



Section : Santé public

Publication type : Full paper

Use of cow bone ash for the adsorption of fluorides excessively present in the borehole water of the rural community of PATAR (DIOURBEL)

Utilisation de la cendre d'os de vache pour l'adsorption des fluorures excessivement présents dans l'eau du forage de la communauté rurale de PATAR (DIOURBEL)

Received 10 Apr. 2022

Accepted 25 May.2022

On line 30 June 2022

MOUHAMADOU THIerno GUEYE¹, DAME BOP², OMAR GUEYE³

(1) Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Faculté des Sciences et Techniques Dakar/Sénégal

Email : mtg333@yahoo.fr

(2) Département de Chimie/ Université Cheikh Anta Diop de Dakar/ Faculté des Sciences et Techniques Dakar/Sénégal

Email : dame1bop@gmail.com

(3) Ancien Recteur de l'Université Amadou Makhtar Mbow de Diamniadio Dakar/Sénégal

Email : omar1gueye@hotmail.com

KEY WORDS

Fluoride, borehole, drinking water, salinity, Patar.

Abstract

In the Diourbel area, the water supply is obtained from groundwater with fluoride contents higher than the admissible standards, although they represent the only means of supplying drinking water. The main objective of this study is the defluoridation of borehole water in the rural community of PATAR characterized by very high salinity and an excessive fluoride concentration of between 4 and 8 mg / L depending on the time of year. At the end of this work, on a quantity of 5300L at a rate of 50L per day for three and a half months, the treated water has fluoride concentrations of less than 1.5 mg / L, which is the WHO guideline value. We have an allowance of around 90% on average. Despite this good result, the treated water still retains a very high salinity and remains microbiologically contaminated.

MOTS CLES

Fluorue, forage, eau de boisson, salinité, Patar.

Résumé

Dans la zone de Diourbel, l'alimentation en eau se fait à partir des eaux souterraines comportant des teneurs en fluorure supérieures aux normes admissibles alors qu'elles représentent les seuls moyens d'approvisionnement en eau potable. L'objectif principal de cette étude est la défluoruration de l'eau du forage de la communauté rurale de PATAR caractérisée par une très forte salinité et une concentration en fluorure excessive comprise entre 4 et 8mg/L selon les périodes de l'année. Au terme de ce travail, sur une quantité de 5300L à raison de 50L par jour durant trois mois et demi, l'eau traitée présente des concentrations en fluorure inférieures à 1,5mg/L qui est la valeur guide de l'OMS. Nous avons un abattement de l'ordre de 90% en moyenne. Malgré ce bon résultat, l'eau traitée conserve encore une très forte salinité et reste microbiologiquement contaminée.



1. Introduction

Dans ses «Directives de qualité pour l'eau de boisson», l'Organisation Mondiale de la Sante (OMS) suggère que la concentration de fluorures dans l'eau ne dépasse pas la valeur de 1,5 mg/L pour éviter que les consommateurs soient exposés au risque de contracter la fluorose, une maladie qui cause des dommages à l'émail des dents (fluorose dentaire) et des déformations du squelette (fluorose osseuse).

Malheureusement, environ 200 millions de personnes, habitants dans 25 Pays dont la majorité sont des Pays en voie de développement, consomment encore de l'eau riche en fluorures et peuvent être touchés par cette maladie [1]. Dans un Pays en voie de développement, ou les ressources économiques et matérielles sont limitées et ou les techniciens manquent, si il n'y a pas une source d'eau alternative pauvre en fluorure, c'est nécessaire d'appliquer un traitement de defluoruration avant la consommation, qui soit le plus simple et économique possible et capable, au même temps, de garantir l'abattement désiré des fluorures.

L'adsorption des fluorures avec cendre d'os d'animal répond bien à ces caractéristiques. Il s'agit d'un produit granulaire très poreux, composé par phosphate de calcium (57-80%), carbonate de calcium (6-10%) et charbon activé (7-10%). Sa capacité de retenir les fluorures dans l'eau provient de la présence, dans sa structure, de l'hydroxyapatite $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, car les groupes hydroxyles peuvent être remplacés par les fluorures [2]. Beaucoup d'activités de recherche à l'échelle de laboratoire ont été menées sur ce type de traitement dans tout le monde [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9]. Au niveau domestique, la defluoruration des eaux avec cendre d'os d'animal a été expérimentée en Thaïlande [10], Tanzanie [11], [12], [13], Ethiopie [14], [15], [16], [17].

Depuis 2004, le CeTAmb (Centre de documentation et de recherche sur les Technologies appropriées pour la gestion de l'Environnement dans les Pays en Voie de Développement) de l'Université de Brescia (Italie) et la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal) ont commencé une collaboration pour définir un système de defluoruration des eaux approprié au Sénégal. Une activité de laboratoire, pendant la quelle différents produits (argiles et cendres locales, cendre d'os, balle de riz, etc.) à bas cout ont été comparés, a permis de choisir la cendre d'os pour l'application au Sénégal, car ce matériel a démontré le taux d'abattement des fluorures le plus élevé et de pouvoir être produit localement. En plus, une enquête préliminaire a permis de vérifier la disponibilité de la population locale à utiliser la cendre d'os pour le traitement de l'eau.

Cependant, l'eau constitue un nutriment essentiel pour l'homme car indispensable au bon fonctionnement de l'organisme humain. Il faut noter, qu'aucune des eaux à la

disposition de l'homme n'est absolument pure en l'état. Ces eaux renferment toutes, à des concentrations plus ou moins élevées, de multiples substances dissoutes ou en suspension qui peuvent être bénéfiques ou nuisibles au consommateur : calcium, potassium, magnésium, sodium, manganèse, strontium, baryum, sulfates, chlorures, etc. Les différentes concentrations de ces différents éléments, ou de ceux parmi eux, les plus importants pour la santé de l'homme, constituent les critères de potabilité d'abord, ensuite de qualité des eaux de boisson ou alors des critères de dégradation qui imposent un traitement de l'eau. Or, l'effet d'une substance dépend de sa dose. PARACELSE disait au XVI^{ème} siècle déjà que : " toutes les substances sont des poisons, sans exception. C'est la dose qui fait le poison ou le remède" [18]. La plupart des eaux potables, sinon toutes, renferment aussi des quantités de fluorures, pouvant être toxiques ou bénéfiques pour l'homme et contiennent aussi un certain nombre d'éléments minéraux, qui peuvent conférer à l'eau une saveur désagréable. Ainsi, l'eau de DIOURBEL et particulièrement celle de PATAR a des doses excessives en fluorure (de 4 à 8 mg/L F^-) et cela est à l'origine de certaines maladies notamment les fluoroses dentaire et osseuse très répandues dans cette localité et en plus, cette eau a une très forte salinité qui lui confère un goût saumâtre.

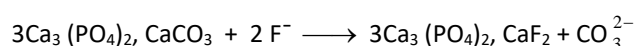
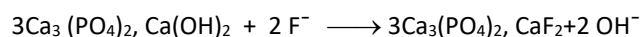
En effet, dans la zone de Diourbel, l'alimentation en eau se fait à partir des eaux souterraines comportant des teneurs en fluorure supérieures aux normes admissibles alors qu'elles représentent les seuls moyens d'approvisionnement en eau potable [19], [20].

Il existe plusieurs méthodes de defluoruration qui utilisent des procédés physiques, chimiques ou physico-chimiques. En fait pour concevoir un système efficace, il faut tenir compte de l'ensemble des aspects technico-économiques, sociaux et culturels des populations locales intéressés par les problèmes des eaux hyperfluorées. Ainsi les pays en voie de développement comme le Sénégal, des facteurs importants à prendre en compte sont : la faisabilité en termes de technologie et de coût ; l'échelle d'application (échelle domestique ou site de traitement centralisé). Par conséquent, nous avons choisie une technologie appropriée, simple et à bas coût, basée sur la filtration des eaux fluorées sur des cendres d'os de vache calcinés.

On sait que l'origine des fluoroses est reliée à la grande affinité des dents et plus généralement des os pour les fluorures. Cela peut suggérer l'utilisation des os d'animaux comme un moyen, un matériel efficace pour la rétention des fluorures qui polluent les eaux. La présence de matière organique sur les os peut conférer un mauvais goût et une coloration défavorables, en plus de la charge bactérienne éventuelle que ces matières organiques peuvent véhiculer ; tout cela fait que les os ne peuvent pas être utilisés tels quels. Ils doivent donc être soumis à

une calcination adéquate pour éliminer les matières grasses et donner de la cendre d'os qui est une matière dont la capacité d'adsorption des fluorures a été largement démontrée dans de nombreuses études et applications sur le terrain.

L'os est constitué en fait d'un milieu granulaire très poreux, ce qui est une qualité importante pour les processus d'adsorption. De même, la composition chimique joue un rôle essentiel ; il s'agit principalement d'hydroxyapatite $[3Ca_3(PO_4)_2, Ca(OH)_2]$, qui possède 2 groupes hydroxyle qui, au contact de l'eau fluorée seront substitués par des fluorures (F^-). Un phénomène analogue intervient quand il s'agit de carboxyapatite $[3Ca_3(PO_4)_2, CaCO_3]$ mais, l'échange se fait dans ce cas entre les fluorures et le carbonate CO_3^{2-} ; on a les réactions suivantes [21]:



2. Matériels et méthodes

2.1 Matériels

Les analyses du fluor et certains paramètres physico-chimiques sont faites avec les dix derniers litres du filtrat. Ainsi, nous avons utilisé le Photomètre WTW PHOTOFLEX TURB SET pour la mesure des paramètres suivants : chlorure, chlore libre, chlore total, nitrate, phosphate, sulfate, dureté, aluminium, cadmium, plomb, manganèse, chromate, cuivre, zinc, fer et turbidité. L'ionomètre WTW PH/ION 340i a été utilisé pour la mesure du fluorure et du pH. L'oxygène dissous et la conductibilité/salinité sont déterminés par le Multiparamétrique HD 98569 et le Kit TRAWAS pour les analyses microbiologiques (Escherichia Coli et Coliformes).

2.1 Méthodes

Nous avons utilisé un filtre (fig-1) constitué d'un seau en plastique de 30 L troué à la base pour l'installation du robinet. Le filtre est composé de :

- Cendre de granulométrie >2mm : 2kg
- Cendre de granulométrie <0,2mm : 6kg

Pour l'usage du filtre, il faut d'abord laver la cendre d'os calcinés (fig-2) entre 400 et 600°C jusqu'à la disparition de la couleur jaunâtre afin d'éliminer les matières organiques restante après la calcination [22]. Le remplissage du filtre se fait après avoir déposé un disque perforé sur la cendre d'os qui évite que la cendre se soulève et qui permet une bonne répartition de l'eau sur toute la surface du filtre. Ensuite, attendre 2 à 5 minutes de contact avant d'ouvrir le robinet ; et ne jamais laisser le filtre à sec. Une quantité

de 50L d'eau du robinet à traiter est directement versée dans le filtre sur le disque foré de petits trous.



Fig. 1 : Filtre



Fig. 2 : Cendre d'os de vache

Source : Résultats de cette étude

3. Résultats et Discussion

3.1. Résultats

Les résultats des analyses sont répertoriés dans le tableau et les figures suivantes.

Tab. 1 : Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau du forage de PATAR

Paramètres	Forage de PATAR	Valeur limite (OMS)
Fluorures (mg/L)	7.18	1.5
Chlorures (mg/L)	719	200
Conductivité (µS)	2.67	< 400
TDS (mg/L)	1.319	600
NaCl (mg/L)	1.335	
Phosphates (mg/L)	0.01	5
Sulfates (mg/L)	71	250
Manganèse (mg/L)	0.01	0.4
Fer (mg/L)	<0.05	0.3
Cuivre (mg/L)	<0.04	2
Zinc (mg/L)	<0.025	3
Aluminium (mg/L)	<0.05	0.1
Plomb (mg/L)	<0.01	0.01
Cadmium (mg/L)	<0.025	0.003
Chrome (mg/L)	<0.05	0.05
Température (°C)	31.2	-
pH	8.4	6.5-8.5
Dureté (mg/L)	30	200
Oxygène dissout (mg/L)	5.75	-
Turbidité (NTU)	0.18	5
E. Coli	3333	0
	UFR/100mL	
Coliformes	6666	0
totaux	UFR/100mL	
Streptocoques	44 UFR/100mL	0

Source : Résultats de cette étude

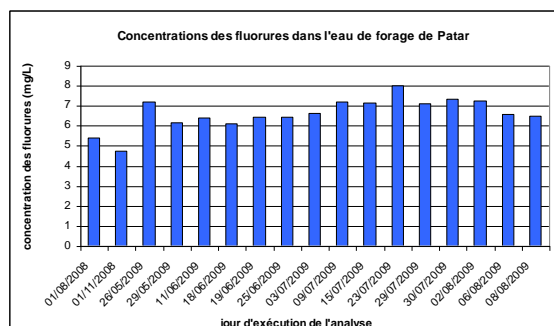


Fig. 3 : Fluorures dans l'eau du forage

Source : Résultats de cette étude

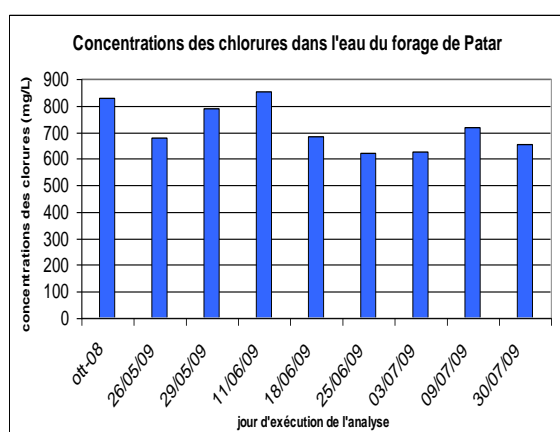


Fig. 4 : Chlorures dans l'eau du forage

Source : Résultats de cette étude

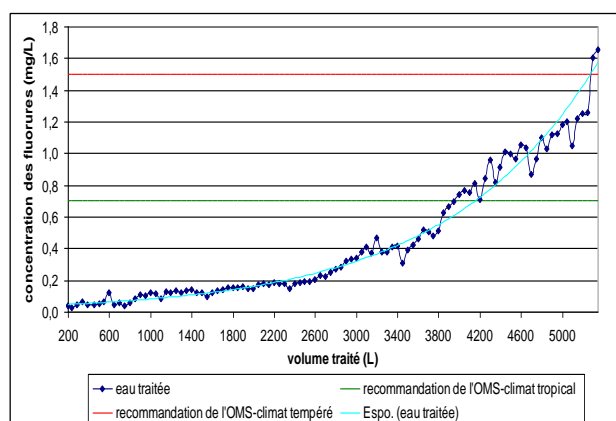


Fig. 5 : Courbe de variation de la concentration des fluorures en fonction du volume d'eau du forage traité

Source : Résultats de cette étude

3.2. Discussion

L'eau du forage

La zone de PATAR est alimentée par un seul forage caractérisé par une profondeur de 266 mètres et prolongé par des robinets publics ou domestiques.

La valeur maximale admissible de la concentration en fluorure recommandée par l'OMS est de 1.5mg/L F^- pour le SENEGAL. Or, le tableau1 montre que le fluor fait partie des substances indésirables dans l'eau potable au-delà des valeurs guide de l'OMS. Ainsi, l'eau du forage de PATAR a des doses excessives en fluorure et cela est à l'origine de certaines maladies notamment les fluoroses dentaire et osseuse très répandues dans cette localité. En outre, cette eau a une très forte salinité qui lui confère un goût saumâtre mais aussi elle est microbiologiquement contaminée.

La figure3 nous indique les concentrations moyennes des fluorures de l'eau du forage qui est caractérisés par une concentration en fluorure excessive comprise entre 4 et 8mg/l selon les périodes de l'année.

Ainsi, à la fin de la saison des pluies, la concentration en fluorure de l'eau du forage a diminué jusqu'à environ 4 mg/L (octobre – novembre). Cette diminution est due à la dilution des nappes par l'eau de pluie qui ne contient pas de fluor. Mais juste avant la saison des pluies, la concentration en fluorure remonte à des valeurs maximales 6-8mg/L (juillet, août). Or, la valeur maximale admissible de la concentration en fluorure recommandée par l'OMS [23] est de:

- 1,5mg/L F^- pour les climats tempérés
- 0,7mg/L F^- pour les climats tropicaux
- 0,8mg/L F^- pour le SENEGAL

Par conséquent, l'eau du forage de PATAR nécessite un traitement d'abattement du fluor.

La figure4 montre que la concentration des chlorures dans l'eau du forage de PATAR est comprise entre 600 et 900mg/L Cl^- donc très au dessus de la valeur maximale admise par l'OMS qui est de 200mg/L Cl^- .

Cependant, les valeurs des autres paramètres qui ne sont pas illustrés respectent les valeurs guides de l'OMS.

L'eau traitée

La figure5 indique la courbe de variation de la concentration des fluorures en fonction du volume d'eau du forage traité. Ainsi, une quantité de 5300L à raison de 50L par jour de l'eau traitée présente des concentrations en fluorure inférieures à 1,5mg/L qui est la valeur guide de l'OMS.

Cette courbe montre que :

- De 200L à 2600L : l'augmentation de la concentration des fluorures est faible soit de 0,026mg/L F^- à 0,2mg/L F^- .
- De 2600L à 5300L : l'augmentation de la concentration des fluorures est plus rapide (de 0,228mg/L F^- à

1,6mg/L F⁻) et est représentée en forme de dents de scie. Le volume d'eau filtrée par jour est 50L/jour.

Paramètres organoleptiques : c'est l'odeur, la couleur, la saveur et la turbidité. Parmi ces paramètres, seule la couleur des 1000L premiers litres de l'eau filtrée était jaunâtre (figure6).



Fig. 6 : Différence de la coloration entre l'eau du forage (à gauche) et l'eau traitée (à droite)

Source : Résultats de cette étude

Cependant, son apparition dépend de la qualité de la calcination. En effet, les os calcinés de couleur noire ont une plus grande capacité de rétention de fluorure mais confère à l'eau traitée une coloration jaunâtre et une mauvaise odeur. Ceci est dû à la présence de traces de matières organiques qui ne sont pas bien calcinées. Mais une combustion totale des os confère un produit de faible capacité défluorurante.

Donc, il faut utiliser de la cendre de couleur grise et avant de commencer à consommer l'eau traitée, il faut attendre la disparition totale de la coloration que l'on élimine par lavage de la cendre d'os.

Paramètres physico-chimiques : il s'agit de la température, le pH, la conductivité, le chlorure, sulfate, calcium, oxygène dissous, ions, etc.

La conductivité de l'eau du forage qui est de l'ordre de 2500µS n'a pas varié après filtration donnant ainsi à l'eau une très forte salinité. Comme le chlorure et la salinité sont liés, la concentration du premier de l'ordre de 600mg/L est très élevée par rapport à 200mg/L représentant sa valeur maximale admissible.

Paramètres microbiologiques : coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques, bactéries, salmonelles, insecticides, etc.

L'eau traitée peut être microbiologiquement très contaminée. En effet, 100mL d'eau contient le plus souvent des dizaines de colonies d'Entérocoques, de coliformes totaux avec et ou sans Escherichia coli. Donc l'eau filtrée doit subir un traitement de désinfection.

Il convient donc d'accorder une attention particulière au cadre en termes de sécurité de l'approvisionnement en

eau et de mettre en œuvre des plans complets de gestion de la salubrité de l'eau permettant de garantir en permanence la salubrité de l'eau de boisson et de protéger ainsi la santé des populations. La gestion de la salubrité microbienne de l'eau de boisson requiert une évaluation à l'échelle du réseau des risques susceptibles d'affecter celui-ci.

Si l'on ne parvient pas à garantir la salubrité de l'eau de boisson, la communauté court le risque de subir des flambées épidémiques de maladies hydriques, intestinales ou autres pathologies infectieuses. Les flambées de maladies véhiculées par l'eau sont à éviter, tout particulièrement en raison de leur capacité à toucher simultanément un grand nombre de personnes et éventuellement une forte proportion de la communauté.

Le filtre peut durer de 3 à 4 mois avant la saturation de la cendre qui peut être renouvelée ou régénérer. En effet, nous avons une bonne capacité de rétention en fluorure par les cendres d'os soit plus de 99% pour les premières litres et 80% pour les dernières litres soit en moyenne 90%.

4. Conclusion

L'objectif principal de la recherche est la défluoruration de l'eau du forage de la communauté rurale de PATAR caractérisée par une très forte salinité et une concentration en fluorure excessive comprise entre 4 et 8mg/l selon les périodes de l'année.

Au terme de ce travail, sur une quantité de 5300l à raison de 50l par jour durant trois mois et demi l'eau traitée présente des concentrations en fluorure inférieures à 1,5mg/l qui est la valeur guide de l'OMS. Nous avons un abattement de l'ordre de 90% en moyenne.

Ce bon résultat prouve l'atteinte de l'objectif principal. Mais, malgré les résultats obtenus, nous constatons par ailleurs que l'eau traitée conserve une très forte salinité et que sa qualité microbiologique doit être surveillée régulièrement et corrigée par chloration. Aussi, pour améliorer les qualités organoleptiques de cette eau filtrée et favoriser une bonne appropriation de la technologie par les consommateurs, il faut adjoindre la méthode de réduction de la salinité de l'eau traitée par la dilution avec l'eau de pluie collectée ou l'eau des puits non fluorurées pour améliorer son goût.

Contribution des auteurs

- O.Gueye a conçu l'étude ;
- M.T.Gueye et D.Bop ont fait les mesure, collecté les données et analysé les résultats ;
- M.T.Gueye a rédigé l'article ;
- O.Gueye et D.Bop ont corrigé.

Remerciement

Université de Brescia : Centre de documentation et de recherche sur les technologies appropriées pour la gestion



de l'environnement dans les pays en voie de développement-Via Branze 43-25123 BRESCIA ITALY. L'université a financé le projet en collaboration avec l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Références bibliographiques

- [1] Ayoob S., Gupta A.K. Fluoride in drinking water: a review on the status and stress effects. *Crit Rev Environ Sci Technol*, 2006, (6), 433-487.
- [2] Fawell J., Bailey K., Chilton J., Dahi E., Fewtrell L., Magara Y. Fluoride in Drinking-water. IWA Publishing, on behalf of the World Health Organization, London, 2006; 47-53.
- [3] Mwaniki D.L. Fluoride sorption characteristics of different grades of bone charcoal, based on batch tests. *J Dent Res*, 1992, (6), 1310-1315.
- [4] Larsen M.J., Pearce E.I., Ravnholt G. The effectiveness of bone char in the defluoridation of water in relation to its crystallinity, carbon content and dissolution pattern. *Archs oral Biolog*, 1994, (9), 807-816.
- [5] Dahi E., Bregnhøj H. Significance of oxygen in processing of bone char for defluoridation of water. In *Proceedings of the 1st International Workshop on Fluorosis and Defluoridation of Water*, Ngurdoto, Tanzania, 18-22 October 1995. *Int. Soc. Fluoride Res.*, Dunedin, 1995, 96-103.
- [6] Phantumvanit P., LeGeros R.Z. Characteristic of bone char related to efficacy of fluoride removal from highly-fluoridated water. *Fluoride*, 1997, (4), 207-218.
- [7] Puangpinyo W., Osiriphan N. Preparation of bone char by calcination. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on Fluorosis Prevention and Defluoridation of Water*, Nazareth, Ethiopia, 19-25 November 1997. *Int. Soc. Fluoride Res.*, Dunedin, 1997, 90-93.
- [8] Watanesk S., Watanesk R. Comparative study of fluoride sorption behaviour on activated carbon and bone char. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Fluorosis Prevention and Defluoridation of Water*, Chiang Mai, Thailand, 20-24 November 2000. *Int. Soc. Fluoride Res.*, Dunedin, New Zealand, 76-79.
- [9] Abe I., Iwasaki S., Tokimoto T., Kawasaki N., Nakamura T., Tanada S. Adsorption of fluoride ions onto carbonaceous materials. *J Colloid Interface Sci*, 2004, 35-39.
- [10] Phantumvanit P., Songpaisan Y., Möller, I.J. A defluoridator for individual households. *World Health Forum*, 1988, 555-558.
- [11] Jacobsen P., Dahi E. Charcoal Packed Furnace for low-tech charring of bone. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on Fluorosis Prevention and Defluoridation of Water*, Nazareth, Ethiopia, 19-25 November 1997. *Int. Soc. Fluoride Res.*, Dunedin, 151-155.
- [12] Jacobsen P., Dahi E. Bone char based bucket defluoridator in Tanzanian households. In *Proceedings of the 2nd International Workshop on Fluorosis Prevention and Defluoridation of Water*, Nazareth, Ethiopia, 19-25 November 1997. *Int. Soc. Fluoride Res.*, Dunedin, 156-159.
- [13] Mjengera H., Mkongo G. Appropriate defluoridation technology for use in fluorotic areas in Tanzania. *Physics and Chemistry of the Earth*, 2003, 1097-1104.
- [14] Abaire B., Zewge F., Endalew M. Operational experiences on small-scale community defluoridation systems. In *Proceedings of the 34th WEDC International Conference*, Addis Ababa, Ethiopia, 2009.
- [15] Esayas S., Mattle M.J., Feyisa L. Household water treatment: defluoridation of drinking water by using bone char technology in Ethiopia. In *Proceedings of the 34th WEDC International Conference*, Addis Ababa, Ethiopia, 2009.
- [16] Korir H., Kubai J., Mbandu D., Mburu S., Salano G., Wanja El., Wanja Es., Wanjiku N., Waweru J., Müller, K. CDN's experiences in producing bone char. Technical Report, 2007, available on <http://www.eawag.ch/forschung/qp/wrq/publication/s/index>.
- [17] Korir H., Kubai J., Mbandu D., Mburu S., Salano G., Wanja El., Wanja Es., Wanjiku N., Waweru J., Müller, K. CDN's defluoridation experiences on a household scale. Technical Report, 2007, available on <http://www.eawag.ch/forschung/qp/wrq/publications/index>.
- [18] SY FATIMATA Omar, Contribution à l'étude du thé vert de chine utilisé en Afrique de l'Ouest : contrôle de quelques éléments toxicologiques et incidences sur la santé publique, Thèse, Pharm., Dakar, 1991, N°3.
- [19] TRAVY Y., Hydrogéochimie et hydrologie isotopique des aquifères fluorurés du bassin du Sénégal. Origine et condition de transport du fluor dans les eaux souterraines. Thèse, Géologie, Paris-Sud, 1988, pp : 9-26.
- [20] TRAVY Y., MOREAU J. L. Le risque fluorotique dentaire au Sénégal. *Afr. Méd.*, 1985, 24 (233) : 435-438
- [21] COLIN BAIRD, Chimie Environnementale, édition Zanichelli, 1972.



[22] DANIELA PALAZZINI, SABRINA SORLINI, OMAR GUEYE,
Defluoruration des eaux avec cendre d'os d'animal.
Manuel de réalisation et fonctionnement des
technologies; 2011. ISBN 978-88-97307-02-0.

[23] OMS, "Fluoride in drinking water." Environmental
health information section, WHO Headquarters Office in
Geneva, 20 Avenue Appia, 12 1 1 Geneva 27, 2002