGIDESO en 2009

2.2. Prélèvement des échantillons

Nos échantillons ont été prélevés dans de bouteilles en plastique de 1,5 litre. Après prélèvement, les échantillons ont été lisiblement étiquetés et amené au laboratoire de la Faculté des Sciences pour les analyses et traitement. Ainsi, au total 5 échantillons ont été prélevés.

2.3. Analyse des échantillons.

2.3.1. Méthodes physiques de désinfection de l'eau par rayonnement solaire

- Lavez soigneusement la bouteille en plastique ;

- remplissez à $\frac{3}{4}$ la bouteille à l'eau ;
- secouez la bouteille pendant 30 secondes ;
- remplissez complètement la bouteille et vissez le couvercle ;
- placez la bouteille sur un support métallique pendant 6 heures en plein soleil
- l'eau est potable et prête à être consommé. (www.sodis.ch)

2.3.2. Analyses des paramètres bactériologiques

Avant et après le traitement physique de l'eau, quelques bactéries indicatrices de pollution fécale ont été dénombrées.

2.3.2.1. Dénombrement des coliformes fécaux

Les coliformes fécaux ont été dénombrés avant et après traitement dans le bouillon lactosé en utilisant la technique de fermentation en tube multiples. Disposés de 9 tubes à essai en 3 séries de tubes contenant chacune 10 ml de milieu stérile. Dans la première série de tubes dont la concentration est double, inoculer 10 ml d'eau à analyser. Dans la deuxième et la troisième séries de tubes dont la concentration est simple, inoculer respectivement 1 ml et 0,1 ml d'eau à analyser. Après 24 heures d'incubation à 44 °C, les tubes où il y avait la production de gaz étaient considérés comme positifs. Le nombre le plus probable de coliformes fécaux était obtenu en se référant au tableau de Mc Graddy (RODIER, 1978 ; LAMBERT, 1989).

2.3.2.2. Dénombrement des streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux ont été dénombrés avant et après le traitement dans le lait de Sherman en utilisant la technique de fermentation en tubes multiples. Disposés de 9 tubes à essai en 3 séries de 3 tubes contenant chacune 10 ml de milieu stérile. Dans la première série de tubes dont la concentration est double, inoculer 10 ml d'eau à analyser. Dans la deuxième et troisième série de tubes dont la concentration est simple, inoculer respectivement 1 ml et 0,1 ml d'eau à analyser. Après 48 heures d'incubation à 37 °C, les tubes où il y avait décoloration de bleu de méthylène et la coagulation du lait était considéré comme positifs. Le nombre le plus probable de

streptocoques fécaux était obtenu en se référant au tableau de Mc Graddy (RODIER, 1978 ; LAMBERT, 1989).

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de dénombrement des coliformes et streptocoques fécaux exprimés en nombre de plus probable (NPP) par 100ml d'eau analysées avant et après désinfections sont présentés dans les tableaux en annexes tandis que la synthèse de ces résultats sont reprises dans les tableaux 4 ,5 et 6

Tableau 4 : Synthèse de dénombrement sur les nombres de coliformes et streptocoques dans 100 ml d'eau analysées avant désinfection par rayon solaire

E	C.F /100ml		SF/100ml	Qualité de l'eau	Risque pour la santé
1	460	23	mauvaise	Haut risque	
2	460	43	mauvaise	Haut risque	
3	240	25	mauvaise	Haut risque	
4	23	3	Moyenne	Risque intermédiaire	
5	1100	9	Très mauvaise	Très haut risque	

Le tableau 4 montre qu'avant la désinfection par rayon solaire 20% de nos échantillons présentent une eau de qualité moyenne avec risque intermédiaire, 60% une eau de mauvaise qualité avec haut risque et 20% d'échantillon présentent une eau de très mauvaise qualité avec un très haut risque pour la santé des consommateurs.

Tableau 5 : Synthèse de dénombrement sur le Nombre le Plus Probable(NPP) des coliformes et streptocoque fécaux dans 100ml d'eau analysée après désinfection.

Echantillons	CF/100ml	SF/100ml	Qualité de l'eau	Risque pour la santé
E1	9	0	Excellente	Bas risque
E2	15	0	Moyenne	Risque intermédiaire
E3	0	4	Excellente	Bas risque
E4	7	0	Excellente	Bas risque
E5	3	0	Excellente	Bas risque

Les streptocoques fécaux ont été dénombrés après la dilution dans le lait de Sherman selon la méthode de fermentation en tubes multiples selon la manière suivante : Trois séries de trois tubes à essai contenant chacun 10ml de milieu _____ !"#\$\$%&'()*+,-

Le tableau 5 relatif aux dénombrements des coliformes et streptocoques fécaux par la technique de fermentation en tubes multiples des échantillons d'eau après la désinfection par rayon solaire révèle que 4 sur 5 soit 80% d'échantillons présentent une eau d'excellente qualité avec un bas risque pour la santé des consommateurs, et 1 sur 5 soit 20 % d'échantillons présentent une eau de qualité moyenne avec risque intermédiaire.

Ces résultats montrent que la méthode physique de désinfection d'eau par rayonnement solaire améliore la qualité microbiologique de l'eau de boisson et réduit les risques de contamination des maladies d'origine hydrique

Tableau 6 : Efficacité du traitement

Echantillons	Coliformes fécaux			Streptocoques fécaux		
	Avant désinfection	Après désinfection	Taux de réduction	Avant désinfection	Après désinfection	Taux de réduction
1	460	9	98,04	23	0	100
2	460	15	96,45	43	0	100
3	240	0	100	28	4	86
4	23	7	69,5	3	0	100
5	1100	3	99,75%	9	0	100

Le tableau 6 montre que pour la désinfection de l'eau par rayonnement solaire, 4 sur 5 soit 80% des échantillons analysés ont présenté un taux de désinfection des coliformes et streptocoques fécaux dans la gamme de 90-100% de désinfection et aucun échantillon analysé n'a montré une efficacité inférieure à 69%. Ces résultats confirment notre hypothèse de travail.

Nos résultats corroborent ceux des études réalisées dans quatre pays d'Amérique latine (Bolivie, Honduras, Equateur et Pérou entre 1999-2001 qui ont montré qu'après désinfection de l'eau par rayonnement solaire, 95% des échantillons analysés ont présenté un taux de désinfection des

coliformes fécaux de plus de 90% et seuls 5% des échantillons analysés ont montré une efficacité inférieure à 90%. (meierhofer r. et wegelin M. 2005)

Malgré certaines limites (un rayonnement solaire suffisant, une eau claire, pas de changement de la qualité chimique de l'eau et n'est pas approprié 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. Les enfants et les femmes passent beaucoup de temps à collecter du bois. Etant donné que la quantité de bois nécessaire est réduite, elle diminue la charge de travail.

.
Les seules ressources nécessaires sont le soleil, qui est gratuit, et les bouteilles plastiques, la méthode de désinfection de l'eau par rayon solaire ne nécessite pas d'infrastructure lourde et coûteuse mais réduit plutôt les besoins en énergies traditionnelles telles que le bois ou le kérosène/gaz;

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Nous voici arrivé à la fin de notre travail intitulé « Etude sur la qualité microbiologique de l'eau de boisson après désinfection par rayon solaire

L'objectif poursuivi dans notre travail était de vérifier l'efficacité de traitement de l'eau par la méthode de rayonnement solaire.

A cet effet, nous avons émis une hypothèse selon la quelle la désinfection de l'eau par rayonnement solaire améliore la qualité microbiologique de l'eau de boisson.

Ainsi, pour atteindre notre objectif et vérifier notre hypothèse, nous avons procédé au dénombrement de germes indicateurs de pollution fécale par la technique de fermentation en tubes multiples, avant et après désinfection de l'eau par rayon solaire.

A la lumière de nos résultats, il ressort de cette étude trois faits majeurs :

- avant la désinfection par rayon solaire 20% de nos échantillons ont présenté une eau de qualité moyenne avec risque intermédiaire, 60% une eau de mauvaise qualité avec haut risque et 20% d'échantillon présentent une eau de très mauvaise qualité avec un très haut risque pour la santé des consommateurs.
- après la désinfection par rayon solaire 80% d'échantillons présentent une eau d'excellente qualité avec un bas risque pour la santé des consommateurs, et 20 % d'échantillons présentent une eau de qualité moyenne avec risque intermédiaire.
- 80% des échantillons analysés ont présenté un taux de désinfection des coliformes et streptocoques fécaux dans la gamme de 90-100% de désinfection et aucun échantillon analysé n'a montré une efficacité inférieure à 69%.

De ce qui précédé, nous confirmons notre hypothèse selon la quelle la désinfection de l'eau par rayon solaire améliore la qualité microbiologique de l'eau de boisson et réduit le risque de contamination des maladies d'origine hydrique.

Eu égard aux résultats observés, nous recommandons ce qui suit :

- Aux scientifiques de vulgariser la méthode de traitement d'eau de boisson par rayonnement solaire, méthode simple, écologique et économique.
- Aux professionnels de la santé publique, d'informer et d'éduquer la population concernant une bonne gestion de l'eau de boisson avant la consommation ; se laver les mains avec de l'eau et

du savon ; évacuer les matières fécales de manière appropriée ; manipuler et stocker l'eau de manière appropriée.

BIBLIOGRAPHIES

- FEACHEM R. G., 1980: Bacterial Standards for Drinking Water Quality in Developing
- Kazadi M. 2012 : Contribution à l'étude de la qualité et de la gestion de l'eau de boisson dans la région de Kisangani
- Lambert 1989 : Microbiologie des aliments ; Université catholique de Louvain-la-Neuve
- Meierhofer r., et Wegelin M., 2005 : Désinfection solaire de l'eau : guide pour l'application de Sodis, EAWAG, SANDEC, Genève, Suisse, 84p.
- OMS., 1994 : Directives de qualité pour l'eau de boisson, deuxième édition, Volume 1, Recommandations, Genève, 202 p.
- OMS, 1990: Impact de la décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement sur les maladies diarrhéiques. Genève, 17 p.
- OMS, 1996: Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement. Examen des données régionales et mondiales. Cotonou,31p.
- Quick R.E., et al.1999 : Diarrhoea prevention in Bolivia through point-of-use water treatment and safe storage: a promising new strategy. Epidemiol Infect, 122(1): pp. 83-90
- Rodier 1978 : Analyse de l'eau 6eme ed. Paris, pp 825-827
- Who 2000: The world health report: Making a difference – Geneve. World health organization
- Who, 2008: Guidelines for Dinking-water Quality third edition, incorporating the first and second addeda volume 1 recommendatines Geneva 668p
- www.sodis.ch
- www.dictionnaire-enronement.com).
- www.aqua-techniques.fr
- [www. Inspq.qs. ca/pdf/publication](http://www.Inspq.qs.ca/pdf/publication)

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	
REMERCIEMENTS	
RESUME	
SUMMARY	
0. INTRODUCTION	1
0.1 Problématique	1
0.2. Hypothèse	2
0.3. Objectif du travail	2
0.4. Intérêt du travail	2
CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR L'EAU POTABLE	3
1.1 Eau potable	3
1.1.1. Définition	3
1. 1.2. Historique	3
1.2 Accès a l'eau potable	4
1.3. Besoin en eau	5
1.4 Traitement de l'eau potable au niveau domestique (MEIERHOFER et WEGELIN 2005)	5
1.4.1 Le stockage de l'eau	5
1.4.2 Ebullition de l'eau	6
1.4.3 La pasteurisation	6
1.4.4 La filtration de l'eau	6
1.4.5 Désinfection de l'eau avec le chlore	6
1.4.6 La désinfection de l'eau par le solaire (SODIS)	6
1.5 Les pathogènes d'origine hydrique	8
1.6 Bactéries de l'eau	10
1.6.1 Coliformes fécaux	10
1.6.2 Streptocoques fécaux	10
1.7 Classification de la qualité de l'eau	11
CHAPITRE 2 : MATRIEL ET METHODES	13
2.1. Description des sites de prélèvement	13

2.2. Prélèvement des échantillons	13
2.3. Analyse des échantillons.	13
2.3.1. Méthodes physiques de désinfection de l'eau par rayonnement solaire	13
2.3.2. Analyses des paramètres bactériologiques	14
CHAPITRE 3 : RESULTAT ET DISCUSSION	16
CONCLUSION ET SUGGESTIONS	19
BIBLIOGRAPHIES	21
TABLE DES MATIERES	22