

## IMPACT DES BOUTEILLES EN PLASTIQUE DANS LA PHOTO-EPURATION DE L'EAU DE BOISSON : CAS DE LA REGION DE BENGAMISA (EN RD CONGO)

Stanislas B. LINANGELO<sup>1</sup>, José K. E. MOKILI<sup>2</sup>, Zoé-Arthur M. KAZADI<sup>3</sup>, Joseph A. P. ULYEL<sup>3</sup>, Aimé-Claude E. LIBAKATA<sup>4</sup>,  
and Tharcisse O. MONAMA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques de Bengamisa, RD Congo

<sup>2</sup>Institut Supérieur des Techniques Médicales de Basoko, RD Congo

<sup>3</sup>Université de Kisangani, RD Congo

<sup>4</sup>Gregorian University, Italy

<sup>5</sup>Université de Kinshasa, RD Congo

---

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium<sup>5</sup>, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Drinking water treatment and waste management have alarming dimensions in rural DR Congo, particularly in the Bengamisa region, and are currently experiencing continuous and permanent degradation. Also, there is a disparity between cities and within cities and this is expressed in terms of quality and quantity of drinking water between well-equipped areas (regular areas) and poorly equipped areas (irregular areas).

However, water scarcity is characterized here by the abundance of dirty water whose use is a hindrance to the economic and social emergence of the population. The criteria for water scarcity in the Bengamisa region are lack of or poor access to drinking water, the preponderance of water-related diseases and above all the "doubt" that consumers have about the quality of water of this resource. In general, the objective of this study is to evaluate the impact of plastic bottles in the treatment of drinking water by solar radiation, but also on human health. To achieve the objectives, we treated the drinking water by SODIS method, which consists in exposing under water the water contained in the PET plastic bottle for its purification. Thus, the following physicochemical parameters were the subject of our analyzes: pH, M.O, color, turbidity, nitrate, nitrite, total iron and temperature; and this before and after photo-purification of water. Indeed, it is clear from our investigations that the photo-purification of water does not change the physicochemical parameters of the drinking water so much. Similarly, it should be noted that not all plastics are innocuous and we must be wary of buying not only bottled water but also other products / foods packaged with plastic. But, it is rather important to know what kind of plastic you have to do; and that all codes, in general, are mentioned on the bottom of bottles, containers, corks, etc. To do this, the plastic bottle based on polyethylene terephthalate (PET) is more recommended than the others, because of its performance in solar recipe. It should also be remembered that consuming bottled water harms the wallet, the environment, and "could" harm health.

**KEYWORDS:** Impact, Plastic bottle, Photo-purifying, Water, Beverage, Polyethylene terephthalate.

**RESUME:** Le traitement de l'eau de boisson et la gestion de déchets présentent des dimensions alarmantes en milieu rural en RD Congo, particulièrement dans la région de Bengamisa, et connaissent actuellement une dégradation continue et permanente. Aussi, il existe une disparité entre les villes et au sein des villes et cela s'exprime en termes de qualité et quantité d'eau de consommation entre les zones bien équipées (zones régulières) et les zones faiblement équipées (zones irrégulières). Cependant, la pénurie d'eau est caractérisée ici par l'abondance de l'eau souillée dont l'utilisation constitue une entrave à l'émergence économique et sociale de la population. Les critères qui fondent la pénurie d'eau dans la région de Bengamisa

sont l'absence ou faible accès à l'eau potable, la prépondérance des maladies liées à l'eau et surtout le "doute" qu'ont les consommateurs sur la qualité de cette ressource.

D'une manière générale, l'objectif poursuivi par cette étude est d'évaluer l'impact des bouteilles en plastique dans le traitement de l'eau de boisson par rayonnement solaire, mais aussi sur la santé humaine.

Pour atteindre les objectifs fixés, nous avons traité l'eau de consommation par la méthode SODIS, qui consiste à exposer sous soleil l'eau contenue dans la bouteille en plastique à base de PET pour sa purification.

Ainsi, les paramètres physico-chimiques ci-après ont fait l'objet de nos analyses : le pH, M.O, couleur, turbidité, nitrate, nitrite, fer total et température ; et cela avant et après photo-épuration de l'eau.

En effet, il ressort de nos investigations que la photo-épuration de l'eau ne modifie pas tellement les paramètres physico-chimiques de l'eau de boisson.

De même, il est à noter que tous les plastiques ne sont pas anodins et qu'il faut se méfier en achetant non seulement de l'eau en bouteille mais également d'autres produits/aliments conditionnés avec du plastique. **Mais, il est plutôt important de savoir quel type de plastique qu'on a à faire** ; et que tous les codes, en général, sont mentionnés sur le fond des bouteilles, récipients, bouchons, etc. Pour ce faire, la bouteille en plastique à base de Polyéthylène téréphtalate (PET) est plus recommandée que les autres, à cause de sa performance en recette solaire.

Il convient également de rappeler que, consommer de l'eau en bouteille nuit au portefeuille, à l'environnement, et « pourrait » nuire à la santé.

**MOTS-CLEFS:** Impact, Bouteille en plastique, Photo-épuration, eau, Boisson, Polyéthylène téréphtalate.

## **1 INTRODUCTION**

L'eau influence favorablement ou défavorablement 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 proviennent soit des substances chimiques toxiques, ou encore des micro-organismes divers (virus, bactéries, protozoaires) (Cairn Cross, 1989).

Selon la nutritionniste Hélène Baribeau (2017) pour rester en bonne santé il faut boire entre 1,5 et 2L d'eau par jour. Il reste à savoir quelle est l'eau à privilégier, celle du robinet ou celle des bouteilles d'eau ? « En consommant en moyenne plus de 142 litres d'eau minérale naturelle en 2006, les Français sont après les Italiens et juste derrière les Espagnols, parmi les premiers consommateurs d'eau minérale naturelle en Europe et dans le monde. » d'après la Chambre Syndicale des Eaux Minérales.

L'eau en bouteille plastique contient deux fois plus d'hormones que l'eau du robinet.

Selon une étude menée par deux chercheurs allemands, publiée dans la revue *Environmental Science and Pollution Research*, le plastique libère dans l'eau des hormones (mâles ou femelles) que l'on appelle perturbateurs endocriniens. Ces hormones, même à de très faibles doses, seraient susceptibles de perturber les fonctions reproductrices de l'homme. L'étude s'est faite sur 20 emballages d'eaux minérales en Allemagne qui contiennent tous du PET (Polyéthylène Téréphtalate) et sur de l'eau dans des contenants en verre afin de pouvoir effectuer une comparaison. « Dans douze d'entre elles, les chercheurs ont noté dans l'eau des bouteilles en plastiques une activité hormonale deux fois plus élevée » [3]. Cette révélation a immédiatement fait bondir les industriels du plastique qui précisent que l'étude ne permet pas de conclure à un risque pour la santé.

Une bouteille en plastique est un emballage destiné à contenir, protéger et transporter des liquides. Le plastique offre une très grande commodité d'élaboration (fabrication de la bouteille dans l'usine d'embouteillage, pas de transport de bouteille vide comme pour le verre) et son poids, jusqu'à dix fois plus faible que le verre, réduit énormément le rejet de CO<sub>2</sub> dans le transport des liquides.

Les premières bouteilles en plastique sont apparues dans les années 1960, elles étaient en PVC et utilisées pour les produits alimentaires et ménagers. Elles sont fabriquées par le procédé de moulage par soufflage. Elles nécessitent un quart de leur volume en pétrole pour être produites, distribuées, puis recyclés (André Picot, 2013).

En 2006, la marque Cristalline a lancé le slogan « Qui prétend que l'eau du robinet a toujours bon goût ne doit pas en boire souvent ! » ou « Je ne bois pas l'eau que j'utilise » qui ont provoqué une réelle polémique. La marque s'est attirée de nombreuses critiques et était notamment accusée de vouloir effrayer le consommateur quant à la qualité de l'eau du robinet qui est l'aliment parmi les plus surveillés en France. L'eau du robinet est d'ailleurs parfois même plus surveillée que certaines

eaux en bouteille .Le coût par rapport à l'eau du robinet est beaucoup plus élevé. Nous estimons que boire de l'eau en bouteille coûte entre 200 et 300 fois plus cher que de boire l'eau du robinet (ce calcul est approximatif car le prix de l'eau du réseau et le prix de l'eau en bouteille peut grandement varier en fonction, respectivement, de la région et de la marque). Nous voyons tout de suite que l'écart de prix est énorme et que consommer de l'eau en bouteille est un luxe. Selon l'étude Suisse « Ecobilan eau potable – eau minérale » réalisée par ESU-Services (bureau expert en analyse de cycle de vie), l'eau du robinet est 1000 fois plus écologique que l'eau minérale (en bouteille ou en bonbonne). En 2004, la France a produit 11 milliards de litres d'eau minérale naturelle dont 6,6 milliards pour le marché français et 4,4 milliards pour l'exportation. Leur production a environ doublé en dix ans (ANSES , 2016). Toute cette production se fait avec du pétrole, une énergie non renouvelable. D'énormes quantités de pétrole servent à la fabrication des bouteilles plastiques, matière première qu'il faut importer à l'usine d'embouteillage, qui va également consommer de l'énergie pour la confection des contenants. Une fois conditionnée l'eau est acheminée sur de nombreux kilomètres par train, bateau ou camion. Il est totalement aberrant d'un point de vue écologique de retrouver des bouteilles de Perrier ou d'Evian à Los Angeles aux Etats-Unis, par exemple, alors que l'eau coule des robinets. En conclusion, la quantité de déchets occasionnée et de CO<sup>2</sup> rejeté est phénoménale.

Une bouteille d'eau, une fois dans les mains du consommateur, a une durée de vie extrêmement faible. En effet, le contenu est rapidement bu et la bouteille finit aussitôt à la poubelle avec les ordures ménagères dans 88% des cas selon SDWF (Safe Drinking Water Foundation au Canada) et parfois dans les collectes de tri sélectif pour être recyclé ou incinéré (libérant des gaz très toxiques comme le chlore pour le PVC).

Une bouteille en plastique n'est pas ou n'est que très peu dégradabile naturellement. Il est estimé qu'une bouteille mets 1000 ans pour se dégrader dans la nature ! Malheureusement les bouteilles finissent bien souvent dans des décharges (dans le tiers monde) et sont ainsi enfouis sous terre dans le meilleur des cas ou terminent dans les océans. Les bouteilles se dégradent plus vite dans la mer (avec la salinité de l'eau et le rayonnement solaire) en petits fragments qui sont avalés par les oiseaux, poissons etc. contaminant toute la chaîne alimentaire et provoquant également des nappes de plastiques visqueuses. « L'inquiétude grandit devant les montagnes de plastique qui s'accumulent dans l'environnement. Au point qu'il existe aujourd'hui un véritable océan de plastique ».

Après avoir vu que consommer de l'eau en bouteille est à la fois mauvais pour l'environnement et pour son portefeuille, reste-t-il encore des avantages à boire de l'eau en bouteille (ANSES , 2016).

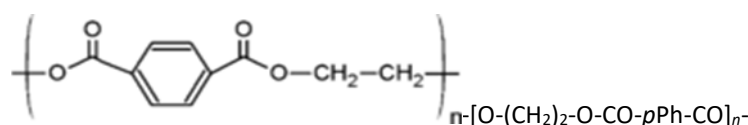
Les polymères utilisés sont (Sandra Besson, 2014 ):

**1° Le PET ou PETE (polytéréphtalate d'éthylène)**, est le matériau le plus utilisé pour les bouteilles d'eau gazeuse. Apparu en 1992, le PET a remplacé le PVC à la fin des années 1990, pour les bouteilles d'eau, réduisant d'un tiers le poids des bouteilles (30 g pour une bouteille de 1,5 L en PET, contre 50 g pour une bouteille en PVC de même capacité).

Les bouteilles en PET sont élaborées par injection-soufflage qui part d'une paraison réalisée par moulage par injection.

Le PET fait suffisamment barrière aux gaz pour conditionner l'eau gazeuse.

Les bouteilles en PET sont susceptibles de relarguer des traces de trioxyde d'antimoine, utilisé comme catalyseur lors de la polymérisation du polyéthylène haute densité (PEHD). Toutefois, les valeurs maximales mesurées sont de l'ordre de 0,5 µg·L<sup>-1</sup>, soit dix fois moins que la norme européenne qui est de 5 µg·L<sup>-1</sup> d'antimoine.



**Structure du polytéréphtalate d'éthylène**

Selon des toxicologues allemands, le polytéréphtalate d'éthylène serait dangereux pour la santé et porterait atteinte à la fertilité des hommes et des femmes. Cette information a été toutefois démentie par l'Institut fédéral allemand d'évaluation des risques (BfR) et ses résultats fortement critiqués par le professeur Jean-François Narbonne.

Toutefois, l'ensemble des phtalates est suspecté, avec une présomption plus ou moins forte selon l'avancement des études, d'être toxique pour la reproduction, assez forte cependant pour que la Commission européenne ait programmé leur limitation de plus en plus étendue. La toxicité présente *a priori* un risque pour les seuls bébés, ceux-ci pouvant au cours d'opérations médicales recevoir jusqu'à plus de vingt fois la dose limite de 0,15 g de DEHP par jour pour un kilogramme de leur poids, ainsi

que pour les adolescents prépubères en soins intensifs. C'est la façon dont le phtalate est associé au plastique qui fait que celui-ci peut migrer plus ou moins facilement dans l'organisme. Le risque n'est pas avéré avec le PET. Mais comme il est indiqué ci-dessus, le polytéréphtalate d'éthylène ne contient aucun phtalate, de sorte que les risques indiqués ne semblent pas s'appliquer.

**2° Le PEHD, ou HDPE**, polyéthylène haute densité : bouteilles semi-rigides, opaques, utilisées pour les bouteilles de lait et les flacons de produits liquides d'entretien.

Les bouteilles en PEHD sont élaborées par extrusion-soufflage.

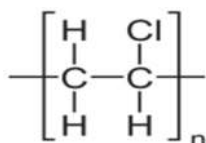
**3° Le PVC ou polychlorure de vinyle**, est un polymère thermoplastique de grande consommation, amorphe ou faiblement cristallin, principal représentant de la famille chloropolymères.

Il est préparé à partir de deux matières premières : à 57 % de sel de mer (NaCl) et à 43 % de pétrole ; c'est la seule matière plastique constituée par plus de 50 % de matière première d'origine minérale. Sous sa forme rigide (non plastifié), était utilisé depuis la fin des années 1960 jusque dans les années 1990, mais son radical chlore se transforme lors de la combustion en acide chlorhydrique. Ces vapeurs sont toxiques et, en raison de la médiocre filtration des fumées d'incinération de l'époque, furent à l'origine des pluies acides qui ont détérioré certaines forêts. Le PVC a été remplacé par le PET, pour les bouteilles d'eau potable.

Les bouteilles en PVC sont élaborées par extrusion-soufflage.

Le PVC est considéré comme dangereux pour la santé et pour l'environnement. Il contient du plomb, du cadmium, des phtalates et du DEHA.

L'adipate de bis (2-éthylhexyle), appelé également DEHA, est un produit chimique qui est susceptible de provoquer le cancer (étude sur des animaux en laboratoire), d'avoir des impacts négatifs sur le foie, les reins, la rate et la formation osseuse.



*Structure du polychlorure de vinyle*

**4° Le PP ou polypropylène** commence à apparaître dans l'élaboration des bouteilles.

**5° Le PC ou polycarbonate** est, à la différence des matériaux précédents, stérilisable comme le verre. Cette qualité comme son prix le destinent à un usage de bouteilles réutilisables. C'est le matériau de prédilection des biberons. Pour l'emballage du lait, on le rencontre en Allemagne et en Autriche, les bouteilles sont alors consignées. Elles sont absolument incassables, ce qui est très apprécié de la grande distribution (moins de risque, moins de perte). Il faut cependant signaler la présomption de toxicité du BPA, un constituant du polycarbonate, résidu de sa polymérisation. Voir « Risque du plastique BPA » dans l'article sur le biberon. Les plastiques de cette catégorie contiennent du Bisphénol A (BPA), un perturbateur endocrinien. Le BPA migre du plastique vers le liquide dans de plus grandes proportions lorsque le liquide est chaud et/ou gras.

**6° Le PLA ou acide polylactique** est annoncé comme la réponse verte à l'invasion des bouteilles PET. Certaines marques (Biota Brands aux États-Unis, en faillite, ou Végétal & Mineral Water en Champagne) ont opté pour ce matériau compostable. Mais le compostage, qui réduit effectivement le volume de déchets enfouis ou incinérés, est parfois considéré comme peu adapté. Les bouteilles qui échappent au compostage risquent de perturber la chaîne de recyclage faute de les distinguer du PET ; cette distinction nécessiterait des investissements dans des techniques existantes de la part de l'industrie du recyclage. La biodégradation d'un bioplastique en milieu anaérobie génère du méthane, un puissant gaz à effet de serre (près de 23 fois plus que le CO<sub>2</sub>) ; il faut donc comparer ce bilan (plastique produit avec des plantes puis composté) avec celui des plastiques produits avec des ressources fossiles puis enfouis ou incinérés. Une autre solution de fin de vie des produits en PLA est le procédé de recyclage Loopla de la société Galactic ; il permet de retransformer les matériaux à base de PLA en acide lactique en éliminant les autres composants ; ce système est bien sûr particulièrement adapté aux collectes spécifiques, par exemple lors de grandes manifestations où seuls des bouteilles et gobelets en PLA sont utilisés. C'est un procédé de recyclage chimique.

7° **Le Polystyrène ou PS**, contient du styrène qui est considéré comme toxique pour le cerveau et le système nerveux. Il a des effets indésirables sur le foie, les reins, l'estomac et les globules rouges.

En République Démocratique du Congo, en général et en Province Orientale en particulier, il existe une disparité entre les villes et au sein des villes et cela s'exprime en termes de qualité et quantité d'eau de consommation entre les zones bien équipées (zones régulières) et les zones faiblement équipées (zones irrégulières).

Néanmoins, la pénurie d'eau est caractérisée ici par l'abondance de l'eau souillée dont l'utilisation constitue une entrave à l'émergence économique et sociale. Les critères qui fondent la pénurie d'eau dans la région de Bengamisa sont l'absence ou faible accès à l'eau potable, la prépondérance des maladies liées à l'eau et surtout le "doute" qu'ont les consommateurs sur la qualité de cette ressource.

Etant donné que la région de Bengamisa se situe dans la forêt tropicale, bénéficiant ainsi d'un climat équatorial où le soleil est trop ardent et avec une forte chaleur, l'eau consommée par la population de Bengamisa après sa désinfection par rayonnement solaire à base de bouteille en PET est de bonne qualité physico-chimique et bactériologique; et surtout que le rayonnement UV-A a un effet létal sur les pathogènes humains présents dans l'eau en interagissant directement avec leur ADN ainsi que sur les autres acides nucléiques et les enzymes des cellules vivantes, modifiant la structure moléculaire et conduit à la mort cellulaire.

D'une manière générale, l'objectif poursuivi par cette étude est d'évaluer l'impact des bouteilles en plastique dans le traitement de l'eau de boisson par rayonnement solaire et son impact sur la santé humaine.

D'une manière spécifique, cette recherche se charge de :

- Déterminer l'impact lié à l'usage des bouteilles en plastique après la photo-épuration de l'eau ;
- Déterminer le taux de réduction de germes en tenant compte des bouteilles en plastique utilisés ; et,
- Apprécier l'efficacité de traitement de l'eau par cette méthode de désinfection physique.

## 2 METHODOLOGIE

Pour atteindre les objectifs fixés, nous avons traité l'eau de consommation par la méthode de SODIS. Celle-ci consiste à :

- Laver soigneusement la bouteille en plastique ;
- remplir à  $\frac{3}{4}$  la bouteille à l'eau ;
- secouer la bouteille pendant 30 secondes ;
- remplir complètement la bouteille et visser le couvercle ;
- placer la bouteille sur un support métallique pendant 6 heures en plein soleil ;
- l'eau est potable et prête à être consommée.

Pour maximaliser les recettes solaires, il est préférable de colorer la moitié de la bouteille en noir, car la couleur noire absorbe plus la chaleur que les autres couleurs (Duebendorf, 2005).

En effet, les analyses chimiques consistent à déterminer la composition naturelle des impuretés de l'eau et à étudier ses équilibres. Ainsi, les paramètres ci-dessous ont fait l'objet de nos analyses : Le pH, M.O, couleur, turbidité, nitrate, nitrite, fer total et température.

Toutefois, ces analyses ont été réalisées avant et après photo-épuration de l'eau à base des bouteilles en polyéthylène téréphtalate (PET).

L'étude s'est déroulée dans la région de Bengamisa ; et que les échantillons prélevés ont été amenés sous glacière au laboratoire de la REGIDESO pour analyses. Ainsi, 18 échantillons d'eau ont été prélevés dans les 6 sources, pendant la période allant de janvier à décembre 2015.

Afin, une observation directe avec interview de 50 personnes, sur l'usage et gestion des bouteilles en plastique par la population rurale a été faite pour mesurer leur impact.

## 3 RESULTATS

Les résultats des analyses physico-chimiques avant et après la désinfection des eaux des sources analysées sont représentés dans les tableaux 1 à 3, conformément aux différents paramètres étudiés, mais aussi ceux de l'impact au tableau 4.

### 3.1 VARIABLES PHYSICO-CHIMIQUES AVANT DÉSINFECTION

Le tableau 1 consigne les valeurs moyennes des variables étudiés avant la désinfection par rayonnement solaire.

**Tableau 1. Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques obtenues avant désinfection**

Source	Variables							
	T°C	pH	M.O (mg/l)	Couleur Hazen	Turbidité FTU	Nitrate (mg/l)	Nitrite (mg/l)	Fer total (mg/l)
Campus ISEA	26	6,3	2,7	6	2	6,2	0	0
BELGIKA	26	6,3	2,4	3	3	6,2	0	0
BAMBACHE	26	6,3	2,1	4	2	6,1	0	0
ABODONGWE	24	6,5	3,1	3	2	4,3	0	0
KIMBANGU	23	6,5	2,9	0	3	5,7	0	0
YAMBOLOWI	24	6,5	3,2	0	1	3,4	0	0
Moyenne	24,8	6,4	2,7	2,6	2,1	5,3	0	0

L'observation du tableau 1 relative à la qualité physico-chimique de l'eau avant la désinfection par le rayonnement solaire montre que celle-ci peut varier très sensiblement d'un point d'eau à l'autre. Toutefois les valeurs moyennes des différents paramètres physico-chimiques (T°, pH, M.O, Couleur, Turbidité, Nitrate, Nitrite et Fer total) sont respectivement 24,8 °C ; 6,4 ; 2,7 mg/l, 2,6 hazen, 2,1 FTU, 5,3 mg/l ; 0 mg/l et 0 mg/l.

### 3.2 VARIABLES PHYSICO-CHIMIQUES APRÈS DÉSINFECTION

Le tableau 2 met en exergue les valeurs moyennes des variables étudiés après la désinfection par rayonnement solaire.

**Tableau 2. Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques obtenues après désinfection solaire**

Sources	Variables							
	T°C	pH	M.O (mg/l)	Couleur Hazen	Turbidité FTU	Nitrate (mg/L)	Nitrite (mg/L)	Fer total (mg/L)
Campus ISEA	26	6,5	1,2	6	2	3,1	0,06	0,07
BELGIKA	27	6,3	1	3	3	3,2	0,04	0,011
BAMBACHE	26	6,4	1,1	4	2	3,1	0,04	0,013
ABODONGWE	26	6,5	1,1	3	2	1,3	0,05	0,015
KIMBANGU	23	6,5	0,9	0	3	2,7	0,04	0,01
YAMBOLOWI	24	6,5	1,2	0	1	1,4	0,06	0,017
Moyenne	25,33	6,45	1,08	2,67	2,17	2,47	0,05	0,02

Le résultat de la qualité physico-chimique de l'eau après la désinfection par le rayonnement solaire tel que stipule le tableau 2 montre une certaine variation entre les différents points d'eau. En effet ; les valeurs moyennes des différents paramètres physico-chimiques (T°, pH, M.O, Couleur, Turbidité, Nitrate, Nitrite et Fer total) sont respectivement 25,33°C ; 6,45; 1,08mg/l ; 2,67hazen ; 2,17 FTU, 2,47mg/l ; 0,05 mg/l et 0,02mg/l.

### 3.3 COMPARAISON DES MOYENNES DES PARAMÈTRES DE DIFFÉRENCE AVANT ET APRÈS PHOTO-ÉPURATION DE L'EAU

Le Tableau 3 ci-dessous nous renseigne sur la comparaison des moyennes de quelques paramètres physico-chimiques qui ont présenté la différence avant et après désinfection de l'eau par rayon solaire.

**Tableau 3. Comparaison des moyennes de quelques paramètres physico-chimiques avant et après désinfection solaire**

Paramètres	Période	Moyenne	df	IC à 5%	t-test	p-value	décision
Température	Avant	24,83	9,84	0,447 0,55	0,61	0,55	Non sig
	Après	25,38					
pH	Avant	6,40	9,35	0,046 0,05	0,88	0,39	Non sig
	Après	6,45					
Mat. Susp	Avant	2,73	5,56	-2,092 -1,20	-9,09	0	Sig
	Après	1,83					
Nitrate	Avant	5,31	9,23	-4,209 -1,49	-4,72	0	Sig
	Après	2,46					

Il se dégage du tableau 3 qu'il n'y a pas de différence entre le pH et la T° prélevés avant et après désinfection solaire de l'eau. Mais elle est plutôt observée sur les paramètres matières en suspension et nitrate. Donc, la corrélation de ces derniers paramètres est significative au niveau 0,05 ; ce qui revient à dire qu'il y a de liaison entre les paramètres exprimés, et ils sont considérés comme indicateurs de pollution car ils changent.

### 3.4 IMPACTS DE BOUTEILLE EN PLASTIQUE

Le tableau 4 dispose des informations sur les faits causés par les bouteilles en plastique après usage.

**Tableau 4. Impacts observés après usage des bouteilles en plastique**

Impact	f.a	f.o	%
Déchet	50	50	100
Production de CO <sub>2</sub> après incinération	50	35	70
Effets indésirables sur la Santé	50	39	78
Substance non biodégradable	50	44	88

Il se dégage du tableau 4 ci-dessus que, les bouteilles en plastique présentent des impacts négatifs considérables sur la nature, dont les plus incriminés sont : production de déchets, de CO<sub>2</sub>, effets indésirables sur la santé et constituent une substance non biodégradable, avec respectivement 100% ; 70% ; 78% et 88% des cas.

## 4 DISCUSSION DES RESULTATS

Etant donné qu'au milieu rural il se pose les problèmes de traitement de l'eau de boisson, de l'insuffisance de l'assainissement et du changement climatique ; qui sont des facteurs à impact négatif sur la qualité physico-chimique de l'eau, la discussion de nos investigations tourne tout autour des paramètres liées à cet état des choses.

### 4.1 LA QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU

Les tableaux 1 et 2, montrent qu'avant et après la désinfection de l'eau de sources étudiées, la température moyenne de l'eau dans l'ensemble des sources était de 24,8 °C (avant la désinfection) et de 25,3°C (après la désinfection). De semblables températures ont déjà été observées par Kazadi et n'ont rien d'étonnant, car elles sont caractéristiques de la région de Kisangani et de sa périphérie (Kazadi, 2012).

L'eau est relativement acide dans l'ensemble des sources étudiées avec un pH moyen de 6,4 (avant la désinfection) et 6,4 (après la désinfection). Cette acidité est très certainement liée à la nature géologique de terrains aquifères. Au cours de notre étude, aucune source (avant et après la désinfection) n'a présenté une coloration, une turbidité, un taux de nitrate, de nitrite et de fer total au-delà de la norme qui sont de : couleur (0-15 Hazen) ; turbidité (inférieur à 5FTU) ; nitrate (0-25 mg/l) ; nitrite (0-0,2 mg/l) et fer total (0-0,2 mg/l).

Ces résultats ne concordent pas avec ceux obtenus par d'autres auteurs qui ont analysé les puits d'eau situés au centre-ville, dans des quartiers à forte densité humaine et ont expliqué la présence élevée des nitrates dans l'eau par des apports anthropiques divers, et aussi à la proximité des fosses d'aisance (Boulal., 1997 ; Mpakam., 2009).

Par ailleurs, avant la désinfection par le rayonnement solaire, en ce qui concerne la teneur des matières en suspension, toutes les sources n'ont présenté que des valeurs au-delà de la norme (0-2,2 mg/l). Nous pensons comme Kazadi que la présence de ces éléments traduit la pollution des eaux étudiées et cette situation pourrait s'expliquer par le niveau de l'assainissement et de l'hygiène publique aux alentours du puit d'eau (Kazadi., Op cit).

Après le traitement de l'eau par la désinfection solaire, toutes les sources d'eau ont présenté une teneur en matière de suspension respectant les normes.

Les résultats statistiques du tableau 3 montrent que la différence des moyennes des paramètres physico-chimiques étudiés avant et après la désinfection par rayon solaire est non significative, car paramètre-value est supérieur à 5 %, sauf dans le cas des matières en suspension et teneur en nitrate dont la différence des moyennes est significative, car paramètre p-value est inférieur à 5 %.

Notre étude montre que l'aspect physico-chimique de l'eau des sources analysées reste inchangé avant et après la désinfection par rayon solaire sauf pour la teneur en nitrate et en matière d'origine animale et végétale en décomposition dans l'eau qui diminuent sensiblement après le traitement de l'eau. Ces résultats sont, sans surprise, en concordance avec ceux obtenus par d'autres auteurs qui ont montré que la méthode de désinfection de l'eau par rayon solaire ne modifie pas les paramètres physico-chimiques de l'eau (Meierhofer, et Wegelin 2005 ; Kazadi 2012).

#### **4.2 IMPACT DES BOUTEILLES EN PLASTIQUE**

L'analyse de ce variable montre que, les bouteilles en plastique présentent des impacts négatifs considérables sur la nature, dont les plus incriminés sont : production de déchets, de CO<sub>2</sub>, effets indésirables sur la santé et constituent une substance non biodégradable, avec respectivement 100% ; 70% ; 78% et 88% des cas.

En effet, les résultats de nos investigations corroborent ceux des autres auteurs qui estiment qu'après que le contenu soit rapidement bu, la bouteille finit aussitôt à la poubelle avec les ordures ménagères dans 88% des cas selon SDWF (Safe Drinking Water Foundation au Canada) et parfois dans les collectes de tri sélectif pour être recyclé ou incinéré (libérant des gaz très toxiques comme le chlore pour le PVC). Aussi, une bouteille en plastique n'est pas ou n'est que très peu dégradée naturellement. Il est estimé qu'une bouteille met 1000 ans pour se dégrader dans la nature. Malheureusement les bouteilles finissent bien souvent dans des décharges (dans le tiers monde) et sont ainsi enfouies sous terre dans le meilleur des cas ou terminent dans les océans. Les bouteilles se dégradent plus vite dans la mer (avec la salinité de l'eau et le rayonnement solaire) en petits fragments qui sont avalés par les oiseaux, poissons etc. contaminant toute la chaîne alimentaire et provoquant également des nappes de plastiques visqueuses. « L'inquiétude grandit devant les montagnes de plastique qui s'accumulent dans l'environnement. Au point qu'il existe aujourd'hui un véritable océan de plastique » (ANSES, 2016).

### **5 CONCLUSION**

Au regard des résultats de nos investigations sur l'impact des bouteilles en plastique dans la photo-épuration de l'eau de boisson, il ressort que la photo-épuration de l'eau ne modifie pas tellement les paramètres physico-chimiques de l'eau de boisson.

De même, il est à noter que tous les plastiques ne sont pas anodins et qu'il faut se méfier en achetant non seulement de l'eau en bouteille mais également d'autres produits/aliments conditionnés avec du plastique. Mais, il est plutôt important de savoir quel type de plastique qu'on a à faire ; et que tous les codes, en général, sont mentionnés sur le fond des bouteilles, récipients, bouchons, etc. Pour ce faire, la bouteille en plastique à base de Polyéthylène téréphtalate (PET) est plus recommandée que les autres, à cause de sa performance en recette solaire.

Il convient également de rappeler que, consommer de l'eau en bouteille nuit au portefeuille, à l'environnement, et « pourrait » nuire à la santé.



## REFERENCES

- [1] Cairn Cross, 1989 : L'éducation sanitaire aux programmes d'approvisionnement en eau, pp 125-133.
- [2] Hélène Baribeau, 2017 : Bouteilles à boissons en PET, 2p.
- [3] André Picot, 2013 : L'Antimoine, un vieux toxique toujours méconnu, 4p.
- [4] ANSES ,2016 : L'eau en bouteille est-elle dangereuse ?, 8p.
- [5] Sandra Besson, 2014 : « San Francisco interdit les bouteilles d'eau en plastique », 15p.
- [6] Duebendorf, 2005 : Désinfection solaire de l'eau. Guide pour l'application de Sodis, 84p.
- [7] Kazadi, 2012 : Contribution à l'étude de la qualité et de la gestion de l'eau de boisson dans la région de Kisangani, thèse inédite, Fac des sciences, UNIKIS, 248 p.
- [8] Boulal , 1997 : Qualité de l'eau et faune aquatique des puits près d'Agadir, dans le secteur aval de la plaine du Souss (Maroc). Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 133 : pp 59-70.
- [9] Meierhofer, et Wegelin 2005 : Désinfection solaire de l'eau : Guide pour application de SODIS, Genève, Suisse, 84p.
- [10] Mpakam., 2009 : vulnérabilité à la pollution des ressources en eau à Bafoussam et incidence socio-économiques et sanitaires : modalité d'assainissement. Thèse de Doctorat, Université de Yaoundé I, 267p.