



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Evaluation de la qualité des "pure water" vendues à Niamey (Niger)

Bachir MIJITABA SAHIROU*, Mahaman Sani LAOUALI, Abdoukadi AYOUBA MAHAMANE, Hassane HASSANE ADAMO, Haoua AMADOU, Abdou Salam MANZOLA et Barhamou GARBA HASSANE

Laboratoire Matériaux-Eaux-Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni de Niamey (UAM), BP 10662 Niamey, Niger.

*Auteur correspondant; E-mail : bmijitaba@gmail.com; Tél. +227 98 07 80 90

Received: 05-08-2020

Accepted: 25-12-2020

Published: 31-12-2020

RESUME

Les eaux conditionnées en sachet plastique, communément appelées "pure water", ont depuis quelques années, gagné la confiance du public nigérien en raison de leur faible prix, leur disponibilité, la commodité, et de la perception de qualité par les consommateurs. Ce travail étudie l'impact du stockage sur la qualité des "pure water" vendues à Niamey. Ainsi, onze parmi les douze paramètres physico-chimiques analysés ont été suivis pendant six semaines de stockage des "pure water" au soleil et à la température ambiante de laboratoire. A l'issue des résultats obtenus, les paramètres physico-chimiques sont dans les normes hormis la turbidité et le chlore résiduel. Sur le plan bactériologique, les germes totaux, les salmonelles, les streptocoques fécaux et les *Escherichia coli* ont été identifiés. Par ailleurs, le suivi de l'évolution des paramètres analysés pendant six semaines de stockage a révélé une altération de la qualité organoleptique qui se manifeste à la quatrième semaine et un développement des *Escherichia coli* pour les "pure water" exposées au soleil. Cette étude a montré, d'une part, que ces "pure water" seraient impropres à la consommation humaine et d'autre part, leur stockage pendant une période prolongée et une température élevée affecte leurs qualités.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Qualité physico-chimique, qualité bactériologique, stockage, eau en sachet.

Evaluation of the quality of "pure water" sold in Niamey, Niger

ABSTRACT

In recent years, sachet water known as "pure water" has gained the confidence of the Nigerien public because of its low price, availability, convenience, and quality perception by consumers. This study highlights the impact of storage on the quality of pure water sold in Niamey. Thus, eleven of the twelve analyzed physicochemical parameters have been monitored during six weeks of "pure water" storage in the sun and at laboratory ambient temperature. From the results obtained, the physicochemical parameters are in norms except the turbidity and the residual chlorine. On the Bacteriological plan, the total germs, the salmonellae, the fecal streptococci and the *Escherichia coli* have been identified. In addition, the monitoring of the evolution of the parameters analyzed during six weeks of storage revealed a change of the organoleptic quality that appears in the fourth week and a development of *Escherichia Coli* for the "pure water" exposed in the sun. This study showed,

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i9.35>

8635-IJBCS

on the one hand, that these "pure water" would be unfit to the human consumption and on the other hand, their storage for a prolonged period and a high temperature affects their qualities.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Physicochemical quality, bacteriological quality, storage, sachet water.

INTRODUCTION

L'eau est une ressource primaire indispensable dont dépend toute l'humanité. Sa bonne qualité est nécessaire et indispensable au développement de l'être humain et à son bien-être (Sheshe et Magashi, 2014 ; Akiyo, 2017). Toutefois, lorsqu'elle est de mauvaise qualité, elle peut être vectrice de nombreuses maladies d'origines bactériennes (la diarrhée, le choléra, la fièvre typhoïde, la dysenterie etc.) et chimiques (la fluorose osseuse, le saturnisme, la méthémoglobinémie etc.). Ainsi, selon l'Organisation Mondiale de la Santé, près de 500 millions de personnes sont confrontées chaque année à des maladies infectieuses d'origines hydriques. De plus, dans les pays en développement, 80% des maladies et plus du tiers des décès sont imputables aux maladies à transmission hydriques (Atidegla et al., 2010). En outre, l'accès à l'eau potable est à la base de la plupart des problèmes que connaissent les pays en développement ; près des milliards de personnes sont privées des sources améliorées d'eau potable et plus d'un tiers d'entre eux vivent en Afrique subsaharienne (Hounsou et al., 2010 ; Stoler, 2012). En Afrique de l'ouest, la croissance démographique a dépassé les efforts locaux visant à étendre les services d'eau potable. Au Niger, l'accès à l'eau potable est depuis des décennies un souci majeur tant pour la population que pour les politiques. Cependant, la couverture en termes d'accès à cette denrée rare reste relativement faible. En effet, selon le rapport de L'INS-Niger (Institut Nationale de la Statistique) en 2016, à l'échelle nationale, 50,4% des ménages utilisent de l'eau provenant d'une source améliorée (Forage, puits cimenté, ...). Cette situation due aux limites en matière d'infrastructures couplées à la pression démographique et à la pauvreté a conduit à l'instar des pays voisins à la vente

d'eau par les secteurs privés visant à combler un important déficit pour les besoins des ménages. Dans ce contexte, la vente d'eau en plusieurs modes de livraison (eau conditionnée en bidon, en bouteille et en sachet plastique) s'est développée. Le développement du marché de l'eau de boisson conditionnée en sachet plastique, appelée "pure water", est un phénomène relativement récent. Il semble être né au Nigéria et rapidement adopté au Ghana puis répandu dans tous les pays contigus au Nigéria et en Guinée (Stoler et al., 2012). Au Niger, les eaux conditionnées en sachet plastique ont, depuis quelques années, attiré l'attention des consommateurs en raison de leur faible prix, de leur disponibilité, de la commodité et de la perception du public que l'eau en sachet plastique est d'une qualité supérieure. Dans ce contexte, il paraît nécessaire d'approfondir les investigations sur les eaux conditionnées en sachets plastiques vendues à Niamey sur le plan physico-chimique et microbien. Ainsi, l'objectif principal de cette étude était d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des "pure water" vendues à Niamey ainsi que l'impact des conditions du stockage sur la qualité de ces eaux. Plus spécifiquement, il s'agit de déterminer certains paramètres physico-chimique et bactériologique, puis d'étudier l'évolution de ces paramètres pendant le stockage.

MATERIEL ET METHODES

Enquête et échantillonnage

Dans le but de mieux apprécier les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux conditionnées en sachets plastiques vendues à Niamey, une enquête a été menée dans cette ville. Il s'est agi, entre autres, des questions liées à l'hygiène et

au stockage des eaux en sachets. Ainsi, 17 sites de fabrication et 17 points de ventes des "pure water" dans les cinq Arrondissements communaux de la ville de Niamey ont été visités. A l'issue de cette enquête, cinq sites de fabrication des "pure water" ont été sélectionnés et chaque site a fait l'objet d'un prélèvement. Chaque échantillon est composé d'un lot de dix sachets d'eau fabriqués dans les mêmes conditions. L'échantillon de chaque site a été scindé en sept (7) soit au total (35) échantillons. Les différentes analyses ont été effectuées pendant quatre périodes comme suit :

- Un échantillon de chaque site a été analysé juste après le prélèvement, soit 5 échantillons ;
- Deux échantillons de chaque site sont stockés pendant deux (2) semaines avant d'être analysés dont un échantillon stocké à la température ambiante de laboratoire et un échantillon exposé au soleil, soit dix (10) échantillons ;
- Deux échantillons de chaque site sont stockés pendant quatre (4) semaines avant d'être analysés dont un échantillon stocké à la température ambiante de laboratoire et un échantillon exposé au soleil, soit dix (10) échantillons ;
- Deux échantillons de chaque site sont stockés pendant six (6) semaines avant d'être analysés dont un échantillon stocké à la température ambiante de laboratoire et un échantillon exposé au soleil, soit au total dix (10) échantillons.

Les échantillons analysés juste après le prélèvement et ceux stockés pendant six semaines ont fait l'objet d'analyses bactériologiques.

Analyses physico-chimique et bactériologique

Le pH, la conductivité électrique et l'oxygène dissous ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un multimètre de marque WTW 3434. La turbidité et le chlore résiduel sont aussi mesurés *in situ* respectivement à l'aide d'un

turbidimètre HACH et d'un colorimètre HACH portatifs. Les paramètres chimiques ont été analysés au Laboratoire Matériaux-Eau-Environnement (LAMEE) de la Faculté des Sciences et Techniques (FAST) de l'Université Abdou Moumouni (UAM) de Niamey. Ces analyses ont été effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible Evolution 300 pour les ions nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-) et fer II (Fe^{2+}) et selon les méthodes titrimétriques décrites par Rodier et al. (2009) pour les ions chlorures Cl^- , calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}) et bicarbonates (HCO_3^-). Les ions sulfates (SO_4^{2-}) ont été déterminés par titrimétrie suivie par conductimétrie.

Pour les analyses bactériologiques, les germes totaux ainsi que les germes indicateurs de contamination fécale ont été déterminés. Ces analyses ont été effectuées à la salle bactériologique de la SEEN (Société des Exploitations des Eau du Niger) à Niamey. Les méthodes utilisées pour identifier et dénombrer ces bactéries sont les techniques par incorporation en gélose et par filtration sur membrane (Rodier et al., 2009). Ce sont des méthodes très sensibles qui permettent de déterminer les bactéries à des faibles concentrations.

RESULTATS

Informations recueillies lors de l'enquête

A l'issue de cette étude, il ressort que sur les sites de leur fabrication, les "pure water" sont disposés par tas sur des terrasses visiblement sans grande hygiène dans la plupart des sites visités (Figure 1). La visite de ces lieux a laissé découvrir des salles d'ensachage difficiles à dépeindre ; elles comportent parfois des restes d'aliments, de l'eau qui coule lorsque les sachets sont endommagés, et bien d'autres équipages domestiques. D'autre part, certains fabricants s'efforcent à prendre soin de leurs locaux de travail. Certaines salles d'ensachage sont à l'intérieur des maisons, dans 23,52% des sites visités, et d'autres sont devant les rues dans 76,47% des sites visités.

Effets d'exposition des "pure water" au soleil

Les résultats de cette étude montrent, après deux semaines d'exposition des « pure water » au soleil, une décoloration visible de sachets d'eau (Figure 2). Elle se poursuit progressivement et est accompagnée d'un dégagement d'une odeur désagréable.

Résultats des analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a permis de détecter la présence de germes totaux (GT) dans chaque échantillon non stocké (Figure 3) en particulier les streptocoques fécaux et les salmonelles dans respectivement 100% et 40% des échantillons. Aucun *Escherichia coli* n'a été détecté après analyse dans 100 mL de chaque échantillon. L'absence des germes anaérobies sulfite réducteurs a été également constatée dans 100 mL de chaque échantillon. Le nombre des germes totaux et celui des streptocoques fécaux varient respectivement de 42 000 à 130 000 coliformes par 100 mL d'échantillon (UFC /100 mL) et de 4 à 88 UFC/100 mL. Le nombre des salmonelles varie de 20 à 80 UFC /100 mL.

Après 6 semaines de stockage, la présence des certains germes dans 100 millilitres d'eau a été aussi constatée ; à savoir les germes totaux, les *E. colis* et les streptocoques fécaux dans respectivement 90, 20 et 10% des échantillons analysés (Figure 4). La présence et le nombre des germes varient d'un échantillon à un autre. Ainsi, les streptocoques et les *E. coli* ont été identifiés seulement dans trois échantillons exposés au soleil (S6CITE, S6CIITE et S6CIVTE). Globalement, le nombre des germes a diminué dans tous les échantillons excepté deux échantillons (S6CITE et S6CIITE) pour lesquels le nombre des *E. coli* et celui de streptocoques ne font qu'augmenter.

Qualité physico-chimique des "pure water" analysées

Les teneurs minimales et maximales des paramètres physico-chimiques ainsi que

les teneurs moyennes sont consignées dans les Tableaux 1, 2 et 3.

Dans la suite du texte les semaines 2, 4 et 6 seront notées S2, S4 et S6. S0 désigne les échantillons non stockés.

Les échantillons stockés au laboratoire à la température ambiante sont CITA, CIITA, CIIITA, CIVTA et CVTA. Les échantillons exposés au soleil sont nommés CITE, CIITE, CIIITE, CIVTE et CVTE.

Le pH varie de 5,40 à 6,7 pour les échantillons non stockés (S0) (Tableau 1) avec une moyenne de 6,18. Pour les eaux en sachet stockées à la température ambiante de laboratoire pendant deux, quatre et six semaines, les moyennes des pH sont respectivement de 7,27 ; 7,23 et 7,37 (Tableau 2). D'autre part, pour les "pure water" exposées au soleil pendant deux, quatre et six semaines, les moyennes des pH sont respectivement de 7,32 ; 7,13 et 7,28 (Tableau 3). Ces valeurs sont comprises entre 6,5-8,5 recommandées par l'OMS pour l'eau de boisson excepté trois échantillons pour lesquels les pH sont de 5,40 ; 5,90 et 6,40.

Les échantillons analysés sont faiblement minéralisés. Les valeurs de conductivité oscillent entre 110,1 et 124,7 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ avec une moyenne de 115,78 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Pour les "pure water" stockées à la température ambiante de laboratoire pendant deux (S2), quatre (S4) et six (S6) semaines, les conductivités moyennes sont respectivement de 115,64 ; 114,94 et 114,74 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Tableau 2). D'autre part, pour les "pure water" exposées au soleil pendant deux (S2), quatre (S4) et six (S6) semaines, les conductivités moyennes sont respectivement de 115,32 ; 114,96 et 114,78 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Tableau 3).

Les teneurs en oxygène dissous varient entre 6,86 et 7,21 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ avec une moyenne de 7,01 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Tableau 1) pour les échantillons non stockées. Pour les "pure water" stockées à la température ambiante de laboratoire pendant deux (S2), quatre (S4) et six (S6) semaines, les teneurs moyennes sont respectivement de 7,44 ; 7,15 et 6,98 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Tableau 2). D'autre part, pour les "pure

water" exposées au soleil pendant deux (S2), quatre (S4) et six (S6) semaines, les teneurs moyennes sont respectivement de 7,45 ; 7,17 et 7,00 mg.L⁻¹ (Tableau 3). Ces valeurs sont supérieures à la quantité minimale qu'une eau de consommation doit contenir qui est de 5 mg.L⁻¹ (Rodier et al., 2009).

Les teneurs de chlore libre trouvées sont très variables. Pour les mesures effectuées lors du prélèvement des échantillons, ces teneurs varient entre 0,02 et 0,35 mg.L⁻¹ avec une moyenne de 0,15 mg.L⁻¹ (Tableau 1). Pour les "pure water" stockées à la température ambiante de laboratoire pendant deux, quatre et six semaines, les teneurs moyennes sont respectivement de 0,03 ; 0,02 et 0,11 mg.L⁻¹ (Tableau 2). Pour les "pure water" exposées au soleil pendant deux, quatre et six semaines, les teneurs moyennes sont respectivement de 0,03 ; 0,04 et 0,06 mg.L⁻¹ (Tableau 3). La quantité du chlore libre dans les sachets d'eaux diminue après deux semaines de stockage. Ces teneurs de chlore révèlent qu'elles ne sont pas conformes aux valeurs guides de l'OMS.

La valeur moyenne de turbidité est présentée au Tableau 1. La turbidité de ces "pure water" mesurée lors du prélèvement oscille entre 5,29 et 7,98 NTU. Tous les cinq échantillons sont turbides et dépassent la norme limite de 5 NTU. La turbidité n'a pas fait l'objet d'un suivi pendant le stockage des "pure water".

Les teneurs en sulfates déterminées durant les quatre périodes d'analyses sont très variables. La valeur moyenne pour les eaux en sachets non stockées est de 8,18 mg.L⁻¹ (Tableau 1). Pour celles stockées à la température ambiante de laboratoire pendant deux, quatre et six semaines, les teneurs moyennes en ions sulfates sont respectivement de 9,46 ; 8,88 et 10,04 mg.L⁻¹ (Tableau 2). Pour les eaux en sachet exposées au soleil pendant deux, quatre et six semaines, les teneurs moyennes des ions sulfates sont respectivement de 9,09 ; 9,15 et 9,47 mg.L⁻¹ (Tableau 3). Toutes ces valeurs sont acceptables pour l'eau de boisson car <

200 mg.L⁻¹ et n'entraînent pas une altération du goût de l'eau.

L'analyse de ces "pure water" vendues à Niamey a révélé des quantités normales (< 250 mg.L⁻¹) de chlorures variant de 7,1 à 10,65 mg.L⁻¹. La teneur moyenne des chlorures dans les échantillons non stockés est de 7,45 mg.L⁻¹ (Tableau 1). Pour les échantillons stockés à la température ambiante de laboratoire pendant deux, quatre et six semaines, les teneurs moyennes des chlorures sont respectivement de 7,61 ; 8,54 et 9,93 mg.L⁻¹ (Tableau 2). Pour les échantillons exposés au soleil pendant deux, quatre et six semaines, les teneurs moyennes des chlorures sont respectivement de 8,44 ; 10,36 et 9,93 mg.L⁻¹ (Tableau 3).

La teneur moyenne en ions calcium des eaux analysées directement après le prélèvement est de 39,99 mg.L⁻¹ (Tableau 1). Pour les eaux stockées à la température ambiante de laboratoire pendant deux, quatre et six semaines, les teneurs moyennes sont respectivement de 44,39 ; 41,56 et 45 mg.L⁻¹ (Tableau 2). D'autre part, pour les eaux exposées au soleil pendant deux, quatre et six semaines, les teneurs moyennes sont respectivement de 45,73 ; 41,19 et 44,30 mg.L⁻¹ (Tableau 3). Tous les échantillons étudiés ont des concentrations inférieures à la valeur maximale admissible qui est de 100 mg.L⁻¹.

Les teneurs en magnésium varient entre 8,16 et 22,08 mg.L⁻¹ pour les échantillons non stockés avec une moyenne de 12,81 mg.L⁻¹ (Tableau 1). Les teneurs moyennes après deux, quatre et six semaines de stockage à la température ambiante de laboratoire sont respectivement de 8,40 ; 9,64 et 9,00 mg.L⁻¹ (Tableau 2). D'autre part, pour les échantillons exposés au soleil pendant deux, quatre et six semaines, les teneurs moyennes sont respectivement de 8,32 ; 11,28 et 8,10 mg.L⁻¹ (Tableau 3) et toutes les valeurs sont en dessous de la norme qui est de 30 mg.L⁻¹.

Les résultats des analyses montrent que les eaux étudiées ont des concentrations en nitrates largement inférieures à 50 mg.L⁻¹. Les concentrations en ions nitrates varient de

0,370 à 0,380 mg.L⁻¹ pour les "pure water" analysées juste après le prélèvement (S0) avec une moyenne de 0,372 mg.L⁻¹ (Tableau 1). Les teneurs moyennes trouvées après deux, quatre et six semaines de stockage à la température ambiante de laboratoire sont respectivement de 0,35 ; 0,36 et 0,36 mg.L⁻¹ (Tableau 2). D'autre part, pour les échantillons exposés au soleil pendant deux, quatre et six semaines, les teneurs moyennes de nitrates sont respectivement de 0,36 ; 0,38 et 0,43 mg.L⁻¹ (Tableau 3).

Les concentrations en nitrites pour toutes les périodes d'analyses sont largement inférieures à la valeur guide de 300 µg.L⁻¹ des nitrites pour une eau de consommation. Les teneurs des nitrites déterminés dans les échantillons non stockés (S0) oscillent entre 1,40 et 4,82 µg.L⁻¹ (Figure 6) avec une moyenne de 3,48 µg.L⁻¹ (Tableau 1). Pour les échantillons stockés à la température ambiante de laboratoire pendant deux (S2), quatre (S4) et six

(S6) semaines, les teneurs moyennes sont respectivement de 1,78 ; 0,94 et 0,00 µg.L⁻¹ (Tableau 2). D'autre part, pour les échantillons exposés au soleil pendant deux (S2), quatre (S4) et six (S6) semaines, les teneurs moyennes sont respectivement de 1,82 ; 1,23 et 0,00 µg.L⁻¹ (Tableau 3).

Les résultats des analyses spectrophotométriques pour le dosage des ions fer (II) montrent des teneurs variant entre 0,02 et 0,09 mg.L⁻¹ avec une moyenne de 0,05 mg.L⁻¹ pour les échantillons non stockés (S0). Ces résultats sont illustrés à la Figure 7. A partir de la deuxième semaine de stockage (S2) la teneur en fer ferreux devient 0 mg.L⁻¹ pour tous les échantillons stockés à la température ambiante (de CITA à CVTA) et de 0 mg.L⁻¹ dans 80% des échantillons exposés au soleil. Toutes ces teneurs sont acceptables de consommation.



Figure 1 : Conditionnement et stockage des "pure water" dans un quartier à Niamey.

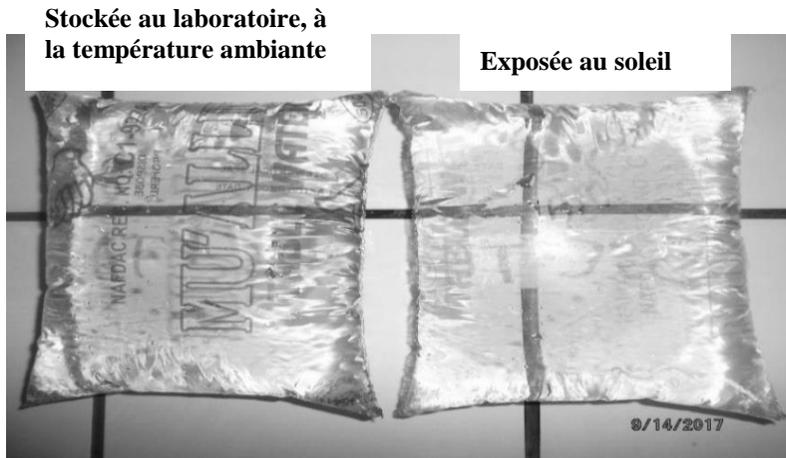


Figure 2 : Effet d'exposition des "pure water" au soleil après deux semaines.

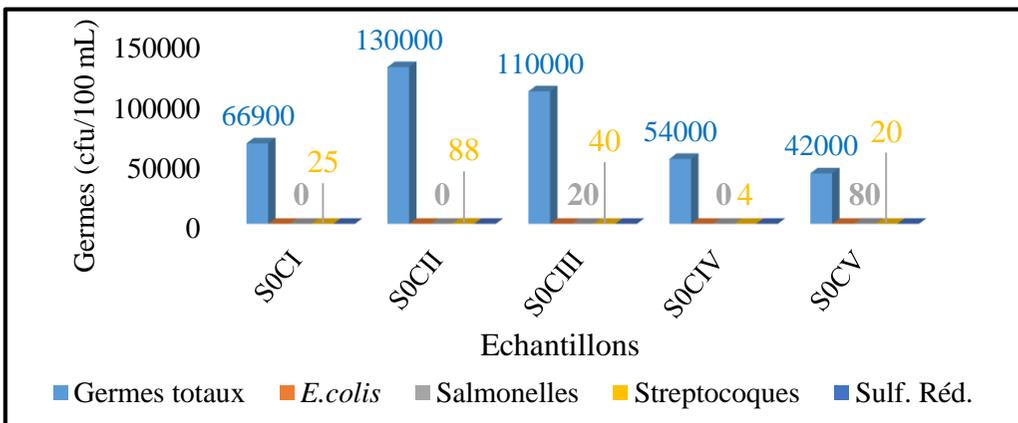


Figure 3 : Germes identifiés dans les "pure water" non stockées.

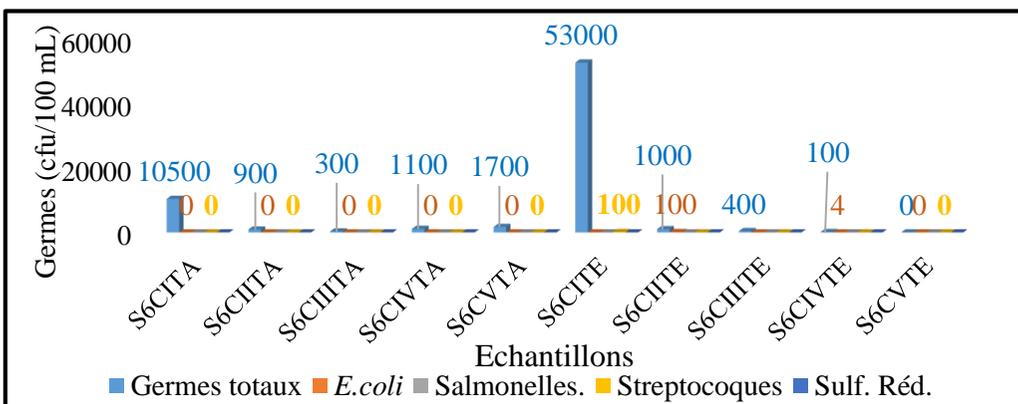


Figure 4 : Nombre de germes après six semaines de stockage des "pure water".

Tableau 1 : Résultats des analyses physico-chimiques effectuées juste après l'échantillonnage.

Paramètres	Minimale-maximale	Valeur moyenne
pH	5,40 – 6,70	6,18
Conductivité électrique ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	110,10 – 124,70	115,78
Oxygène dissous (mg.L^{-1})	6,86 – 7,21	7,01
Chlore résiduel (mg.L^{-1})	0,02 – 0,35	0,15
Turbidité (NTU)	5,29 – 7,98	6,74
Nitrates (mg.L^{-1})	0,36 – 0,38	0,37
Nitrites ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	1,40 – 4,82	3,48
Fer II (mg.L^{-1})	0,02 – 0,09	0,05
Sulfate (mg.L^{-1})	7,30 – 8,96	8,18
Ions chlorures (mg.L^{-1})	7,10 – 8,28	7,45
Ions calcium (mg.L^{-1})	24,66 – 49,33	39,99
Ions magnésium (mg.L^{-1})	8,16 – 22,08	12,81

Tableau 2 : Evolution des paramètres physicochimiques des "pure water" stockées au laboratoire à la température ambiante.

Paramètres	"Pure water"		Semaines (S)
	Stockées au laboratoire		
	Minimale-maximale	moyenne	
pH	7,19 – 7,36	7,27	S2
	7,03 – 7,60	7,23	S4
	7,20 – 7,49	7,37	S6
Conductivité électrique ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	110,60 – 121,40	115,64	S2
	109,80 – 121,30	114,94	S4
	109,70 – 120,40	114,74	S6
Oxygène dissous (mg.L^{-1})	7,43 – 7,46	7,44	S2
	7,14 – 7,17	7,15	S4
	6,86 – 7,19	6,98	S6
Chlore résiduel (mg.L^{-1})	0,00 – 0,14	0,03	S2
	0,01 – 0,04	0,02	S4
	0,04 – 0,24	0,11	S6
Nitrates (mg.L^{-1})	0,35 – 0,36	0,35	S2
	0,36 – 0,38	0,36	S4
	0,36 – 0,37	0,36	S6
Nitrites ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	1,40 – 2,13	1,78	S2
	0,72 – 1,14	0,94	S4
	0,00 – 0,00	0,00	S6
Fer II (mg.L^{-1})	0,00 – 0,00	0,00	S2
	0,00 – 0,00	0,00	S4
	0,00 – 0,00	0,00	S6
Sulfates (mg.L^{-1})	8,58 – 11,40	9,46	S2
	9,09 – 10,50	8,88	S4
	8,32 – 11,4	10,04	S6
Chlorures (mg.L^{-1})	7,33 – 7,80	7,61	S2
	8,16 – 9,46	8,54	S4
	8,87 – 10,65	9,93	S6
	41,66 – 48,66	44,39	S2

Ions calcium	33,66 -48,50	41,56	S4
(mg.L⁻¹)	42,00 – 48,00	45,00	S6
Ions magnésium	6,80 – 9,80	8,40	S2
(mg.L⁻¹)	7,10 – 11,90	9,64	S4
	8,40 – 9,90	9,00	S6

Tableau 3 : Evolution des paramètres physico-chimiques des "pure water" exposées au soleil.

Paramètres	"Pure water" exposées au soleil		Semaines (S)
	Minimale- maximale	moyenne	
pH	7,14 – 7,48	7,32	S2
	6,95 – 7,31	7,13	S4
	6,92 – 7,49	7,28	S6
Conductivité électrique (µS.cm⁻¹)	110,50 – 121,20	115,32	S2
	110,00 – 120,50	114,96	S4
	109,90 – 121,00	114,78	S6
Oxygène dissous (mg.L⁻¹)	7,42 – 7,49	7,45	S2
	7,12 – 7,23	7,17	S4
	6,81 – 7,19	7,00	S6
Chlore résiduel (mg.L⁻¹)	0,00 – 0,08	0,03	S2
	0,01 – 0,14	0,04	S4
	0,03 – 0,11	0,06	S6
Nitrates (mg.L⁻¹)	0,36 – 0,37	0,36	S2
	0,37 – 0,39	0,38	S4
	0,37 – 0,54	0,43	S6
Nitrites (µg.L⁻¹)	1,68 – 1,74	1,82	S2
	1,14 – 1,35	1,23	S4
	0,00 – 0,00	0,00	S6
Fer II (mg.L⁻¹)	0,00 – 0,03	0,00	S2
	0,00 – 0,00	0,00	S4
	0,00 – 0,00	0,00	S6
Sulfates (mg.L⁻¹)	7,68 – 11,01	9,09	S2
	7,68 – 10,25	9,15	S4
	8,96 – 10,25	9,47	S6
Chlorures (mg.L⁻¹)	7,69 – 8,87	8,44	S2
	10,05 – 10,65	10,36	S4
	8,28 – 10,65	9,93	S6
Ions calcium (mg.L⁻¹)	41,66 – 49,33	45,73	S2
	33,33 – 49,00	41,19	S4
	40,00 – 48,00	44,30	S6
Ions magnésium (mg.L⁻¹)	7,40 – 9,40	8,32	S2
	92,0 – 13,60	11,28	S4
	4,20 – 9,60	8,10	S6

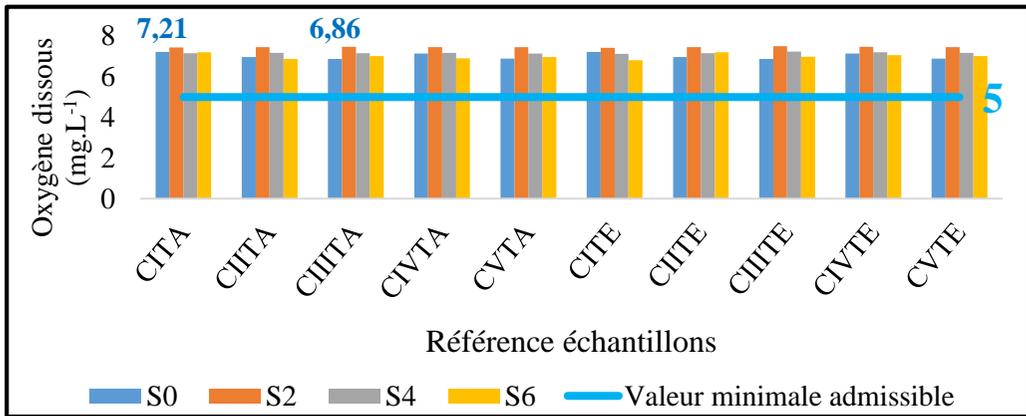


Figure 5 : Variation de l'oxygène dissous dans les "pure water" pendant le stockage.

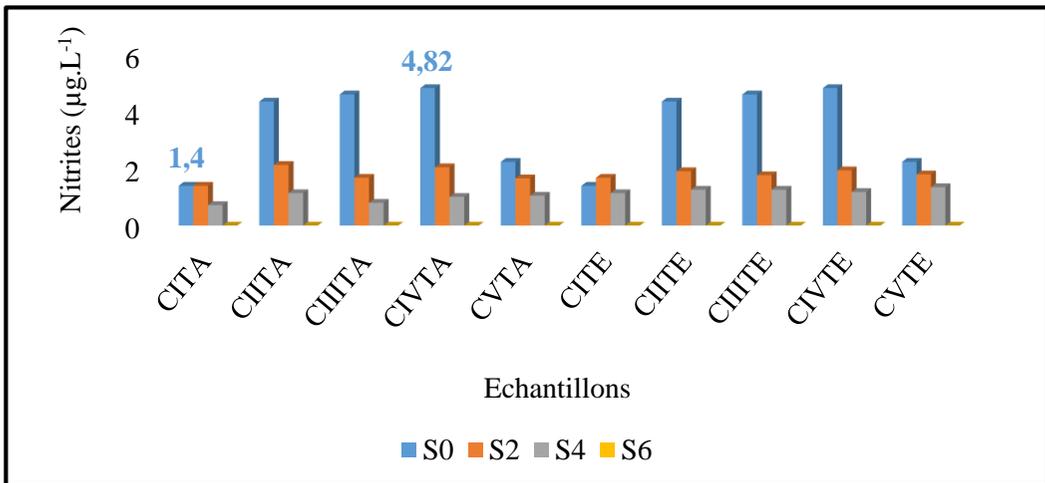


Figure 6 : Variation des ions nitrites dans les "pure water" pendant le stockage.

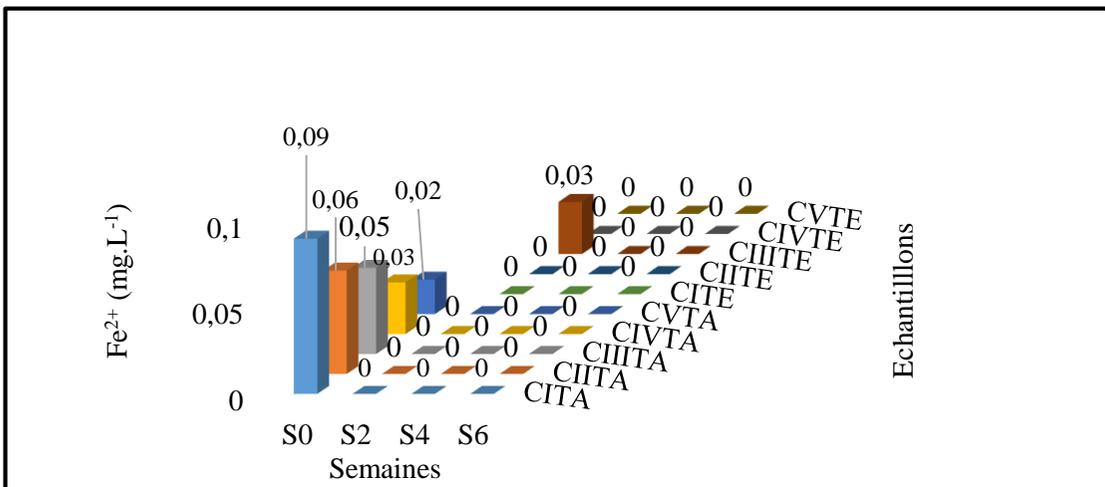


Figure 7 : Variation des teneurs en ions fer (II) dans les "pure water" pendant le stockage.

DISCUSSION

Les pratiques d'ensachage et la traçabilité des "pure water" vendues à Niamey

Si l'appellation « pure water » est restée telle, l'écriture quant à elle est bourrée de fautes d'orthographe sur certains emballages qui d'ailleurs ne portent aucune information sur la date de production ni celle de péremption. Il résulte également de cette étude que la majorité des marques de sachets d'eau n'est pas spécifique à un fabricant donné et que tous les revendeurs ne vendent pas chacun le "pure water" d'un fabricant unique, d'où le manque de traçabilité de ces eaux en sachet. En effet, ces sachets en plastique pré-imprimés livrés sous forme de rouleau, généralement de 18 kg, sont achetés auprès des grossistes du grand marché de Niamey, un marché de la place. Un autre aspect concerne la durée d'utilisation des filtres. Pendant que 47,05% des fabricants confient que les filtres de leurs unités sont renouvelés après une à deux semaines et 47,05% d'entre eux après un mois, pour d'autres 5,88%, les filtres n'ont jamais été renouvelés depuis que les équipements ont été acquis. Dans certains lieux de fabrication, ces filtres sont réutilisés plusieurs fois, après avoir été lavés à l'eau, avant d'être changés. Cette action augmente anormalement les mailles des filtres et n'offre plus de garantie de la filtration de l'eau mise sur le marché. Ces filtres réutilisés à plusieurs reprises pourraient ainsi laisser passer certaines particules en suspension (surtout en cas de saturation) et par conséquent augmenter la turbidité de l'eau. En plus, les lampe-ultraviolets (UV) ne sont pas fréquemment utilisées dans la plupart des sites de production des "pure water" à Niamey. Les propriétaires des machines d'ensachage, dans leur majorité, ignoraient le rôle de ces lampes fixées sur la machine. Ainsi, dans certaines unités de production, les lampes UV fixées dans les machines ne sont pas fonctionnelles depuis des jours pendant que la production suit son cours. En effet, la lampe UV fixée sur la machine d'ensachage a pour fonction de "stériliser" le plastique souple avant que l'eau n'y soit introduite. Cette négligence (ou ignorance) de la part des fabricants pourrait ainsi favoriser la contamination des sachets

avant l'emballage, car seulement 5,88% d'entre eux affirmaient avoir utilisé des gants de protection pendant l'ensachage. Par ailleurs, l'exposition des "pure water" au soleil dans 58,82% des boutiques et leur exposition à la poussière dans toutes les boutiques visitées, est également un point marquant sur la qualité de ces eaux. En conséquence, une température élevée pourrait affecter certaines caractéristiques bactériologique et chimique de l'eau en particulier le goût et l'odeur et pourrait aussi décomposer le sachet-emballage.

Qualité bactériologique des "pure water" analysées

La présence des *E. coli* et/ou des streptocoques dans l'eau destinée à la consommation humaine signifie que celle-ci a été contaminée par des matières fécales pouvant contenir des micro-organismes pathogènes, comme des bactéries, des virus ou d'autres parasites. La présence des *E. Coli*, des streptocoques fécaux et des salmonelles dans les échantillons des eaux en sachet analysées serait la preuve d'une contamination fécale de ces eaux en sachets vendues à Niamey. Cela pourrait s'expliquer par la méconnaissance des règles élémentaires d'hygiène environnementale par les fabricants. En effet, 88,23% des fabricants visités ont un faible niveau d'instruction ; ils ignorent souvent les risques sanitaires que présenteraient ces eaux en sachets plastiques proposées aux consommateurs. De plus, les streptocoques fécaux sont beaucoup plus résistants à la désinfection notamment en utilisant le chlore que la plupart des organismes pathogènes et des coliformes. Ceci expliquerait leur présence dans les eaux de boisson et leur confère un intérêt certain pour le contrôle de l'efficacité de traitement.

D'autre part, les *E. coli* sont beaucoup plus sensibles à la désinfection que les germes pathogènes mais peuvent se développer à une température élevée, ce qui expliquerait leur développement après six semaines d'exposition des "pure water" au soleil (Rodier et al., 2009 ; OMS, 2017). Les streptocoques et les salmonelles quant à eux, ne se développent pas généralement dans un milieu aqueux

expliquant ainsi leur diminution après six semaines de stockage (OMS, 2017).

Compte tenu de ces résultats obtenus, la qualité bactériologique est mauvaise dans l'ensemble des échantillons. Ceci est à corrélérer à l'absence de désinfectant (chlore libre), d'une turbidité élevée (supérieure à 5 NTU) et des contaminations liées aux pratiques d'ensachage notamment les contaminations manu-portées.

Qualité physicochimique des "pure water" analysées

Le pH est l'un des paramètres opérationnels les plus importants de la qualité de l'eau (OMS, 2017). Bien qu'il n'ait pas d'effets directs sur la santé des consommateurs, sa surveillance est nécessaire pour une eau de boisson. Les résultats de cette étude montrent que 60% des échantillons analysés directement après le prélèvement ont un pH en dessous de la normale qui est de 6,5-8,5. Par ailleurs, un pH inférieur à la cette gamme pourrait expliquer un risque de corrosion des canalisations d'eau. Et, à des valeurs extrêmes du pH ($5 \geq \text{pH}$ ou $\text{pH} \geq 11$) l'eau peut entraîner une irritation de la peau et des yeux (Adamou et al., 2020). Le pH des échantillons d'eaux en sachet après deux semaines, quatre semaines et six semaines de stockage à la température ambiante de laboratoire et au soleil respectent les valeurs guides de l'OMS. La légère augmentation du pH au bout de la deuxième semaine de stockage de ces eaux en sachet pourrait être liée à une diminution du gaz carbonique (CO_2) libre ou aux activités microbiennes ; la production des produits métabolique basiques. Selon Prescott et al. (1999) les microorganismes changent fréquemment le pH de leur milieu de vie en produisant des produits métaboliques acides ou basiques. Le même ordre de grandeur de pH est rapporté par Atuanya et al. (2016) au Nigéria ; et inférieur à celui trouvé par Adekunle et al. (2004) au Nigéria.

La conductivité électrique est l'un des paramètres qui devrait, si possible, être régulièrement suivi pour une eau de boisson. Elle indique la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. La conductivité électrique

est faible pour l'ensemble des échantillons d'eau en sachet analysées pendant cette étude. Cela pourrait être dû à la faible minéralisation de l'eau du fleuve Niger qui est la source principale de l'eau de boisson à Niamey (Alhou et al., 2009) et aux méthodes de traitement appliquées à la Société des Exploitations des Eaux du Niger (SEEN). Les mesures de la conductivité électrique après deux, quatre et six semaines de stockage des "pure water" ont montré que la durée et le lieu de stockage n'ont pas influencé la conductivité électrique. En effet, celle-ci dépend de la teneur en substances dissoutes, de la charge ionique, de la capacité d'ionisation, et de la température de l'eau (Rodier et al., 2009).

L'oxygène dissous est toujours présent dans l'eau (Rodier et al., 2009). Son appauvrissement dans l'approvisionnement en eau peut stimuler la réduction microbienne des nitrates en nitrites et des sulfates en sulfures. Il peut également entraîner une augmentation de la concentration de fer ferreux en solution avec, par la suite, un changement de coloration au robinet quand l'eau est aérée. D'autre part, des niveaux très élevés d'oxygène dissous peuvent stimuler la corrosion des tuyaux métalliques (OMS, 2017). Bien qu'aucune valeur guide basée sur des arguments sanitaires n'a été recommandée, le contrôle de sa teneur dans l'eau de boisson paraît alors nécessaire.

L'oxygène dissous conserve ses propriétés oxydantes, soit par une réaction purement chimique en oxydant des composés minéraux (Fe^{2+} , NH_4^+ , $\text{NO}_2 \dots$) ou organiques, soit par des phénomènes biochimiques (consommation de l'oxygène par les microorganismes pour assurer la dégradation des constituants de l'eau). La teneur de l'oxygène dans l'eau est fonction de l'origine de l'eau : les eaux superficielles (fleuve) peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation ; par contre, les eaux profondes n'en contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre (Rodier, 2009).

D'après les résultats obtenus, l'oxygène dissous augmente pendant deux semaines de stockage des "pure water" puis diminue à partir de la deuxième jusqu'à la sixième semaine quel

que soit le lieu de stockage (Figure 5). Cette augmentation de l'oxygène dissous pourrait être due à la dissolution (maximale) de l'oxygène contenu dans le sachet d'eau. D'autre part, la consommation de l'oxygène par la flore microbienne et l'oxydation des certains éléments minéraux (NO_2^- , Fe^{2+} , NH_4^+ , ...) expliqueraient cette diminution de l'oxygène dissous.

Le chlore est ajouté dans l'eau de boisson comme désinfectant. Pour que la désinfection soit efficace, il doit rester dans l'eau une concentration résiduelle de chlore libre $\geq 0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ après un temps de contact de 30 min au moins à $\text{pH} < 8,0$ (OMS, 2017). Le suivi du chlore libre pendant le stockage des "pure water" a montré sa diminution au bout de deux semaines quel que soit le lieu de stockage. Puis, des faibles fluctuations du chlore libre sont observées après quatre et six semaines de stockage de ces eaux en sachet. Cette diminution du chlore libre peut être liée à sa transformation en d'autres substances. En effet, le chlore agit comme oxydant et peut oxyder certaines espèces chimiques dissoutes, telles que le manganèse (II) pour former des produits insolubles. Il peut également interagir avec l'ammoniac présent pour former des dérivés chloramines (la monochloramine, NH_2Cl , la dichloramine, NHCl_2 , et la trichloramine, NCl_3). Ce qui est préjudiciable directement et indirectement sur la qualité bactériologique.

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales telles que les argiles, les limons, les grains de silice, les matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules dans l'eau mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace (Rodier, 2009). La valeur limite acceptable pour une eau de boisson est de 5 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Tous les échantillons des eaux en sachet analysées sont turbides avec des valeurs de turbidité dépassant cette valeur limite de 5 NTU. En effet, certaines substances dissoutes telles que le fer (II) et le manganèse (II), oxydées en éléments insolubles restent en suspension, ce qui expliquerait ces valeurs élevées de turbidité. Ce

niveau élevé de turbidité des eaux en sachets plastiques est une source de préoccupation car les particules formant la turbidité pourraient protéger les micro-organismes pathogènes et échappent ainsi à la désinfection. Une forte turbidité peut aussi stimuler la croissance des bactéries et déclencher une forte demande en chlore. Par ailleurs, l'utilisation de la filtration est déterminante dans l'élimination de la turbidité. Les longues périodes d'utilisation des filtres dans les machines d'ensachage des "pure water", constatée lors de l'enquête, pourraient ainsi favoriser le passage des particules en suspension dans l'eau emballée et par conséquent augmenter sa turbidité. Ces valeurs de turbidité sont largement supérieures à celles obtenues par Atuanya et al. (2016) lors d'une étude similaire au Nigéria.

La présence des ions sulfates dans l'eau de boisson peut lui conférer un goût perceptible et, à des niveaux très élevés, les sulfates peuvent avoir un effet laxatif chez des consommateurs non habitués. L'altération du goût varie avec la nature du cation associé aux ions sulfates ; les seuils de détection par le goût vont de 250 mg.L^{-1} à 1000 mg.L^{-1} lorsque les ions sulfates sont respectivement combinés aux ions sodium et calcium. L'altération du goût est minimale à des niveaux inférieurs à 250 mg.L^{-1} (OMS, 2017). Dans les conditions naturelles, les sulfates, ont essentiellement deux origines : géochimique et atmosphérique. Aussi, des nombreuses activités humaines et naturelles peuvent générer des apports de sulfates dans l'eau : application d'engrais sulfatés, précipitations chargées en dioxyde de soufre, etc. (Hubert et al., 2002). Dans les *pure water* analysées la teneur en ions sulfates pourrait provenir essentiellement du sulfate d'alumine qui est un des réactifs utilisés dans le traitement d'eau potable à la SEEN. Les teneurs des sulfates dans tous les échantillons d'eaux en sachet analysées sont largement inférieures à 250 mg.L^{-1} . Le suivi de l'évolution des sulfates pendant le stockage de ces eaux en sachet montre une légère augmentation des sulfates. En effet, l'oxydation des ions sulfures (S^{2-}) présents ou la dissolution de certains sels tels que le sulfate d'alumine pourrait expliquer

l'augmentation des sulfates dans les eaux analysées pendant le stockage.

Dans l'eau de boisson, la présence des chlorures est moins préoccupante pour la santé par rapport à son acceptabilité à cause de son goût salé caractéristique. Ce goût se manifeste lorsque la concentration en ions chlorures dépasse 200 mg.L⁻¹ (OMS, 2017). Ainsi, une forte teneur en chlorure peut donc conduire la population à choisir une eau ayant un goût plus neutre. Les chlorures sont présents à des concentrations très faibles et semblent augmenter légèrement pendant le stockage des "pure water" à la température ambiante. La dissolution de certains sels pourrait expliquer cette augmentation. Sur le plan sanitaire, il s'avère que même dans le cas de quantités excessives de chlorures dépassant 250 mg.L⁻¹ dans l'eau de boisson, les chlorures n'auraient pas d'effets néfastes sur la santé du consommateur.

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés -terrain calcaire ou gypseux (Hubert et al., 2002 ; Varol et Sekerci, 2018). Par ailleurs, les effets indésirables qui sont surtout d'ordre organoleptique ou esthétique résultant de la présence de calcium dans l'eau potable peuvent provenir de sa contribution à la dureté. Les teneurs de calcium sont inférieures à 100 mg.L⁻¹ dans tous les échantillons des "pure water". Le suivi de l'évolution de teneur de calcium pendant les six semaines de stockage de ces eaux en sachet laisse observer des teneurs presque identiques en calcium. Ainsi, le lieu et la durée du stockage n'avaient eu pas une très grande influence sur la concentration en ions calcium dans les eaux analysées.

La majorité des eaux naturelles contiennent généralement une petite quantité de magnésium, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées. Il provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution du magnésium sous forme de carbonates et bicarbonates (Varol et Sekerci, 2018). Les teneurs en magnésium dans tous les échantillons sont en dessous de 30 mg.L⁻¹. Comme pour le calcium, les teneurs en

magnésium n'ont pas significativement évolué pendant le stockage des eaux en sachet analysées.

L'étude de l'évolution des paramètres physicochimiques montre, en moyenne, une diminution des nitrates au bout de deux semaines de stockage des "pure water" suivie d'une légère augmentation jusqu'à la sixième semaine. La diminution des nitrates pendant les deux premières semaines de stockage peut être liée à la consommation des nitrates par les microorganismes comme source de nutriments. La légère augmentation des nitrates de la deuxième à la sixième semaine, surtout pour les "pure water" exposées au soleil, peut être liée à la diminution de la flore microbienne et à l'oxydation des nitrites. Toutes ces teneurs de nitrates sont largement inférieures à la valeur guide de l'OMS. Cependant, les nitrates en teneur anormales (> 50 mg.L⁻¹) dans les eaux de consommation, une fois réduits en nitrites, peuvent causer la méthémoglobinémie qui est un effet sur la santé ayant été associée à une exposition excessive aux nitrates. C'est une incapacité du sang à fixer l'oxygène, ce qui contribue à réduire le transport de l'oxygène des poumons vers les tissus. Elle résulte de la réduction des nitrates en nitrites par les microorganismes du système digestif, suivie de l'oxydation par les nitrites du fer (II) de l'hémoglobine en fer (III) (Degbey et al., 2010).

La présence de l'ion nitrite, dans une eau destinée à la consommation humaine, est généralement significative d'une pollution d'origine organique. Les résultats montrent une diminution des ions nitrites dans tous les échantillons avec une durée de stockage prolongée (Figure 6). En effet, les nitrites sont relativement instables et peuvent être rapidement transformés en nitrates ou en ion ammonium. Ce qui expliquerait leur diminution dans les "pure water" analysées pendant le stockage. D'autre part, la présence d'un désinfectant tel que le chlore peut également stimuler l'oxydation des nitrites en nitrates (OMS, 2017).

D'après l'OMS (2017) aucune valeur guide reposant sur des arguments sanitaires n'a été proposée pour le fer. Cependant, sa

présence stimule la croissance des bactéries avides du fer et affecte également la coloration ainsi que l'odeur de l'eau lorsque sa teneur dépasse la valeur guide de 0,3 mg.L⁻¹. La teneur de fer II diminue progressivement pendant le stockage des "pure water" à la température ambiante de laboratoire et pour les "pure water" exposées au soleil (Figure 7). Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. En présence de l'air, il s'oxyde facilement en fer insoluble, Fe³⁺, et se présente sous forme d'hydroxyde Fe(OH)₃. Ainsi, la présence de fer ferrique contenu dans l'eau confère à celle-ci sa turbidité et sa couleur rouge (Abdoulkadri et al., 2015). Ce qui expliquerait, par ailleurs, une turbidité plus importante lorsque le fer (II) s'oxyde d'avantage en Fe³⁺ pour un échantillon donné.

Effets d'exposition des "pure water" au soleil

L'exposition des « pure water » au soleil a conduit à une décoloration visible des sachets d'eau et un dégagement d'odeur désagréable se manifeste à partir de la deuxième semaine (Figure 7). Selon l'OMS (2017) l'odeur d'une eau de boisson peut être indicatrice d'une certaine forme de pollution. Elle peut également être due à une contamination par des produits chimiques de synthèse. Par ailleurs, l'activité microbienne peut également être responsable de l'odeur de ces eaux. Quant à la décoloration de sachet, elle est attribuable à l'action directe des radiations solaires sur l'encre d'impression des sachets ; les écritures ne sont plus facilement lisibles. Il est également constaté une diminution de la résistance et une perte de plasticité des sachets.

Conclusion

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux conditionnées en sachets plastiques vendues à Niamey ont montré que le pH, l'oxygène dissous, les ions calcium, magnésium, chlorures, sulfates, fer (II), nitrates et les nitrites peuvent être considérés admissibles et ne présentent aucune incidence sur la santé pour la consommation humaine. Par contre, la turbidité et le chlore libre

respectivement au-dessus et en dessous des normes de potabilité peuvent influencer sur la qualité bactériologique de ces eaux. Sur le plan bactériologique la présence, dans ces "pure water", des germes indicateurs de contaminations fécales dont les *E. colis* et les streptocoques est un signe que celles-ci ont été contaminées par des matières fécales et pourraient contenir des micro-organismes pathogènes comme les bactéries, les virus ou d'autres parasites. Le suivi de l'évolution des paramètres physico-chimiques a révélé d'une part, une diminution progressive des teneurs en ions fer (II) et en ions nitrites et d'autre part, une altération de la qualité organoleptique qui se manifeste à la deuxième semaine par un dégagement d'odeur nauséabonde pour les "pure water" exposées au soleil. Globalement, le stockage des eaux conditionnées en sachet plastique destinées à la consommation humaine est une pratique qui doit être contrôlée et le temps optimum ne doit pas atteindre deux semaines au soleil.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

BMS a élaboré la méthodologie puis effectué l'enquête au niveau des fabricants des eaux en sachet. Il a aussi effectué le prélèvement des échantillons, les analyses physicochimiques et la rédaction du manuscrit original. MSL a participé à la validation de la méthode et à la préparation du manuscrit. HHA a participé à l'élaboration de la méthode, aux analyses physicochimiques et aux traitements des données. BGH a effectué les analyses bactériologiques. AAM, HA et ASM ont participé à la révision du manuscrit.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Laboratoire Matériaux-Eaux-Environnement de la Faculté des Sciences et Technique de l'Université Abdou Moumouni de Niamey au sein duquel se sont effectuées les analyses physicochimiques. Les remerciements vont aussi à l'endroit de laboratoire de la SEEN

(Société des Exploitations des Eaux du Niger) où les analyses bactériologiques ont été effectuées.

RÉFÉRENCES

- Abdoulkadri AM, Boubié G. 2015. Caractérisations physico-chimiques des eaux souterraines de la localité de Yamtenga (Burkina Faso). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(1): 517-533. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i1.44>
- Adamou H, Ibrahim B, Salack S, Adamou R, Sanfo S, Liersch S. 2020. Physico-chemical and bacteriological quality of groundwater in a rural area of Western Niger: a case study of Bonkougou. *Journal of Water and Health.*, **18**(1): 77-90. DOI: <https://doi:10.2166/wh.2020.082>
- Adekunle LV, Sridhar MKC, Ajayi AA. 2004. An assessment of the health and social economic implications of sachet water in Ibadan, Nigeria: A public health challenge. *AJBR.*, **7**(1): 5-8. DOI : <https://doi:10.4314/ajbr.v7i1.54057>
- Akiyo OFL. 2017. Consommation de l'eau en sachet et ses effets socio-environnementaux dans la Commune de Parakou. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(4): 1727-1740. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i4.25>
- Alhou B, Micha JC, Dodo A. 2009. Etude de la qualité physico-chimique et biologique des eaux du fleuve Niger à Niamey. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **3**(2): 240-254. DOI : <https://doi:10.4314/ijbcs.v3i2.44489>
- Atidegla C, Agbossou K. 2010. Pollutions chimique et bactériologique des eaux souterraines des exploitations maraîchères irriguées de la commune de Grand-Popo: cas des nitrates et bactéries fécales. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**(2): 327-337. DOI: <https://doi:10.4314/ijbcs.v4i2.58119>
- Atuanya EI, Adeghe OM, Udochukwu U. 2016. Bioavailability of Plastic Contaminants and Their Effects on Plastic Bottled and Sachet Drinking Water Supplies. *BMRJ.*, **14**(4): 1-10. DOI: <https://doi:10.9734/BMRJ/2016/25265>
- Hubert J, Hubert C, Jungers P, Daudon M, Hartemann P. 2002. Eaux de boisson et lithiase calcique urinaire idiopathique. Quelles eaux de boisson et quelle cure de diurèse ? *Progrès en Urologie*, **12**(4): 692-699. DOI: <https://doi:10.1016/j.purol.2010.09.019>
- Hounsou M, Agbossou E, Ahamide B. 2010. Qualité bactériologique de l'eau du bassin de l'Ouémé: cas des coliformes totaux et fécaux dans les retenues d'eau de l'Okpara, de Djougou et de Savalou au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**(2): 377-390. DOI: <https://doi:10.4314/ijbcs.v4i2.58128>
- INS-Niger. 2016. Étude nationale d'évaluation d'indicateurs socio-économiques et démographiques (ENISED). Rapport d'étude INS, Niger.
- OMS. 2017. Sécurité sanitaire et qualité de l'eau. OMS, Genève.
- Prescott LM, Harley JP, Klein DA. 1999. *The Influence of Environmental Factors on Growth Microbiology* (4th Edn). McGraw-Hill Companies Inc: USA.
- Rodier J, Legube B, Merlet N. 2009. *L'analyse de l'Eau : Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eau de Mer* (9^{ème} éd.). Dunod: Paris.
- Sheshe MU, Magashi. 2014. Assessment of physicochemical quality of sachet water produced in selected local Government areas of Kano metropolis, Kano State-Nigeria. *Bajopas*, DOI: <https://doi:10.4314/bajopas.v7i2.7>
- Stoler J, John RW, Günther F. 2012. Sachet Drinking Water in Ghana's Accra-Tema Metropolitan Area: Past, Present, and Future. *J Water Sanit Hyg Dev.*, **2**(4): 1-24. DOI: <https://doi:10.2166/washdev.2012.104>
- Varol S, Şekerci M. 2018. Hydrogeochemistry, water quality and health risk assessment of water resources contaminated by agricultural activities in Korkuteli (Antalya, Turkey) district center. *Journal of Water and Health*, **16**(4): 574-579. DOI: <https://doi:10.2166/wh.2018.003>