



Original Paper

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

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

Analyse physico-chimique de l'eau de l'unité d'hémodialyse du chr de Saint-Louis (Sénégal)

Dominique DOUPA¹, Gora MBAYE^{2*}, Sidy M. SECK³, Louis Augustin Diaga DIOUF²,
Fatou DIALLO⁴, Papa Mady SY², Alphonse Rodrigue DJIBOUNE²,
Mamadou SOUMBOUNDOU², Agustin NDIAYE², Arame NDIAYE⁴, Fatou CISSE⁴,
Boucar NDONG⁵, Maurice DIOUF² et Mounibé DIARRA²

¹Laboratoire de Biochimie, UFR Sciences de la Santé, UGB, Dakar, Sénégal.

²Laboratoire de physique pharmaceutique, FMPO, UCAD, Dakar, Sénégal.

³Service de néphrologie, UFR sciences de la Santé, UGB, Dakar, Sénégal.

⁴Laboratoire de Biochimie Médicale, FMPO, UCAD, Dakar, Sénégal.

⁵Laboratoire de biophysique médicale et de médecine nucléaire, FMPO, UCAD, Dakar, Sénégal.

*Auteur correspondant ; E-mail : mbaygo@yahoo.fr

RESUME

L'insuffisance rénale chronique est un des problèmes majeurs de la santé publique dans le monde. Au Sénégal, une étude récente réalisée dans la population générale adulte avait retrouvé une prévalence de l'ordre de 6,1%. «L'eau pour dilution de concentrées d'hémodialyse» est produite en continue et utilisée en grande quantité chez l'hémodialysé chronique, donc il apparaît primordial de veiller à sa bonne qualité. Au Sénégal, aucune étude n'a été faite à ce jour pour évaluer l'efficacité du système de traitement de l'eau pour dilution des concentrées de dialyse dans les différents centres de dialyse du pays. L'objectif de ce travail est de contrôler l'efficacité du système de traitement de l'eau pour dilution de concentrées d'hémodialyse afin de s'assurer de son innocuité. Les prélèvements ont été effectués au niveau de trois points clés du circuit de traitement de l'eau pour hémodialyse. A l'entrée et à la sortie de l'osmoseur, à la sortie de la boucle de distribution. Les analyses ont été effectuées à l'aide d'électrodes spécifiques. Les valeurs de potentiels ont permis de tracer les courbes d'étalonnage. La détermination par régression des pentes et des ordonnées à l'origine de la relation de Nernst donne $E(mV) = B - A \log Cm$ avec des coefficients de corrélation variant entre 0,988 et 0,999 prouvant que 98% au moins des variations de tensions mesurées (E) sont attribuables à la concentration. L'analyse physico-chimique des teneurs en chlorures, nitrates et fluorures révèle des teneurs plus élevées à l'entrée de l'osmoseur qu'à la sortie. Ces basses valeurs découlent du rôle de l'osmoseur qui filtre une grande partie des électrolytes. Par contre, à la sortie de la boucle de distribution les teneurs en électrolytes des différents échantillons étaient plus importantes que celles à la sortie de l'osmoseur. Cette forte concentration en électrolytes atteste d'une pollution par la boucle de distribution de l'eau déjà filtrée par l'osmoseur. L'intérêt de cette étude réside dans le fait qu'elle met en lumière l'importance du contrôle de la qualité de l'eau pour l'hémodialyse et la nécessité d'un bon planning de maintenance préventive efficace de l'ensemble de la boucle de traitement d'eau au sein de chaque centre.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Hémodialyse, eau, chlorures, fluorures, nitrates, électrodes spécifiques.

Physicochemical analysis of Saint–Louis regional hospital’s hemodialysis unit’s water (Senegal)

ABSTRACT

Chronic kidney disease is a major public health problem worldwide. In Senegal, a recent study in the general adult population found a prevalence of about 6,1%. "Water for diluting concentrated hemodialysis" is produced and used continuously at high levels in hemodialysis chronic. It is therefore essential to ensure its quality. In Senegal, no study has been done to assess the effectiveness of water treatment system for dialysis concentrates dilution in different dialysis centers of the country. The objective of this work is to monitor the effectiveness of the water treatment system for hemodialysis concentrated dilution to ensure its safety. The samples were taken on key issues of hemodialysis water’s treatment circuit. Three levels of sampling were selected. At the entrance and at the outlet of the reverse osmosis unit at the outlet of the distribution loop. Analyses were performed using specific electrodes. Potential values allowed us to map the calibration curves. Determination by regression of slopes and intercepts of the Nernst relation gives with correlation coefficients ranging from 0.988 to 0.999 showing that at least 98% of the measured voltages fluctuations (E) are attributable to the concentration. Physicochemical analysis of the levels of chlorides, nitrates and fluorides reveals higher levels at the entrance of the reverse osmosis unit than at the outlet. These low values resulting of the role of reverse osmosis which filter much of the electrolytes. For against, at the outlet of the distribution loop the electrolyte content of the different samples were greater than those at the outlet of the reverse osmosis unit. This high electrolyte concentration attests to pollution of the water distribution loop already filtered by reverse osmosis. The interest of this study lies in the fact that it highlights the importance of monitoring the quality of water for hemodialysis and the need for good planning for effective preventive maintenance throughout the water treatment loop within each center.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Hemodialysis, water, nitrates, fluoride, chloride, specific electrodes.

INTRODUCTION

L’insuffisance rénale chronique est l’un des problèmes majeurs de la santé publique dans le monde. Actuellement dans le monde, près de 35 000 personnes sont dialysés et ce chiffre augmente de 8% chaque année. Au Sénégal, une étude récente réalisée dans la population générale adulte a retrouvée une prévalence de l’ordre de 6,1% (Seck et al., 2014).

La qualité de l’eau utilisée pour diluer les solutions concentrées de dialyse constitue un élément essentiel de l’efficacité et de la sécurité de cette thérapie. Différentes précautions doivent donc être prises pour réduire ou éviter les risques de mortalité, de morbidité ou d’inconforts liés à la qualité de l’eau. Ainsi, au cours des années, les risques liés notamment à la présence d’aluminium ou de certaines bactéries dans les eaux de dialyse ont été mis en évidence (Ducki et al., 2005 ;

Béniz et al., 2005). Aujourd’hui, nous craignons également des effets à moyen ou long terme dus à la présence de diverses molécules comme des endotoxines ou des pesticides (MSS, 2005).

Pour satisfaire aux dispositions proposées par la Pharmacopée Européenne, l’eau doit subir un traitement spécifique, même si elle provient d’un réseau de distribution publique. Par rapport aux médicaments, l’eau utilisée en hémodialyse présente la particularité d’être employée dès sa production ou dans un très court laps de temps ; le mode de production doit donc être extrêmement efficace et fiable. Pour cela, il est indispensable que diverses règles techniques et procédures soient respectées pour la conception, l’exploitation, l’entretien, la surveillance et le contrôle des installations.

Le circuit de l’eau pour hémodialyse débute avec l’eau de ville qui doit subir un

traitement spécifique qui dépend de l'origine de provenance de cette eau. Le traitement comporte trois étapes principales qui sont le prétraitement, le traitement et la distribution. Le prétraitement consiste à adapter les paramètres chimiques de l'eau par filtration progressive de particules présentes dans l'eau, suivie d'un adoucissement pour l'élimination du calcium et du magnésium de l'eau avec une élimination des chlores et des chloramines. Le traitement fait appel à l'osmose inverse, généralement une double osmose est nécessaire. L'eau osmose passe ensuite dans une boucle de distribution pour être amenée jusqu'à l'appareil d'hémodialyse. La cuve de stockage doit être faite de matériaux garantissant la qualité requise pour une eau pour hémodialyse.

Au Sénégal, aucune étude n'a été faite à ce jour pour évaluer l'efficacité du système de traitement de l'eau pour dilution des concentrés de dialyse dans les différents centres de dialyse du pays. C'est pour cette raison que nous nous sommes proposés, dans cette étude princeps, d'évaluer la qualité physico-chimique de l'eau pour dilution des concentrés de dialyse au niveau de l'unité d'hémodialyse du Centre Hospitalier Régional de Saint-Louis pour faire un état des lieux et au besoin, formuler des recommandations pour améliorer le système de traitement.

MATERIEL ET METHODES

Cadre de l'étude

L'unité d'hémodialyse du Centre Hospitalier Régional de Saint-Louis est fonctionnelle depuis août 2010 pour répondre aux besoins des patients souffrant d'insuffisance rénale.

Description du service d'hémodialyse

Le service comporte

- Des infrastructures : une salle de traitement de l'eau, deux salles de dialyse, une salle de consultation ;

- Des ressources humaines : l'équipe est constituée de deux médecins néphrologues, d'un surveillant médical, de 05 infirmiers, et deux aide-infirmiers ;
- Des moyens techniques : six générateurs de dialyse ;
- Une capacité d'accueil comprise entre 24 et 30 patients en dialyse chronique ;

La station de traitement comporte

- Un tuyau d'alimentation provenant du réseau public ;
- Un réservoir d'alimentation ;
- Un filtre à sable ;
- Un filtre à charbon actif ;
- Deux filtres à cartouche (50 et 10 microns) avant l'adoucisseur ;
- Deux adoucisseurs avec bag de sel ;
- Deux filtres à cartouche (5 et 1 microns) avant l'osmoseur ;
- Un osmoseur avec automate ;
- Une boucle d'alimentation en PVC alimentaire.

L'établissement est alimenté par le réseau de distribution publique (eau de ville). Le système de prétraitement de l'eau répond à un schéma très classique avec passage de l'eau de ville sur un filtre à sable, puis passage dans les résines des adoucisseurs et ensuite dans les filtres à charbon actif. Enfin, l'eau adoucie subit un traitement par osmose inverse avant d'alimenter les générateurs de dialyse.

Matériel

Cinq prélèvements ont été effectués sur des points clés du circuit de traitement de l'eau pour hémodialyse. Trois niveaux ont été retenus pour les prélèvements. A l'entrée du système de traitement (EB), à la sortie de l'osmoseur (ET), à la sortie de la boucle de distribution (ED). Des récipients stériles et étanches sont utilisés pour recueillir les prélèvements. C'est ainsi que des flacons de 100 ml en polyéthylène haute densité sont utilisés. Les paramètres recherchés dans cette

étude concernent la teneur en fluorures, nitrates et en chlorures.

Méthodes d'analyse chimiques

Les analyses ont été effectuées à l'aide d'électrodes spécifiques, au laboratoire de Physique et Biophysique Pharmaceutique de la FMPO de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (U.C.A.D). Les valeurs de potentiels ont permis de tracer les courbes d'étalonnage grâce au logiciel ORIGIN 7.0. La détermination par régression des pentes et des ordonnées à l'origine de la relation de Nernst donne $E(mV) = B - A \text{ Log } C_m$ avec des coefficients de corrélation variant entre 0,988 et 0,999 prouvant que 98% au moins des variations de tensions mesurées (E) sont attribuables à la concentration.

E(mV) correspond au potentiel mesuré, B correspond à l'ordonnée à l'origine, A correspond à la pente de la droite et Log C_m correspond au logarithme népérien de la concentration de l'électrolyte à doser.

Pour chaque échantillon, cinq déterminations ont été faites puis la moyenne a été calculée. La concentration de chacun des paramètres recherchés a été déterminée en utilisant la relation :

$$y = ax + b$$

- y correspond au potentiel E en mV;

- a correspond à la pente ;

- b correspond à l'ordonnée à l'origine ;

- $x = \ln [\text{paramètre dosé}]$; [paramètre dosé] concentration de chaque paramètre

RESULTATS

Les teneurs en nitrates, fluorures et chlorures aux différents points du circuit de traitement ont été déterminées à partir des droites d'étalonnage obtenues avec les réponses potentiométriques des solutions étalons. Les courbes d'étalonnage des chlorures, nitrates et fluorures ont été tracées grâce au logiciel ORIGIN 7.0 et représentées respectivement par les Figures 1, 2 et 3.

Les potentiels E (mV) relatifs aux échantillons prélevés à différents niveaux du circuit de traitement ont été consignés dans les Tableaux 1, 2 et 3.

Les résultats de ce travail préliminaire ont révélés une forte teneur en nitrates, fluorures et de chlorures dans l'eau de ville (EB) avec des concentrations respectives de (351 mg/l, 78 mg/l, 37 mg/l). A la sortie de l'osmoseur (ET) ; on a noté une baisse significative de leur teneur, ce qui confirme une bonne efficacité du système de traitement avec des concentrations respectives (16 mg/l, 28 mg/l, 2 mg/l). Cependant, à la sortie de la boucle de distribution, on note une élévation de ces concentrations avec des valeurs respectives de (150 mg/l, 76 mg/l, 5000 mg/l) (Figure 4). Cette augmentation subite de la concentration fournit une preuve supplémentaire d'une contamination de l'eau au niveau de cette boucle.

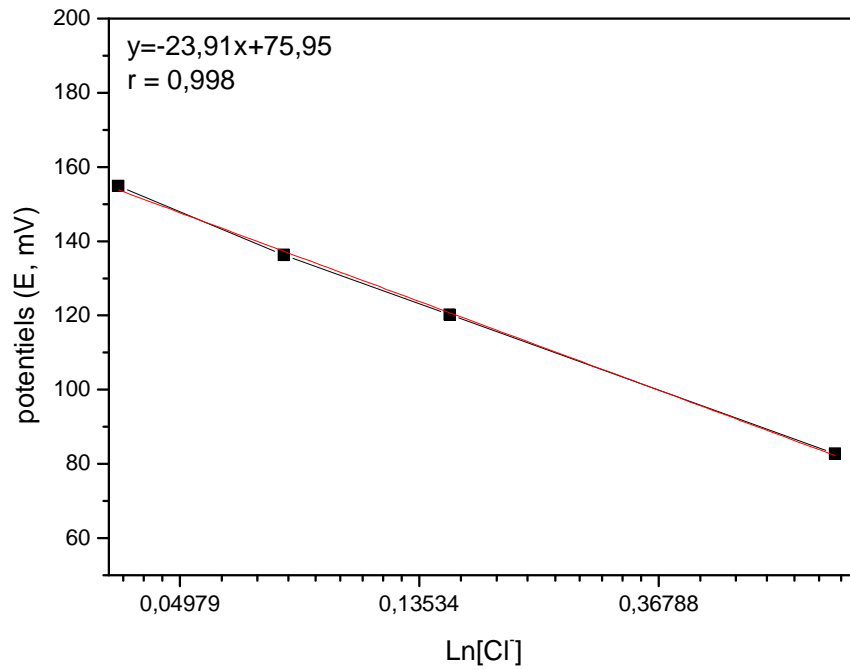


Figure 1 : Courbe d'étalonnage en chlorure.

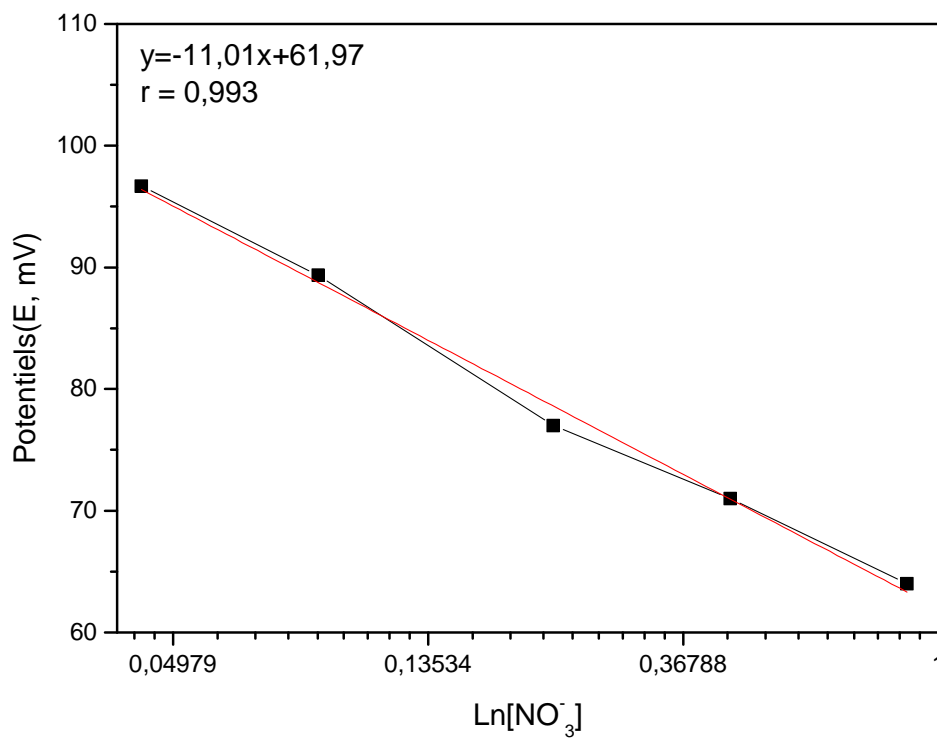


Figure 2 : Courbe d'étalonnage en nitrate.

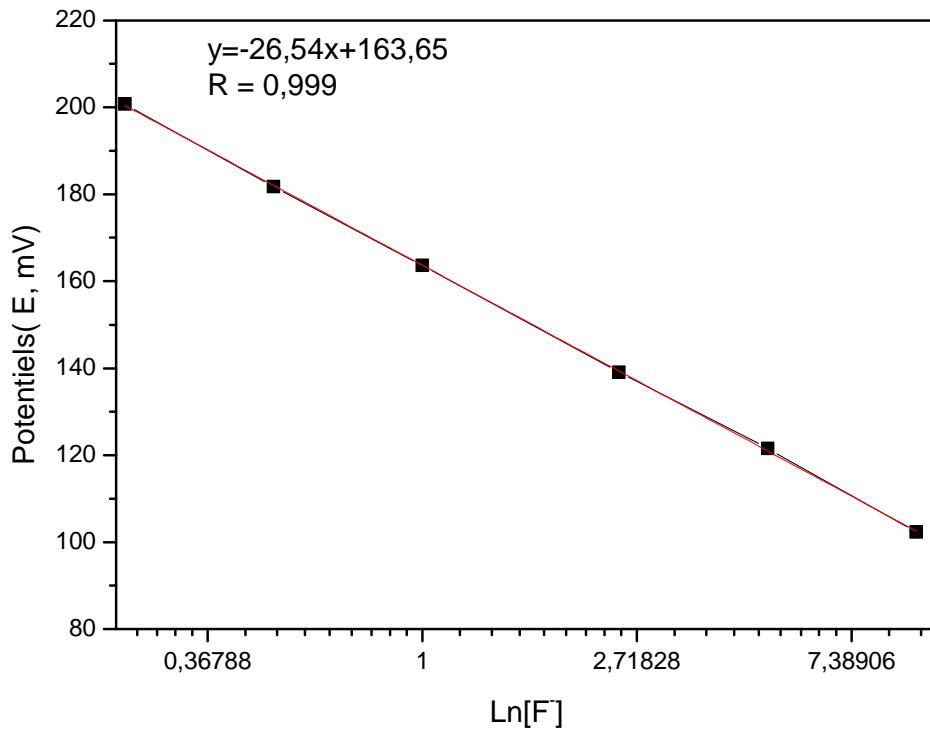


Figure 3 : Courbe d'étalonnage en fluorure.

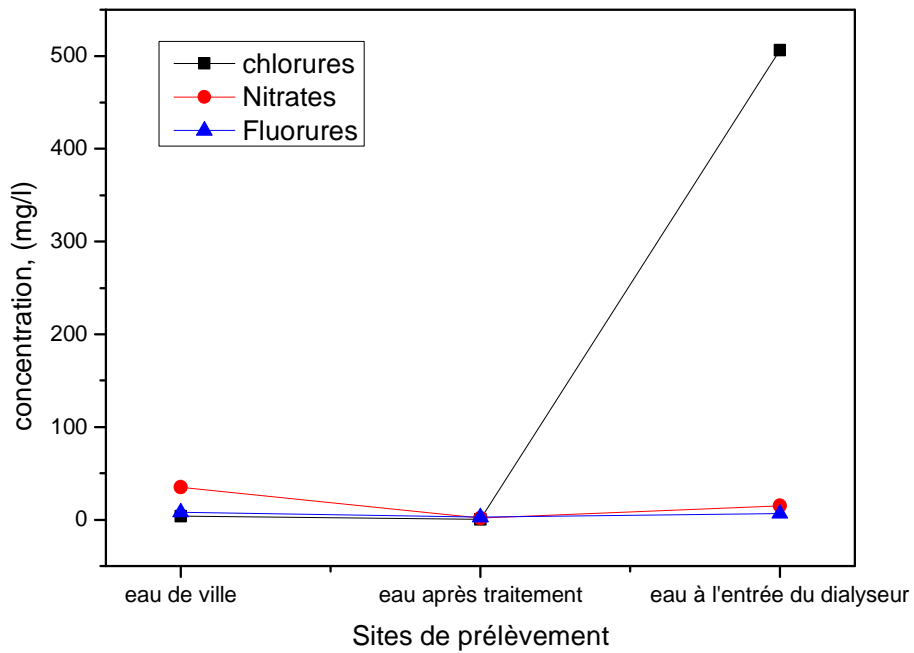


Figure 4: courbe d'évolution des concentrations dans les différents sites de prélèvement.

Tableau 1 : Comparaison des concentrations des composés chimiques dans l'eau de dialyse et l'eau potable (OMS, 2006).

Eléments	Eau de dialyse (mg/l)	Eau potable (mg/l)
Eléments chlorés	0,1	-
Chlorures	50	250
Fluorures	0,2	1,5
Nitrates	2	50
Nitrites	0,005	0,1
phosphates	5	5
Sulfates	50	250
Aluminium total	0,01	0,2
Ammonium	0,2	0,5
Calcium	2	-
Etain	0,1	-
Magnésium	2	50
Mercuré	0,001	0,001
Sodium	50	150
Potassium	2	12
Zinc	0,1	5
Métaux lourds	<0,01	0,05
Cadmium	<0,01	0,005
Plomb	<0,01	0,05
Cuivre	<0,01	1

Tableau 2: Moyenne des concentrations en chlorures aux différents sites de prélèvements.

	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	3 ^{ème} essai	4 ^{ème} essai	5 ^{ème} essai	Moyennes	Ln [Cl ⁻]	[Cl ⁻] (g/l)
EB	151,3	157,0	154,5	155,7	156,4	154,9±2,258	-3,3050	0,037
ET	217,0	221,2	220,3	221,0	221,5	220,2±1,843	-6,0327	0,002
ED	35,4	38,7	37,9	36,8	37,0	37,1±1,242	1,6225	5,066

Tableau 3: Moyenne des concentrations en nitrates aux différents sites de prélèvements.

	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	3 ^{ème} essai	4 ^{ème} essai	5 ^{ème} essai	Moyennes	Ln [NO ₃ ⁻]	[NO ₃ ⁻] (g/l)
EB	72,5	73	72	75	75	73,50±1,414	-1,04628	0,351
ET	107	106,5	108,7	108	108,4	107,72±0,936	-4,15211	0,016
ED	83	82	83	83,2	83	82,84±0,477	-1,89399	0,150

Tableau 4: Moyenne des concentrations en fluorures aux différents sites de prélèvements.

	1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	3 ^{ème} essai	4 ^{ème} essai	5 ^{ème} essai	Moyennes	Ln [F']	[F'] (mg/l)
EB	230,5	232,2	231,2	232,3	231,1	231,46±0,770	-2,5539	0,078
ET	258	258	259	258,2	258,3	258,30±0,412	-3,5649	0,028
ED	237,1	237,8	236,5	237,4	234,4	236,64±1,339	-2,7490	0,064

DISCUSSION

Jusque vers les années 70, la nécessité de traiter l'eau de ville destinée à l'hémodialyse n'apparaissait pas comme une priorité. Mais l'évolution très rapide des techniques permettant d'allonger considérablement l'espérance de vie des dialysés, les phénomènes d'accumulation au long cours des substances véhiculées par l'eau de ville sont apparus. Ainsi, le traitement de l'eau pour hémodialyse est devenu une priorité majeure influençant la qualité de cette thérapeutique. L'eau servant à la préparation du dialysat provient du réseau d'eau potable et n'est pas stérile ; elle nécessite donc un traitement afin d'éliminer les substances potentiellement toxiques pour les malades à savoir, les micropolluants minéraux ou organiques (métaux lourds, chloramines,...), les microorganismes et les pyrogènes (Cousin, 2005). Une installation de traitement d'eau comporte différents étages de traitement qui peuvent représenter eux-même des sites de prolifération microbienne (filtre à sable, adoucisseur, filtre à charbon...). L'eau joue un rôle essentiel dans la sécurité sanitaire de la dialyse. Au cours du temps, des recommandations ont été fixées pour la qualité des eaux de dialyse par la Pharmacopée Européenne et par d'autres organisations internationales (Pharmacopée Européenne, 2005). Une grande attention est apportée à l'élimination de certains minéraux, métaux lourds (notamment l'aluminium), nitrates, fluor, dérivés chlorés parce qu'ils peuvent provoquer des troubles plus ou moins graves chez le patient. Bien que n'étant pas lui-même toxique, l'ion nitrate peut subir une

réduction bactérienne en ion nitrite pouvant oxyder l'hémoglobine du sang (la méthémoglobine) qui ne peut plus fixer l'oxygène, ce qui perturbe la respiration cellulaire. A certaines concentrations, ils peuvent également engendrer à long terme des cancers chez les adultes lorsqu'ils sont associés à certains pesticides avec lesquels ils forment des composés cancérigènes (Wang et al., 2009 ; Inoue-choi et al., 2012). Le fluor quant à lui, est l'élément chimique le plus réactif. Il provoque de graves brûlures au contact de la peau, des muqueuses et des os. Les chloramines agissent par un processus d'oxydation de l'hémoglobine en méthémoglobine et par dénaturation de l'hémoglobine en corpuscule de Heinz. Cette action est amplifiée par une inhibition des réactions de réparation. Les chloramines proviennent d'un déficit de chloration de l'eau lors de la désinfection finale, le chlore se lie alors avec l'ammoniaque et les matières organiques (Calderaro et al., 2001).

Ce travail préliminaire avait pour but de faire un état des lieux du circuit de traitement de l'eau pour hémodialyse et a permis de démontrer la contamination récurrente de cette eau par la boucle de distribution mal entretenue à l'origine de cette pollution.

L'enquête réalisée au niveau du service a permis de confirmer que cette contamination provient de cette boucle puisqu'elle n'a jamais fait l'objet d'une désinfection, ni d'un remplacement depuis l'installation de cette unité d'hémodialyse en 2009. Les différents procédés qui interviennent dans le traitement de l'eau peuvent être à l'origine de

prolifération bactérienne. Les filtres à charbon, les adoucisseurs sont de véritables niches écologiques et doivent faire l'objet de procédures d'entretien, de nettoyage et de désinfection (Direction générale de la Santé, 2000). Plusieurs études ont déjà démontré l'intérêt de la désinfection des générateurs et des circuits de dialyse à base d'acide peracétique. Ducki et al. (2005) avaient noté une contamination récurrente par *P. aeruginosa* de l'eau alimentant le circuit suite à une maintenance inadaptée du système d'injection du désinfectant.

Les observations réalisées au cours de cette étude préliminaire nous ont amené à formuler quelques recommandations pour améliorer le système de production d'eau au niveau de l'unité d'hémodialyse du Centre Hospitalier Régional de Saint-Louis.

- Changer la boucle de distribution de l'eau et la remplacer par un tuyau en PEX qui protège contre la formation de biofilm et qui permet une désinfection fréquente à la chaleur
- Améliorer le système de désinfection du circuit en insistant sur la boucle de distribution.
- Faire des contrôles physico-chimiques et bactériologiques réguliers au niveau des points clés du circuit de traitement de l'eau.
- Elaborer un protocole standardisé de recherche des endotoxines, principaux facteurs de risques biologiques.

Conclusion

Ce travail préliminaire a révélé de fortes teneurs en nitrates, fluorures et chlorures dans l'eau de ville (EB). Lesquelles teneurs ont été réduites de manière significative grâce au système de traitement à la sortie de l'osmoseur (ET). Cependant, à la sortie de la boucle de distribution, on note une élévation subite de ces concentrations fournissant la preuve d'une contamination de l'eau au niveau de cette dernière liée à une défaillance du système de maintenance.

L'intérêt de cette étude réside dans le fait qu'elle met en lumière l'importance du contrôle de la qualité de l'eau pour l'hémodialyse et la nécessité d'un bon planning de maintenance préventive efficace de l'ensemble de la boucle de traitement d'eau au sein de chaque centre. En perspectives, nous envisageons d'investiguer d'autres paramètres d'évaluation de la qualité de l'eau pour hémodialyse tels que : l'aluminium, les bactéries et les contaminants chimiques chez les patients hémodialisés.

CONFLIT D'INTERET

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

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

DD et SMS ont contribué à la collecte des échantillons et l'écriture du manuscrit. GM a contribué aux analyses physico-chimique et l'écriture du manuscrit ; LADD a contribué aux analyses physico-chimique et la relecture du manuscrit ; TD, PMS, ARD, MS, AN, ArN, FC, BN et MD ont contribué à la correction du manuscrit ; Mdf a contribué aux analyses physico-chimique.

REFERENCES

- Seck SM, Doupa D, Gueye L, Ba I. 2014 Chronic kidney disease Epidemiology in Northern Sénégal a cross-sectional study. *Iranian Journal of Kidney Diseases*, **8**(4): 286-291.
- Ducki S, Francini N, Blech M-F. 2005 Circuit de traitement d'eau pour hémodialyse : mais où se cache le Bacille pyocyanique ? *Néphrologie & Thérapeutique*, **1** : 126-130.
- MSS. 2005. L'eau dans les établissements de santé, Guide technique du ministère des solidarités, de la santé et de la famille en France.
- Beniz Gunduz S. Kucukkolbas O. Atakol. 2005 Spectrofluorimetric determination of trace aluminum in diluted

- hemodialysis solutions. *Spectrochimica Acta Part A*, **61**: 913–921
- Cousin P. Traitement d'eau en hémodialyse, Stage SPIBH, UTC, 98-99, URL: <http://www.utc.fr/~farges/spibh/98-99/Stages/Cousin/Cousin.html>
- Pharmacopée Européenne. 2002. Monographie « Eau pour dilution des solutions concentrées pour hémodialyse» (4e edn). 2658-2660.
- Wang Q, Feng C, Zhao Y, Hao. 2009. Denitrification of nitrate contaminated groundwater with a fiber-based biofilm reactor. *Bioresource Technology*, **100**(7): 2223-2227.
- Inoue-Choi M, Ward M H, Cerhan J R. 2012. Interaction of nitrate and folate on the risk of breast cancer among postmenopausal women. *Nutr. Cancer*, **64**(5): 685-694.
- Calderaro RV, Heller L. 2001. Outbreak of hemolytic reactions associated with chlorine and chloramine residuals in hemodialysis water. *Saud Publica*, **35**(5): 481-486.
- Direction Générale de la Santé. 2000. Direction des hôpitaux, AFFASPS, circulaire no°2000-337 du 20 juin 2000 relative à la diffusion d'un guide pour la production d'eau pour l'hémodialyse des patients insuffisants rénaux.
- OMS. 2006. Normes d'eau potable de l'OMS. OMS.