



Recyclage des effluents du service d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani de la ville de Fès : caractérisation avant et après traitement (Effluent recycling of hemodialysis service of Al Ghassani hospital of Fez : characterization before and after treatment)

S. Berrada^{1,2}, F.Z Squalli², H.T.Squalli³, M. Hannin⁴, A. El Oualti¹,
A. El Ouali Lalami¹

1- Laboratoire Régional de Diagnostic Epidémiologique et d'Hygiène du Milieu, Direction Régionale de la Santé, Hôpital EL GHASSANI, Fès, Maroc.

2- Laboratoire de Neuroendocrinologie et Environnement Nutritionnel et Climatique, Université Sidi Mohamed ben Abdellah, Faculté des Sciences Dhar Mahraz,, Fès.

3- Service de Néphrologie, Centre Hospitalier Universitaire Hassan II.

4- Centre d'Hémodialyse de l'Hôpital EL GHASSANI.

Résumé

Source essentielle en hémodialyse, l'eau est utilisée pour préparer les dialysats et désinfecter les générateurs. Environ 120 litres d'eau est purifiée pour assurer une séance d'hémodialyse pour chaque malade. Le centre d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani de la ville de Fès assume le traitement de plus de 84 malades, soit plus de 12000 séances d'hémodialyse par an. Conscient de la consommation élevée de l'eau, son recyclage pour des usages comme l'arrosage des jardins, a été réalisé par un traitement consistant à mélanger les effluents à une eau de puits, permettant ainsi l'abaissement de la conductivité électrique et son adaptation à l'usage recommandé. Cette étude rapporte, pour la première fois au Maroc, l'évaluation de la qualité bactériologique et physico-chimique ainsi que des métaux lourds des effluents d'un centre d'hémodialyse. Vingt huit (28) échantillons (21 prélevés et 7 composites) ont été prélevés, avant et le même nombre après traitement, dans des flacons appropriés et ont été analysés selon les normes marocaines en vigueur. L'analyse physico-chimique a concerné la mesure du potentiel d'hydrogène (pH), la température et la conductivité électrique, le dosage des nitrates, des nitrites, des ortho phosphates, des chlorures et des sulfates. Pour l'analyse microbiologique, nous avons réalisé le dénombrement des Coliformes Fécaux par filtration sur membrane, ainsi que la recherche des Salmonelles et de *Vibrio Cholera*. D'après les résultats trouvés, les effluents bruts ne peuvent pas être utilisés directement pour l'arrosage. Un traitement préalable permettant d'améliorer leur qualité est nécessaire. Tandis qu'une conformité des résultats, par rapport à la réglementation en vigueur, a été observée dans les résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques et microbiologiques ainsi que des métaux lourds recherchés dans les effluents prélevés après traitement et destinés à l'irrigation des espaces vert de l'hôpital. Ces résultats prometteur ouvre la possibilité d'étudier le potentiel de recyclage des effluents des autres centres d'hémodialyse au Maroc au nombre de 135 ainsi que des autres services hospitaliers permettant ainsi d'économiser les ressources en eaux et la protection de l'environnement.

Mots clés : Centre d'hémodialyse, Effluents, Recyclage, Risque sanitaire, Qualité bactériologique, Qualité physico-chimique, Fès, Maroc.

Abstract

Essential ingredient hemodialysis the water is used to prepare dialysates and to disinfect generators. About 120 liters of water is purified to ensure the hemodialysis session for each patient. The center of hemodialysis of Al Ghassani hospital of Fez assumes the treatment of more than 84 patients, more than 12000 hemodialysis sessions per year. Aware of the elevated water consumption, recycling for uses such as watering gardens was carried out by a treatment of mixing the effluents to water wells, thereby lowering the electrical conductivity and its adaptation recommended for use. This study provides, for the first time in Morocco, an assessment of the bacteriological and physicochemical quality of recycled effluents. 28 samples (21 collected and 7 composites) were drawn before and the same number after treatment, in appropriate flasks and were analyzed according to the standards. They were analyzed according to Moroccan standards. The physico-chemical analysis concerned the extent of potential hydrogen (pH), temperature and electrical conductivity; dosing of nitrates, nitrites, chlorides and sulfates. For microbiological analysis, we realized enumeration of Faecal Coliforms by membrane filtration and search *Salmonella* and *Vibrio Cholera*. According to the results found, untreated effluents can not be utilized directly for watering. Prior treatment for improving the quality is necessary. Whereas compliance results in relation to the regulations in force were observed in the results of the analysis of physico-chemical

and microbiological parameters for heavy metals by ICP technique searched in the effluents removed after treatment. It would be desirable to study the potential for recycling of effluents from other center of hemodialysis to the number of 135 and other hospital services thus allowing saving water resources and environmental protection.

Keywords: Hemodialysis center, Effluents, Recycling, Medical risk, Bacteriological quality, Physico-chemical quality, Fez, Morocco.

1. Introduction

L'eau est beaucoup plus qu'un simple besoin humain. Elle représente un élément essentiel et irremplaçable pour assurer la continuité de la vie. Des problèmes liés à sa rareté et notamment à sa pollution se posent au niveau mondial depuis la fin du siècle dernier [1-4].

Au Maroc, le rapport du Haut Commissariat des eaux et forêts et de la désertification publié en 2012, a prévu une pénurie d'eau à l'horizon 2020 avec notamment une réduction de 49 % de la consommation en eau de chaque citoyen, entraînant certainement le manque de cette source dans l'avenir [5]. Ceci oblige à optimiser son utilisation et à éviter son gaspillage mais aussi il faut penser à développer de nouveaux programmes de recyclage des effluents liquides, afin de pouvoir les réutiliser dans divers domaines (irrigation, arrosage, sanitaire...)[6]. Ainsi, le recours aux eaux usées brutes pour l'irrigation a constitué une alternative de choix par les agriculteurs aussi bien au Maroc que dans certains pays africains et méditerranéens. Chaque année, plus de 7000 ha sont irrigués directement par les eaux usées brutes rejetées par les villes, soit environ 70 millions de m³/an d'eaux usées réutilisées en agriculture sans aucun traitement préalable [7].

Dans les hôpitaux et notamment au niveau des centres d'hémodialyse, l'eau est utilisée en grande quantité continuellement et sert pour préparer le dialysat, rincer et retraiter les membranes de dialyse et désinfecter les générateurs. Environ 120 litres d'eau est purifiée pour assurer une séance d'hémodialyse pour chaque malade. La consommation annuelle de l'eau pour un centre d'hémodialyse fonctionnant 12 heures par jour et 6 jours par semaine, est estimée à 112 m³, sans tenir compte de l'eau qui est rejetée pendant les opérations utilisant les filtres de charbon et l'osmose inverse [8].

Au Maroc, plus de 135 centres d'hémodialyse assurent le traitement de plus de 5737 patients [8]. Le centre d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani de la ville de Fès assume le traitement de plus de 84 malades, soit plus de 12000 séances d'hémodialyse par an.

Devant les risques sanitaires liés aux effluents hospitaliers et en vue de la réutilisation d'effluents liquides générés par le centre d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani de Fès, les responsables de la Direction Régionale de la Santé de la Région de Fès, ceux de l'hôpital et de ce service ont décidé de traiter une partie des effluents et les réutiliser pour l'arrosage de l'espace vert créée à l'hôpital.

La méthode de traitement adoptée par le centre d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani de Fès consiste à mélanger les effluents rejetés après osmose inverse avec de l'eau de puits situé à la sortie de la salle de traitement des eaux du centre d'hémodialyse.

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce travail, réalisée pour la première fois au Maroc, ayant comme objectif la caractérisation physico-chimique et bactériologique avant et après traitement des effluents, du service d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani de Fès, destinés à l'irrigation.

Ainsi, le recyclage des eaux usées pour des éventuelles réutilisations semble aussi l'une des techniques considérées permettant non seulement un gain considérable des ressources en eau, mais aussi va contribuer à la résolution de la problématique des effluents hospitaliers, qui devient de plus en plus importante, suite à la faible potentialité du traitement de certaines substances chimiques d'origine hospitalière par les stations d'épuration [9].

2. Matériels et méthodes

2.1. Type et lieu de l'étude

Il s'agit d'une étude prospective réalisée dans l'hôpital Al Ghassani de la ville de Fès entre le centre d'hémodialyse de cet hôpital et le Laboratoire Régional de Diagnostic Epidémiologique et d'Hygiène du Milieu (LRDEHM) relevant de la Direction Régionale de la Santé.

2.2. Lieu, modalités et fréquence des prélèvements

Les échantillons ont été prélevés et réalisés au centre d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani de Fès. Ils ont concerné les effluents bruts et les eaux usées destinées à l'irrigation, obtenues par mélange des effluents rejetés

après osmose inverse et de l'eau de puits situé à la sortie de la salle de traitement des eaux du centre d'hémodialyse. Les prélèvements ont été réalisés à une fréquence hebdomadaire de 3 fois par jour, pendant 7 semaines, soit 56 échantillons au total (21 prélèvements et 7 composites pour chaque phase). Les effluents ont été prélevés dans des flacons appropriés de 500 ml selon la Norme Marocaine NM 03.7.059[10] et acheminés dans une glacière maintenue à 4°C au LRDEHM pour être analysés.

2.3. Analyse des échantillons

Pour être conforme à la réglementation relative à toute eau destinée à l'irrigation (Arrêté conjoint n° 1276-01 du 17 octobre 2002)[11] ainsi qu'à celle relative aux valeurs limites générales des rejets (Arrêté conjoint n° 2942-13 du 07 octobre 2013) [12], nous avons réalisé des analyses physico-chimiques pour les effluents bruts du centre d'hémodialyse alors que pour les effluents traités nous avons effectué des analyses bactériologiques, physico-chimiques ainsi que le dosage des métaux lourds.

2.3.1. Analyses physico-chimiques

La mesure de la température a été effectuée au moment du prélèvement alors que les autres analyses ont été réalisées au LRDEHM selon les recommandations du Rodier 1996 [13] et 2009[14]. Les analyses physico-chimiques ont concerné la mesure du potentiel d'hydrogène (pH), la température et la conductivité électrique à 20°C, le dosage des nitrates, des nitrites, des ortho phosphates, des chlorures et des sulfates. Une gamme d'étalonnage de tous les paramètres analysés au LRDEHM, ainsi qu'un contrôle de tous les facteurs (5M) affectant la qualité des analyses, ont été réalisées selon les exigences et les procédures décrites par la NM ISO 17025 et adoptées par le LRDEHM depuis l'année 2008.

2.3.2. Dosage des métaux lourds

L'analyse des métaux lourds du mélange des 7 échantillons composites des effluents prélevés après traitement, a été réalisée au Centre Universitaire Régional d'Interface (CURI). Ils ont concerné le dosage de l'Aluminium, de l'Arsenic, du Béryllium, du Cadmium, du Cobalt, du Chrome, du Cuivre, du Fer, du Lithium, du Manganèse, du Molybdène, du Plomb, du Vanadium et du Zinc. Le dosage de ces métaux a été réalisé par la méthode d'ICP (Inductively Coupled Plasma).

2.3.3. Analyses bactériologiques

Ces analyses ont été menées selon les exigences et les méthodes préconisées par Rodier 1996 [13] et 2009[14], l'arrêté conjoint n° 1276-01 du 17 octobre 2002 [11] et l'arrêté conjoint n° 2942-13 du 07 octobre 2013 [12]. Les milieux de culture utilisés ont été préparés conformément aux normes en vigueur et selon des procédures de contrôle de qualité rigoureuses. Avant l'utilisation des milieux de culture et pour s'assurer de leurs qualités de stérilisation, des boîtes témoins ont été incubées aux températures correspondantes à chaque milieu pendant 24 heures. Un contrôle qualité régulier des milieux de culture, des réactifs, de l'eau distillée, du matériel et équipements, de l'opération de l'autoclavage ainsi que des conditions ambiantes de l'environnement des analyses (prise de la température et de l'humidité) a été réalisé quotidiennement.

2.3.4. Outil statistique

La saisie et le traitement des données ont été faits à l'aide du programme Excel.

3. Résultats

3.1. Résultats des analyses de la caractérisation des effluents avant traitement

Durant cette étude, nous avons effectué la caractérisation physico-chimique des effluents non traités du service d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani de Fès, afin d'apprécier leur qualité hygiénique à des fins d'arrosage, avant qu'ils ne subissent de traitement. Pour cela, nous avons réalisé 21 prélèvements (3 prélèvements par jour pendant 7 semaines) à partir desquels 7 mélanges ont été préparés (1 mélange par jour obtenu par mixtion des 3 prélèvements du même jour). Une caractérisation physico-chimique de tous les échantillons a été réalisée. Elle a concerné la mesure du potentiel d'hydrogène, la mesure de la conductivité électrique, le dosage des chlorures, des nitrates, des nitrites, des sulfates et de l'orthophosphate.

3.1.1. Résultats des analyses physicochimiques

Les résultats des paramètres physico-chimiques des 21 échantillons d'effluents bruts sont donnés dans le tableau 1.

Mesure de la température : La température a été mesurée juste après prélèvement des échantillons. Elle a varié entre 22 et 30°C. Elle était conforme par rapport à la réglementation [12] puisqu'elle n'a pas dépassé 30°C.

Potentiel d'hydrogène pH : La mesure du pH des échantillons a montré qu'ils étaient tous acides avec un pH maximal de 8,22 et un pH minimal de 7,12 et une moyenne de 7,85. Le pH des mélanges a varié entre 8,22 et 7,81 (tableau 1 et figure 1a).

Tableau 1 : Résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques des effluents avant traitement

Echantillons et Mélanges	pH	Conductivité Electrique (mS/cm)	Chlorures (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Sulfates (mg/l)	Ortho phosphates (mg/l)
Ech1	7,47	3,47	638,15	0,007	9,37	10,47	0,00
Ech2	7,37	3,46	29,07	0,009	9,58	178,69	0,00
Ech3	7,81	3,50	609,79	0,009	8,44	191,73	0,00
M1	8,11	3,47	638,15	0,030	40,02	143,91	0,00
Ech4	8,03	3,50	638,15	0,005	4,03	457,39	0,00
Ech5	8,05	3,50	595,61	0,007	4,27	505,21	0,00
Ech6	7,92	3,41	482,16	0,003	22,06	28,69	0,00
M2	8,21	3,42	453,79	0,021	72,87	174,34	0,00
Ech7	8,04	3,44	453,79	0,000	28,44	202,60	0,00
Ech8	7,58	3,44	453,79	0,000	45,36	200,86	0,00
Ech9	7,72	3,48	638,15	0,000	5,10	87,82	0,00
M3	8,11	3,35	467,97	0,004	62,53	209,13	0,00
Ech10	7,92	3,42	680,69	0,000	5,75	309,56	0,00
Ech11	7,78	3,50	567,24	0,000	5,89	237,39	0,00
Ech12	7,63	3,34	680,69	0,000	59,98	209,13	0,00
M4	8,18	3,35	467,97	0,000	57,55	146,08	0,00
Ech13	8,12	3,46	638,15	0,000	23,78	204,78	0,00
Ech14	7,94	3,43	567,24	0,017	2,137	209,13	0,00
Ech15	8,01	3,43	467,97	0,000	0	204,78	0,00
M5	8,22	3,43	638,15	0,006	47,85	217,82	0,00
Ech16	7,12	3,45	581,42	0,000	16,67	239,56	0,00
Ech17	7,44	3,56	609,79	0,000	0	204,78	0,00
Ech18	7,78	3,51	482,16	0,000	43,83	150,43	0,00
M6	7,81	3,43	638,15	0,000	23,47	139,56	0,00
Ech19	7,82	3,53	638,15	0,000	47,63	187,39	0,00
Ech20	7,80	3,52	482,16	0,000	45,36	224,34	0,00
Ech21	7,84	3,56	496,34	0,000	41,32	198,26	0,00
M7	7,83	3,42	467,97	0,000	45,18	217,82	0,00
Valeurs Max	8,22	3,56	680,69	0,030	72,87	505,21	0,00
Moyennes	7,85	3,46	542,96	0,014	27,80	203,27	0,00
Valeurs Min	7,12	3,34	29,07	0,000	2,137	10,47	0,00
Valeur Maximale admissible*	8,5	2,7	350	0,5	30	500	2

* Arrêté conjoint n° 2942-13 du 07 octobre 2013) [12].

La comparaison des valeurs de pH trouvées, aux limites d'acceptabilité de la réglementation nationale relative aux eaux d'irrigation, a montré que ces pH sont conformes aux normes puisque ils se situent tous entre 6,5 et 8,5 (les limites inférieures et supérieures de la réglementation [12]).

Mesure de la conductivité électrique : La mesure de la conductivité électrique dans tous les échantillons a révélé qu'elle variait entre 3,34 et 3,56mS/cm. Tandis que, celle des mélanges présentée dans la figure 1b a

basculé entre 3,35 et 3,47 mS/cm. La conductivité électrique des échantillons aussi bien prélevés que ceux obtenus par mélange, est très élevée. Elle dépasse de loin la limite supérieure stipulée par la réglementation (soit $> 2,7$ mS/cm). L'augmentation de la conductivité électrique est due probablement aux teneurs élevées d'autres paramètres non analysés comme le potassium et le sodium.

Les nitrates (NO_3^-) : Le dosage des nitrates dans les échantillons analysés a montré des valeurs allant de 2,137 à 72,87 mg/l, montrant un dépassement de la valeur limite énoncée par la réglementation nationale (30 mg/l) (figure 1c).

Les nitrites (NO_2^-) : Le dosage des nitrites dans les échantillons a montré qu'aucune concentration n'a dépassé la valeur maximale fixée par la réglementation nationale [12] qui est de 0,5 mg/l, la concentration trouvée est comprise entre 0 et 0,03 mg/l (figure 1d).

Les orthophosphates (PO_4^{3-}) : Le dosage des orthophosphates a révélé que tous les échantillons prélevés et ceux obtenus par mélange, ne contenaient pas d'orthophosphate.

Les sulfates SO_4^{2-} : La concentration en sulfates dans les échantillons a oscillé entre 10,47 et 505,21 mg/l, celle des mélanges a varié entre 139,56 et 217,82 mg/l (figure 1e). La concentration maximale enregistrée de l'ordre de 505,21 mg/l a excédé la valeur limite fixée par la réglementation (500 mg/l). Elle a été constatée au niveau d'un seul échantillon, soit l'échantillon Ech5 (tableau 1 et figure 1e).

Les chlorures : Le dosage des chlorures dans les échantillons et les mélanges analysés a montré des concentrations allant de 29,07 mg/l à 680,69 mg/l (figure 6). Ces concentrations sont très élevées et dépassent la valeur limite fixée par les normes en vigueur [12] (350 mg/l) (tableau 1 et figure 1f).

D'après, les résultats des analyses physicochimiques (tableau 1 et figure 1) des effluents bruts du centre d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani, nous pouvons conclure que ces effluents à l'état brut ne peuvent pas être utilisés directement pour l'arrosage. Un traitement préalable permettant d'améliorer leur qualité est nécessaire. Les non conformités enregistrées ont concerné principalement les paramètres suivants:

4. La conductivité électrique qui a inscrit un dépassement important puisqu'elle a varié entre 3,34 mS/cm à 3,56 mS/cm ;
5. Les chlorures qui ont enregistré des teneurs maximales dépassant les 350 mg/l ;
6. Les nitrates qui ont été marqués par une augmentation de la concentration de 14 échantillons analysés, le maximum noté était de 72,87 mg/l.

6.1. Résultats des analyses de la caractérisation des effluents après traitement

Au cours de cette étude, nous avons réalisé la caractérisation microbiologique et physico-chimique des effluents destinées à l'irrigation et obtenus par mélange, du service d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani de Fès. Ainsi, nous avons effectué 21 prélèvements (3 prélèvements par jours pendant 7 semaines) à partir desquels nous avons réalisé 7 composites (1 composite par jour obtenu par mélange des 3 prélèvements du même jour).

Les résultats des paramètres physico-chimiques des 21 échantillons d'effluents traités et destinés à l'irrigation sont présentés dans le tableau 2.

6.1.1. Analyses physicochimiques des effluents après traitements

Potentiel d'hydrogène pH : La mesure du pH des 21 prélèvements a montré qu'ils étaient tous acides, le pH a varié entre 6,72 et 7,73 avec une moyenne de l'ordre de 7,32. La figure 2a montre que le pH maximal des composites était de 7,94, le pH minimal était de 7. La valeur élevée du pH du composite 5 a coïncidé avec celle du pH des échantillons avant mélange. Tous les échantillons analysés ont un pH compris entre 6,5 et 8,4 et sont donc conformes à la réglementation [11].

Mesure de la conductivité électrique : La mesure de la conductivité électrique dans tous les échantillons prélevés a montré des valeurs allant de 1127 à 1190 μ S/cm. Tandis que, celles enregistrées dans les composites (figure 2b), ont montré une variation importante entre 1172 μ S/cm enregistrée dans le composite C3 et 1156 μ S/cm consigné par le composite C6. Une moyenne de 1167,38 μ S/cm a été observée.

La conductivité électrique que nous avons trouvé était inférieur à 12 mS/cm, valeur maximale admissible par la réglementation nationale (Arrêté conjoint n° 1276-01 du 17 octobre 2002) [11].

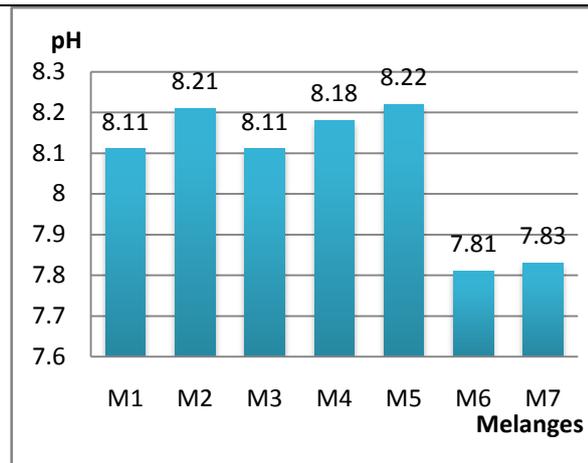


Figure 1a : pH des mélanges

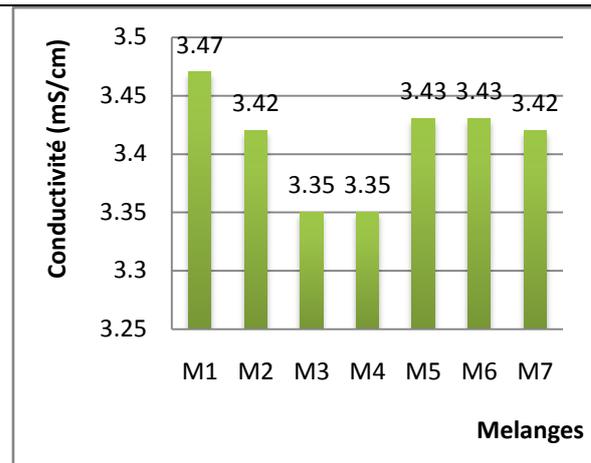


Figure 1b: Conductivité électrique des mélanges

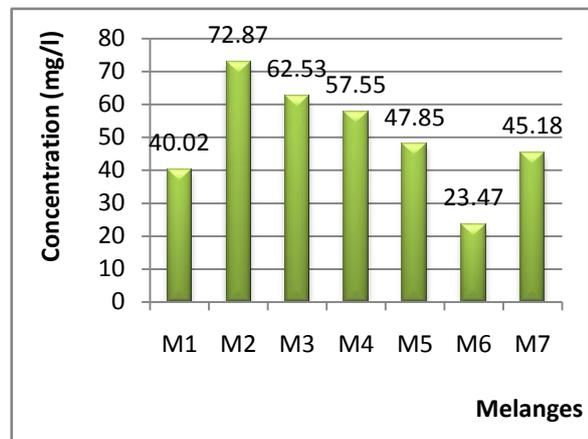


Figure 1c: Concentration des nitrates des mélanges

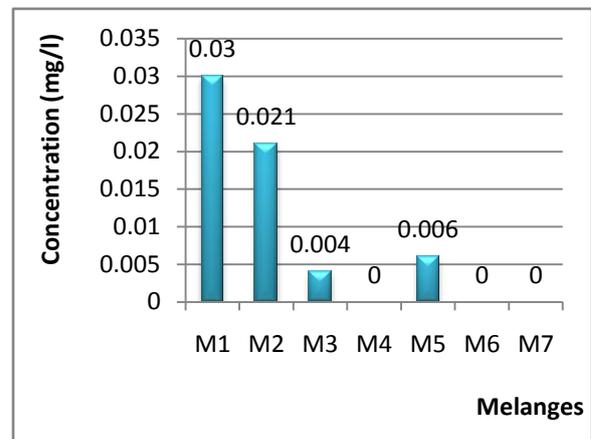


Figure 1d: Concentration en nitrites des mélanges

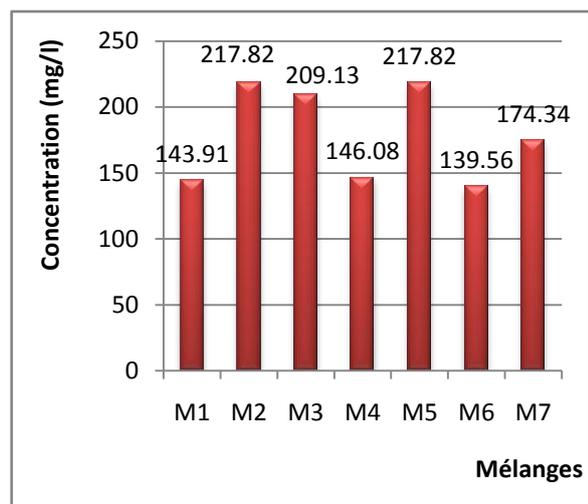


Figure 1e : Concentration en sulfate des mélanges

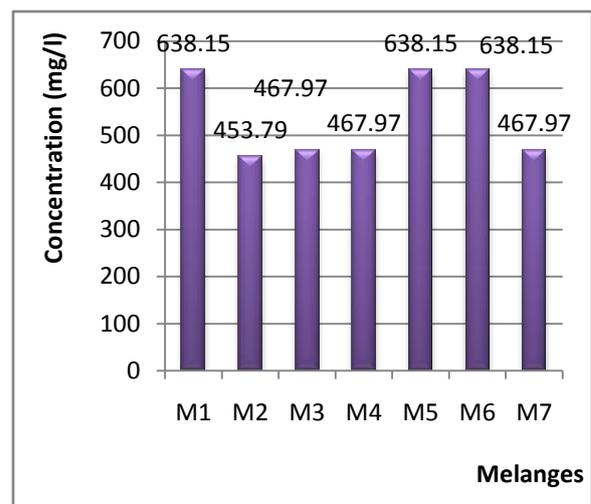


Figure 1f : Concentration de chlorures des mélanges

Figure 1 : Résultats des paramètres physico-chimiques des échantillons d'effluents analysés avant traitement.

Tableau 2: Résultats des paramètres physico-chimiques des effluents destinés à l'irrigation

Code échantillon	pH	Conductivité électrique $\mu\text{S/cm}$	Nitrate (NO_3^-) (en mg/l)	Nitrite (NO_2^-) (en mg/l)	Orthophosphate (PO_4^{3-}) (en mg/l)	Sulfate (SO_4^{2-}) (en mg/l)	Chlorure (Cl^-) (en mg/l)	T° (°C)
1	7,16	1127	6,51	3,171	0	98,26	326,16	23
2	7,22	1164	5,27	0,014	0	22,17	198,53	22
3	7,09	1167	3,93	0,006	0	65,65	666,51	25
4	7,42	1181	22,06	0,004	0	159,13	326,16	23
5	7,34	1167	26,20	0,002	0	165,65	425,43	27
6	7,41	1170	4,03	0,007	0	159,13	496,34	24
7	7,73	1151	11,58	0,03	0	174,34	283,62	24
8	7,18	1170	28,09	0	0	156,95	170,17	26
9	7,14	1175	27,30	0,006	0	72,17	241,08	23
10	7,36	1172	10,34	0	0	74,34	283,62	25
11	7,40	1174	29,40	0	0	78,69	283,62	28
12	7,11	1181	27,99	0,001	0	70	198,53	22
13	7,62	1163	72,39	0,025	0	78,69	283,62	25
14	7,58	1170	17,03	0	0	76,52	283,62	22
15	7,50	1170	11,92	0,005	0	78,69	184,35	26
16	6,72	1166	0,34	0,08	0	20	198,53	24
17	7,30	1163	3,41	0,031	0	56,95	283,62	27
18	7,13	1180	21,89	0,021	0	74,34	184,35	25
19	7,30	1146	25,95	0,018	0	70	283,62	29
20	7,21	1181	9,58	0,05	0	67,82	212,71	26
21	7,42	1195	9,10	0,011	0	54,78	170,17	25
Maximum	7,73	1195	72,39	3,17	0	174,34	666,51	30
Moyenne	7,32	1167,38	17,82	0,16	0	89,25	285,04	25,04
Minimum	6,72	1127	0,34	0	0	20	170,17	22
Valeur Maximale admissible*	8,4	1200	30	0,5	-	250	350	35

* Arrêté conjoint n° 1276-01 du 17 octobre 2002 [11]

Les nitrites (NO_2^-): Nous avons observé (figure 2d) que la concentration des nitrites n'a pas dépassé la valeur limite préconisée par la réglementation nationale (0,5 mg/l), que pour 2 échantillons (composite 1 et échantillon 1, soit respectivement 3,17 mg/l et 3,171 mg/l).

Les orthophosphates (PO_4^{3-}): Le dosage des orthophosphates a montré qu'ils étaient absents dans tous les échantillons prélevés ainsi que dans leurs composites.

Les sulfates SO_4^{2-} : La concentration en sulfates des échantillons prélevés était classée entre 20 et 174,34 mg/l ; celle des composites était entre 24,34 mg/l et 70 mg/l. Aucune valeur n'a dépassé la valeur limite admise par la réglementation en vigueur (250 mg/l) (tableau 3 et figure 2e).

Les chlorures: Les échantillons prélevés et analysés ont montré une concentration en chlorures allant de 170,17 à 666,51 mg/l. Une non-conformité de la concentration de trois (3) échantillons par rapport à la réglementation a été observée puisqu'ils ont dépassé 350 mg/l. La valeur moyenne enregistrée est de l'ordre de 285,04.

L'analyse de la concentration en chlorures des composites, présentée en figure 2f, a révélé qu'un seul composite qui avait une concentration supérieur à 350mg/l (de l'ordre de 595,61) et était non-conforme par rapport à la réglementation nationale relative aux eaux utilisées pour l'irrigation.

6.1.2. Dosage des métaux lourds des effluents après traitement

Les résultats d'analyses des métaux lourds présentés dans le tableau 3 ont révélé une conformité, par rapport à la réglementation en vigueur [11], du mélange des échantillons composites prélevés après traitement.

6.1.3. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques relatives aux effluents destinés à l'irrigation concernent les coliformes fécaux et les germes pathogènes [11].

Dénombrement des Coliformes fécaux

Les échantillons prélevés aussi bien que les composites ont enregistré un dénombrement qui n'a pas dépassé 300 ufc/100 ml (figure 3), la densité moyenne était de 49,14, alors que celle minimale était nulle. Ces résultats montrent une conformité par rapport à la réglementation [11] (valeur limite =1000 ufc/100ml).

Tableau 3 : Concentration en métaux lourds du mélange des échantillons composites

Métaux lourds	Concentration (mg/l)	Valeur limite (mg/l) *
Aluminium	0,022	5
Arsenic	< 0,01	0,1
Béryllium	< 0,01	0,1
Cadmium	< 0,01	0,01
Cobalt	< 0,01	0,5
Chrome	< 0,01	1
Cuivre	< 0,01	2
Fer	< 0,01	5
Lithium	0,023	2,5
Manganèse	< 0,01	0,2
Molybdène	< 0,01	0,01
Nickel	< 0,01	2
Plomb	< 0,01	5
Vanadium	< 0,01	0,1
Zinc	0,023	2

*Arrêté conjoint du ministre de l'équipement et du ministre Chargé de l'aménagement du territoire, de l'environnement, de l'urbanisme et de l'habitat n° 1276-01 du 17 octobre 2002 portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation [11].

Recherche des germes pathogènes

L'absence des germes pathogènes (*salmonella* et *Vibrio cholérique*) a été observé dans de tous les composites analysés, ce qui prouve une conformité par rapport à la réglementation [11].

7. Discussion

L'hémodialyse est la méthode de suppléance la plus pratiquée pour le traitement de l'insuffisance rénale, pourtant c'est une thérapeutique très demandeuse en ressources comme l'eau et l'électricité et engendre une grande quantité de déchets [15]. Ces besoins en eau sont relativement importants dans tous les procédés du traitement, coïncident malheureusement avec la rareté de cette source précieuse.

Le premier volet de notre étude a été réalisé dans le cadre d'évaluer la caractérisation physico-chimique des effluents bruts issus du service d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani de Fès. Elle a porté sur 28 échantillons (21 prélèvements et 7 mélanges).

D'après les limites d'acceptabilité, mentionnées dans la réglementation en vigueur relative aux valeurs limites générales de rejet, nous pouvons conclure vis-à-vis de la qualité physicochimique des effluents bruts du centre d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani que ces effluents ne peuvent pas être utilisés directement pour l'arrosage.

Un traitement préalable permettant d'améliorer leur qualité est très indispensable. Le Guide de Gestion des Déchets des Etablissements de Soins [16] élaboré par la Direction des Hôpitaux et des Soins Ambulatoires du Ministère de la santé Marocain propose la mise en place d'un pré-traitement qui peut s'agir de petites stations d'épuration pour les grands hôpitaux ou ouvrages ou des pré-traitements spéciaux pour traiter les effluents des services connus par leurs rejets dangereux notamment l'oncologie, les laboratoires, la dialyse et autres. Rappelant que dans notre pays, il existe qu'une seule expérience relative au traitement préalable des effluents du centre d'hémodialyse qui a été faite. Celle-ci a été réalisée à l'hôpital Hassani de Nador en 2008[8].

A travers notre étude, les paramètres qui ont enregistré principalement une non conformité sont : la conductivité électrique, les chlorures et les nitrates. Le potentiel d'hydrogène, les nitrites et les orthophosphates, dans tous les échantillons d'effluents analysés étaient comparables aux limites d'acceptabilité des normes en vigueur.

Nos résultats concordent avec les travaux de la littérature [17-20] qui ont rapporté également que les rejets liquides du milieu hospitalier notamment de l'hôpital Al Ghassani [18, 20] sont très chargés en polluants chimiques et germes pathogènes et constituent ainsi une menace pour l'environnement et pour la santé. Leur traitement préalable devient une nécessité absolue.

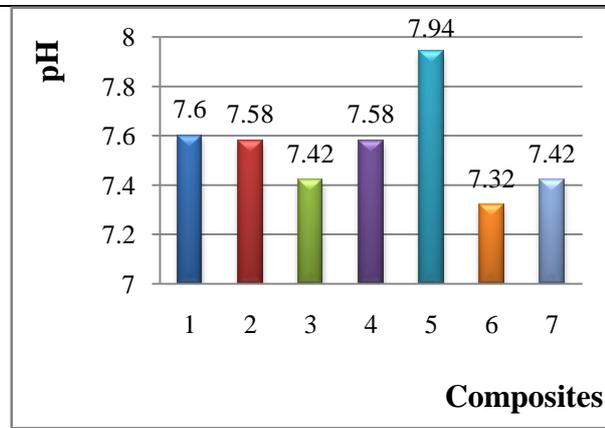


Figure 2a : Potentiel d'hydrogène (pH) des composites analysés.

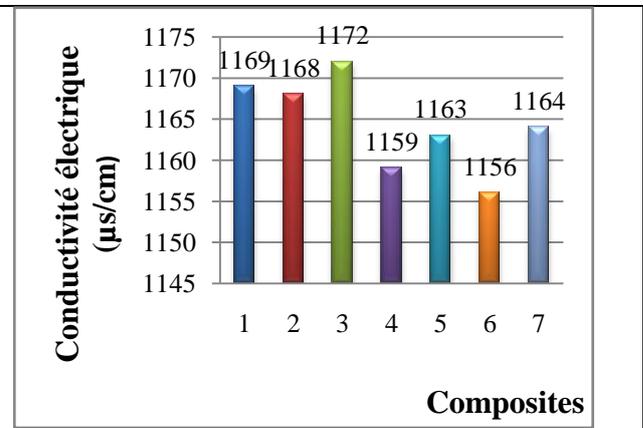


Figure 2b : Conductivité électrique des composites analysés.

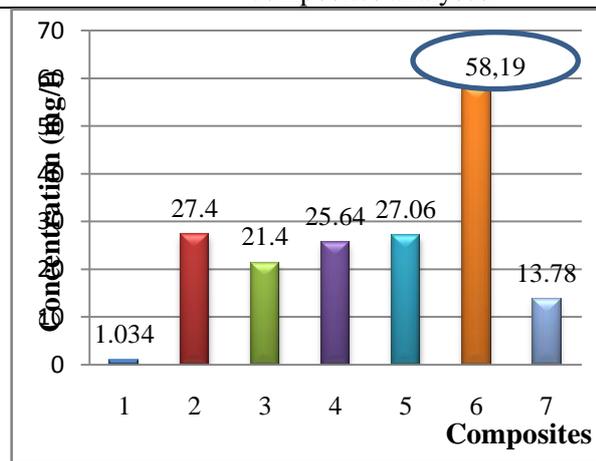


Figure 2c : Concentration des nitrates dans les composites analysés.

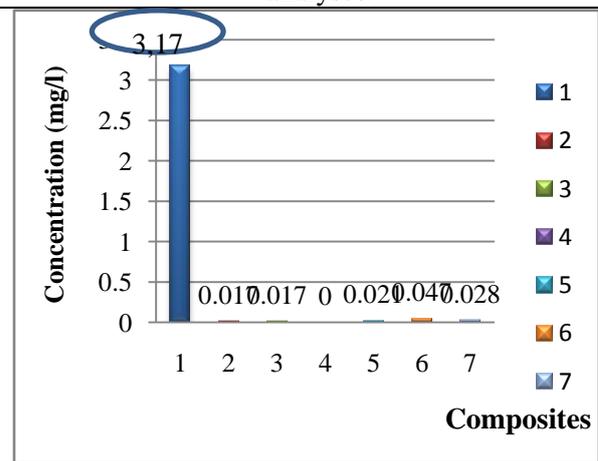


Figure 2d : Concentration des nitrites dans les composites analysés.

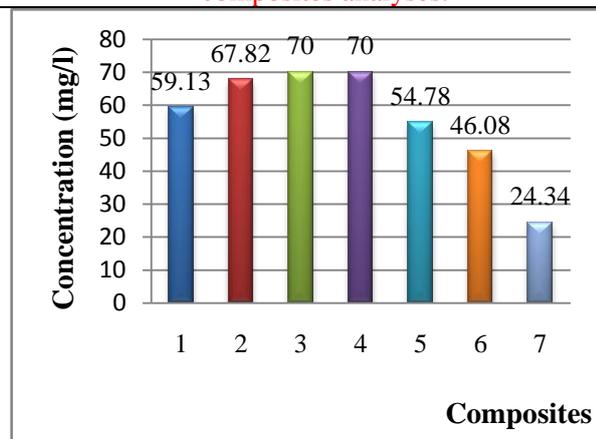


Figure 2e : Concentration des sulfates dans les composites analysés.

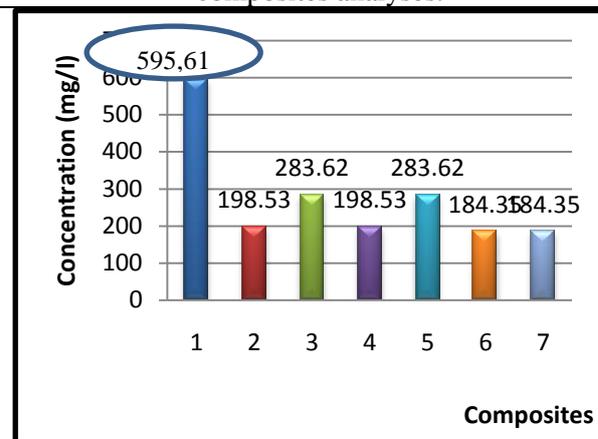


Figure 2f : Concentration des chlorures dans les composites analysés.

Figure 2 : Résultats des paramètres physico-chimiques des échantillons d'effluents analysés après traitement.

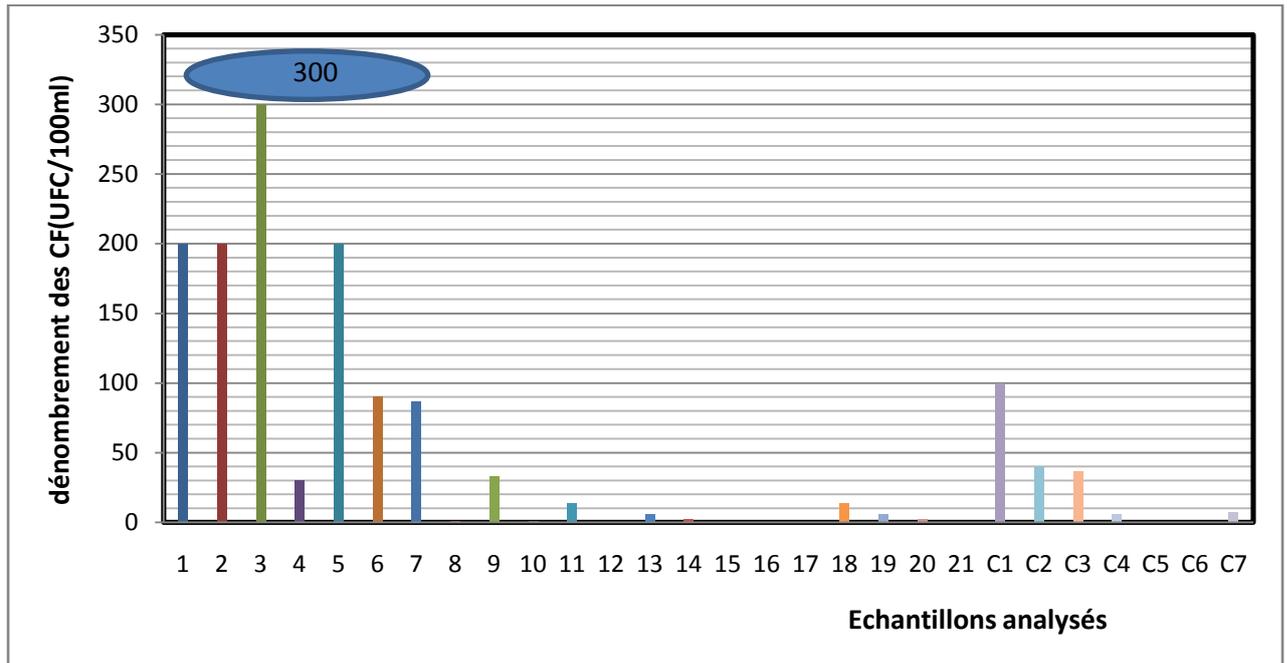


Figure 3 : Dénombrement des Coliformes fécaux des échantillons analysés.

Le deuxième volet de cette étude a été réalisée dans le cadre d'évaluer la caractérisation physico-chimique et bactériologique des effluents, issus du service d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani de Fès, traités et destinées à l'irrigation. Elle a porté également sur 28 prélèvements (21 échantillons et 7 composites).

Le pH est un paramètre très sensible à divers facteurs environnementaux, il dépend des variations de la température, de la salinité, du taux de CO₂ dissous [13]. Sa mesure a montré que tous les échantillons étaient acides, la valeur du pH a varié entre 6,72 et 7,94. Ce résultat concorde avec celui de F. Tarrass et al. [8], qui avait noté en 2008 au centre hospitalier Hassani à la ville de Nador, un pH de l'ordre de 7,84.

La conductivité électrique renseigne sur la capacité d'une solution à conduire un courant électrique. C'est une composante qui renseigne sur le taux de minéralisation des eaux. Une conductivité élevée témoigne d'une forte minéralisation des eaux [13]. Les mesures réalisées au cours de cette étude ont montré des valeurs qui variaient entre 1127 et 1195 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Elles sont inférieures à 12 ms/cm , valeur maximale admissible par la réglementation nationale [11]. Ce résultat s'oppose à celui de F. Tarrass et al. [8] qui avait mentionné des valeurs de conductivité électrique très élevées (13 200 $\mu\text{s}/\text{cm}$), dépassant ainsi la réglementation en vigueur concernant la qualité des eaux destinées à l'irrigation.

Les orthophosphates, d'origine urbaine (composant des détergents) et agricole (lessivage d'engrais), sont comme les nitrates un nutriment majeur des végétaux et peuvent entraîner leur prolifération à partir de 0,2 mg/l. Les phosphates constituent l'élément des phénomènes d'eutrophisation. Leur dosage a révélé qu'ils étaient absents dans tous les échantillons aussi prélevés que ceux obtenus par mélange (composites). Cependant, F. Tarrass et al. [8] a trouvé un résultat différent, la concentration en orthophosphates trouvée a été de l'ordre de 54 mg/l.

La pollution des eaux par les nitrates présente un double risque. Leur ingestion en trop grande quantité a des effets toxiques sur la santé humaine. La teneur en nitrates de l'eau d'irrigation doit être prise en compte dès lors que cette teneur est supérieure à 30 mg/l.

Le dosage des nitrates a montré que la concentration de la majorité des échantillons était acceptable, cependant, nous avons noté un dépassement dans un seul échantillon avec une concentration en nitrates de 58,19 mg/l non conforme à la réglementation en vigueur (30 mg/l).

Le dosage des chlorures a révélé une concentration allant de 170,17 et 666,51 mg/l, nous avons noté un dépassement de la valeur limite fixée par la réglementation en vigueur (une concentration de 350 mg/l a été remarquée dans 3 échantillons). Ce résultat s'oppose à celui d'autres auteurs. En effet, F. Tarrass et al. [8] avait noté la présence des chlorures à des taux acceptables (de l'ordre de 289 mg/l), tandis que M. Jabrane et al. [6] avait mentionné que la concentration en chlorure ne dépasse pas les 118 mg/l.

L'analyse des sulfates a montré qu'ils étaient présents à une concentration oscillant de 20 à 174,34 mg/l. Aucune concentration n'a dépassé la valeur limite fixée par la réglementation en vigueur (250 mg/l). Ce résultat concorde aussi bien avec celui de F. Tarrass [8] (80,4mg/l) qu'avec celui de M. Jabrane (36 mg/l) [6]. L'analyse des métaux lourds (Al, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn) par la technique d'ICP a révélé une conformité dans le mélange des composites des effluents analysés par rapport aux normes en vigueur.

Dans notre étude, nous avons constaté que la majorité des échantillons de l'effluent après traitement aussi bien prélevés que composites avaient un dénombrement de coliformes fécaux qui ne dépassait pas 300 ufc/100 ml (<1000/100 ml). Aussi, nous avons noté une absence de germes pathogènes (Vibron cholérique et Salmonelle sp) dans tous les échantillons et composites analysés. Ce qui montre une conformité bactériologique par rapport à la réglementation. En effet, les directives de l'OMS [21] et la norme des eaux destinées à l'irrigation décrites dans l'arrêté ministériel n° 1276-01 (2002) [11] exigent l'absence des salmonelles dans ce type d'eaux. Selon l'OMS, 80% des maladies qui affectent la population de la planète sont liées à la pollution notamment microbiologique des eaux [22].

Le respect des paramètres bactériologiques par rapport aux valeurs limites fixées par la réglementation en vigueur, a été également noté par F. Tarrass et al. [8] et M. Jabrane et al. [6].

A la lumière des analyses physico-chimiques et bactériologiques que nous avons effectué, il est possible de conclure que le traitement appliqué aux effluents issus du service d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghssani, a permis d'améliorer leur qualité et les rendre conformes aux fins utilisés (arrosage, sanitaire et irrigation de l'espace vert créé à l'hôpital).

Par cette action, les responsables de la Direction Régionale de la Santé de Fès, ceux de l'hôpital Al Ghssani et de ce service ont donc rendu la dialyse une thérapeutique plus écologique (respect et préservation de l'environnement) et plus économique puisqu'elle s'inscrit dans les objectifs du développement durable.

A côté des études, traitant certains aspects cliniques, menées dans les services d'hémodialyse notamment au centre de dialyse de l'hôpital Al Ghssani [23-24], il est temps pour ces centres de ne plus ignorer dans leurs programmes les aspects non médicamenteux et de traitement et de penser aux rejets générés par leurs activités de soins et leur impact néfaste sur l'environnement. La présente étude montre bien un aspect où les recherches scientifiques devraient se pencher à fin d'innover en matière de recyclage des déchets et de développements des nouvelles technologies de traitement d'eau et d'économie des ressources ce qui pourra faire de la dialyse future une médicalisation plus écologique et plus économique [6].

Conclusion

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'évaluer la caractérisation physico-chimique et bactériologique avant et après traitement des effluents issus du service d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghssani de Fès pour utilisation à l'irrigation. Elle a porté sur 28 échantillons pour chaque phase (21 prélevés et 7 composites), soit un total de 56 échantillons pour les deux étapes.

Les effluents bruts ne peuvent pas être utilisés directement pour l'arrosage puisque tous les paramètres analysés ont été trouvés non conformes à la réglementation en vigueur.

Tandis que l'analyse des paramètres physico-chimiques et des métaux lourds par la technique d'ICP, des effluents prélevés après traitement a montré une conformité des résultats par rapport aux normes en vigueur concernant les rejets destinés pour l'irrigation.

Une conformité des résultats, par rapport à la réglementation en vigueur, des paramètres microbiologiques des effluents obtenus après traitement a été observée. En effet, le taux des coliformes fécaux dans les échantillons analysés était inférieur à 1000 ufc/100ml avec absence des germes pathogènes (*Vibio cholerae* et *Salmonelle sp*).

En guise de cette étude, les effluents liquides en milieu hospitalier notamment ceux des centres d'hémodialyse peuvent être recyclés. Ainsi, il serait intéressant également d'étudier le potentiel de recyclage des effluents des autres services et notamment ceux des services d'hémodialyse au Maroc au nombre de 135.

Conflit d'intérêt : Aucun

Remerciements : Nous tenons à remercier en particulier les Techniciens d'Hygiène du Milieu de l'hôpital Al Ghssani ainsi que toutes personnes ayant donné un soutien de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Références

1. Louis J.P., Trebucq A., Gbadjamo M., Arrive P., Foumane V., Kalite J., ROUNGOU J.B. Les maladies diarrhéiques infantiles en république centre africaine, *Médecine d'Afrique Noire*, 38 (1991) 4.
2. Ait melloul A., Amahmid O., Hassani L., Bouhoum, K. Health effect of human wastes use in agriculture in El Azzouzia (the wastewater spreading area of Marrakech city, Morocco). *International Journal of Environmental Health Research*. 12 (2002) 17–23.
3. Hassoune, E. M., Bouzidi, A., Koulali, Y., Hadarbach, D. Effets des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord de la ville de Settât (Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*. 28 (2006) 61-71.
4. Hassoune, E. M., El kettani, S., Koulali, Y., Bouzidi, A. Bacteriological contamination of ground water from wastewater of Settât-city, Morocco. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* 1 (2010) 1-21.
5. Rapport du Haut-Commissariat des eaux et forêts et à la desertification du Maroc. www.eaux-et-forets.gov.ma; 2009.
6. Jabrane, M., Fadili, W., Kennou, B., Labaali, A. Zahlane K., Laouad, I. Evaluation de l'impact d'un centre d'hémodialyse sur l'environnement et l'écologie locale. *Néphrologie & Thérapeutique*, 9 (2013) 481–485
7. Ameziane, N., Benaabidate, L. Caractérisation microbiologique des effluents de l'hôpital Mohamed V de Meknès et étude de leur impact sur l'environnement. *C- Sciences de l'Environnement*, 10 (2013) 31 à 38.
8. Tarrass, F. Benjelloun, M. Benjelloun, O. Recycling wastewater after Hemodialysis: An Environmental Analysis for Alternative Water Sources in Arid Regions. *American Journal of Kidney Diseases*, 52 (1) (2008) 154-158.
9. Richardson, M. L., Bowron, M. The fate of pharmaceutical chemicals in the aquatic environment. *J. Pharm. Pharmacol.* (1985) 37:1-12
10. Norme Marocaine NM 03.7.059. Essais des eaux - Echantillonnage guide général pour la conservation et la manipulation des échantillons (1997).
11. Arrêté conjoint du ministre de l'équipement et du ministre Charge de l'aménagement du territoire, de l'environnement, de l'urbanisme et de l'habitat n° 1276-01 du 17 octobre 2002 portant Fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation. Bulletin officiel du 5 décembre 2002.
12. Arrêté conjoint du ministère de l'intérieur, du ministère de l'énergie et des mines de l'eau et de l'environnement, du ministère de l'industrie et de commerce et des nouvelles technologies et du ministère de l'artisanat n° 2942-13 du 07 octobre 2013 fixant les valeurs limites générales de rejet dans les eaux superficielles et souterraines.
13. Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème édition. Dunod, Paris, France (1996).
14. Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J.P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodi, L. *L'Analyse de l'eau*. 9ème Edition. Dinod. Paris, France (2009).
15. Agar, JW. Conserving water in and applying solar power to hemodialysis: 'green dialysis' through wiser resource utilization. *Nephrology (Carlton)* 15 (2010) 448–53.
16. Ministère de la santé. Direction des Hôpitaux et des Soins Ambulatoires. Guide de Gestion des Déchets des Etablissements de Soins. (2004) 36.
17. Bouzid, J., Chahlaoui, A., Zaid, A., My Mehdi, R., Bouhlou, L. Etude bactériologique et physicochimique des effluents liquides de l'hôpital Mohamed V de Meknès. ScienceLib Editions Mersenne. N ° 130803 ISSN 2111-4706. 5 (2013).
18. Tahiri, E. M., Nejari, C., Benaabidate, L., Benbrahim, K.F. Caractérisation des effluents liquides de l'hôpital Al Ghassani, CHU Hassan II de Fès, Maroc. Les effluents Liquides des établissements de santé : état des Lieux et perspectives de gestion. *Revue hospitalière de France*. TH 714 (2009).
19. Sadek, S. Caractérisation physico-chimique des eaux usées de l'hôpital provincial de Sidi Kacem (Maroc). *ScienceLib*, 4 (2012) 1-8
20. Tahiri, E.M., Benaabidate, L., Nejari, C., Fikri Benbrahim, K. Assessment of physicochemical and biological parameters of Al Ghassani hospital waste waters, Fez – Morocco. *J. Mater. Environ. Sci.* 3 (1) (2012) 115-120.

21. Organisation Mondiale de la Santé (OMS). L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture: recommandations à avisées sanitaires. Rapport d'un groupe scientifique de l'OMS. Organisation mondiale de la santé, *série de rapports techniques*, n° 778, Genève (1989).
22. Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Guidelines for drinking-water quality. Recommendations, 3rd, Ed. World Health Organization. Geneva, 1 (2004).
23. Oumokhtar, B., El Ouali Lalami, A., Mahmoud, M., Berrada, S., Arrayhani, M., Squalli Houssaini, T. Prevent infection linked to the dialysis water in a hemodialysis center in Fez city (Morocco). *Pan African Medical Journal*, 16 (2013) 122.
24. Oumokhtar, B., Elazhari, M., Timinouni, M., Bendahhou, K., Bennani, B., Mahmoud, M., El Ouali Lalami, A., Berrada, S., Arrayhani, M., Squalli Houssaini, T. Staphylococcus aureus nasal carriage in Moroccan dialysis center and isolates characterization; *Hemodialysis International*, 17 (2013) 542-547.

(2014) ; <http://www.jmaterenvironsci.com>