



Dialyse et écologie : est-il possible de faire mieux à l'avenir ?

Rev Med Suisse 2013 ; 9: 468-72

**Y. Vuignier
M. Pruijm
F. Jarrayah
M. Burnier**

Pr Michel Burnier
Drs Yann Vuignier et Menno Pruijm
Service de néphrologie et hypertension
Département de médecine
CHUV, 1011 Lausanne
michel.burnier@chuv.ch

Dr Faïçal Jarrayah
Service de néphrologie
CHU Hédi Chaker
Sfax 3029, Tunisie

Dialysis and ecology: can we do better in the future?

Development of dialysis has saved the lives of many patients. However, haemodialysis and peritoneal dialysis are very demanding in resources such as water and electricity, and generate a large amount of waste. In this article, we will review the environmental aspects of dialysis. Different solutions will be discussed, such as recycling of water discharged during reverse osmosis, the integration of solar energy, recycling of waste plastics, and the use of other techniques such as sorbent dialysis. In a world where natural resources are precious and where global warming is a major problem, it is important that not only dialysis, but all branches of medicine become more attentive to ecology.

Le développement de la dialyse a permis de sauver la vie de nombreux patients. Cependant, l'hémodialyse ainsi que la dialyse péritonéale sont très demandeuses en ressources comme l'eau et l'électricité et engendrent une grande quantité de déchets. Dans cet article, nous ferons le point sur les aspects écologiques de la dialyse. Différentes solutions seront discutées, comme le recyclage de l'eau rejetée pendant l'osmose inverse, l'intégration d'énergie solaire, le recyclage des déchets plastiques et l'utilisation d'autres techniques comme la dialyse à sorbant. Dans un monde où les ressources naturelles sont précieuses et où le réchauffement climatique devient un problème majeur, il est important que non seulement la dialyse, mais aussi toutes les disciplines de la médecine deviennent plus attentives à l'écologie.

INTRODUCTION

Les premiers traitements réguliers de substitution de la fonction rénale à l'aide d'un rein artificiel ont débuté il y a maintenant plus de 50 ans.¹ Aujourd'hui, la dialyse est devenue un traitement standard très répandu aussi bien pour la prise en charge de l'insuffisance rénale aiguë que pour le traitement de l'insuffisance rénale chronique. Ainsi, la dialyse maintient en vie plus d'un million de personnes atteintes de maladies rénales chroniques à travers le monde.² En Suisse, on estime

à environ 3200 le nombre de patients actuellement en traitement d'hémodialyse chronique pour une insuffisance rénale terminale (SVK (Fédération suisse pour tâches communes des assureurs-maladie), rapport de gestion 2010).

L'hémodialyse est une technique très sophistiquée qui nécessite un matériel important et du personnel hautement qualifié. Pour cette raison, on parle beaucoup du coût économique de la dialyse, un traitement d'hémodialyse approchant les 100 000 francs suisses par année (80 000 euros/an). Dans cet article, nous souhaitons aborder un autre aspect de la dialyse, à savoir son coût énergétique et son impact écologique car, comme beaucoup d'autres techniques de la médecine, la dialyse a un prix écologique élevé. En Angleterre par exemple, le système de santé est responsable, à lui seul, de 25% de toutes les émissions de CO₂ du secteur public.³ La dialyse a été citée comme l'exemple type d'activité médicale polluante car la quantité des matériaux non recyclables, d'eau et d'énergie qui y est utilisée est énorme. Néanmoins, les aspects écologiques de la dialyse sont largement négligés par les médecins, manquant de formation dans ce domaine, ainsi que par les industries, malgré le fait qu'il existe un potentiel de réduction important du prix écologique.

Pour illustrer notre propos, nous ferons le point sur les deux modes de dialyse qui existent actuellement, à savoir l'hémodialyse et la dialyse péritonéale et nous discuterons de leur impact écologique dans un pays riche, la Suisse, et dans un pays où les problèmes d'eau peuvent être importants, la Tunisie. Nous discuterons également de quelques solutions envisagées pour diminuer le gaspillage à l'avenir, incluant des techniques alternatives.



HÉMODIALYSE

Rappel de la technique

L'hémodialyse consiste à prélever le sang par ponction d'un accès vasculaire (fistule artério-veineuse ou cathéter central de dialyse), à le dériver par un circuit extracorporel dans un filtre de dialyse (rein artificiel), où l'excès d'eau est ultrafiltré, le sang épuré de ses toxines et ensuite restitué au patient. Dans le filtre, le sang entre en contact avec une membrane semi-perméable qui permet la diffusion des solutés de petit poids moléculaire (< 500 Daltons: urée, potassium, créatinine) dans le dialysat se trouvant de l'autre côté de la membrane. Les solutés de poids moléculaire moyen (500-15000 Daltons: β_2 microglobuline) ainsi que l'eau utilisent le phénomène de convection pour se déplacer dans le dialysat, c'est-à-dire que l'échange à travers la membrane se fait grâce à la pression hydrostatique. L'hémodialyse conventionnelle est essentiellement basée sur la diffusion, l'hémofiltration continue (la technique utilisée aux soins intensifs) sur la convection. Une séance d'hémodialyse dure environ 4 heures et est pratiquée en principe trois fois par semaine.

Le dialysat est un mélange d'eau ultrapure et d'électrolytes ajoutés en rapport fixe comme le calcium, le sodium, le potassium et le bicarbonate. La production de l'eau ultrapure se fait avec une installation sur place, à partir du réseau d'eau urbain, en utilisant essentiellement l'osmose inverse, des filtres mécaniques et des adoucisseurs (figure 1). L'eau ultrapure entre dans un tube en connexion avec tous les appareils de dialyse (nommé «boucle» ou hémodialyse «online» dans la littérature anglo-saxonne).

Coûts énergétiques et écologiques de l'hémodialyse à Lausanne et en Suisse

L'impact énergétique et écologique de l'hémodialyse concerne essentiellement trois secteurs: la consommation d'électricité et d'eau et la production de déchets non recyclables.

L'énergie

Dans le service de néphrologie du CHUV, un appareil de dialyse consomme entre 600 et 700 watts ce qui représente la consommation en énergie d'un aspirateur (www.energie-douce.com/content/12-conseils-faq-consommation-electrique-des-appareils-electromenagers). La désinfection des appareils après chaque séance de dialyse consomme environ 1500 W pendant 30 minutes, soit 3000 Wh. En plus, afin d'assurer une stérilité à 100%, la boucle est désinfectée plusieurs fois par semaine (au CHUV: toutes les nuits) avec de la vapeur, créant une température dans la boucle de 90-100° C. Une séance de dialyse pour un patient utilise donc en électricité plus de la moitié de ce que consomme une famille australienne de quatre personnes durant une journée.⁴ A cela devrait s'ajouter l'énergie consommée pour la production et le transport de tous ces matériaux hautement spécialisés.

L'eau

La production d'eau ultrapure se fait grâce aux osmoseurs inverses à partir de l'eau du robinet. Les procédés utilisés pour cela rejettent 20 à 75% de l'eau du robinet aux égouts.⁵



Figure 1. Illustration d'un système de traitement de l'eau de dialyse montant les adoucisseurs et l'osmose inverse

Une séance d'hémodialyse de 4 heures utilise 120 litres d'eau ultrapure. Ainsi, au CHUV, avant le changement des osmoseurs, une séance d'hémodialyse nécessitait en moyenne une quantité d'eau totale de 500 litres environ. On utilisait donc 78 m³ d'eau potable par patient et par année. Pour le CHUV où 80 patients sont dialysés de manière chronique, l'eau utilisée représente donc un peu plus de deux piscines olympiques par année (50 m x 25 m x 2,4 m). En comparaison, un Suisse consomme 162 litres d'eau par jour (59 m³/an) (SSIGE/OFEFP, Consommation d'eau dans les ménages: étude représentative, 1999).

Les déchets non réutilisables

Le matériel utilisé en dialyse, à part les machines, n'est pas réutilisable. Les aiguilles, les tubulures, les filtres, les seringues sont jetés à la poubelle après usage unique. La figure 2 montre les déchets générés par un patient pour une seule séance. Au total, chaque hémodialyse produit 3,8 kg/séance. Ceci représente environ 50000 kg de matériel par année pour les 80 patients du CHUV (figures 3).



Figure 2. Une partie des déchets d'une séance de dialyse pour un patient: le filtre est montré au milieu en blanc



Figure 3. Représentation schématique de la consommation d'eau et de la production de déchets par les patients dialysés à Lausanne (n=80 pendant un an)

A. Consommation d'eau: deux piscines olympiques; **B.** Production de déchets: 55 tonnes.

Au final, en Suisse, le bilan énergétique et écologique de la dialyse par année est donc de 234 000 m³ d'eau et 1 778 tonnes de matériel non réutilisables.

Ces chiffres, déjà très importants, vont encore augmenter ces prochaines années. Le nombre de patients dialysés augmente de 6% par année. On atteindra environ 4 millions de dialysés en 2025 dans le monde.⁶

La pénurie d'eau est présente dans certains pays comme l'Australie, raison pour laquelle les équipes australiennes ont tiré la sonnette d'alarme et demandent un soutien international pour trouver des solutions à ce problème.

DIALYSE PÉRITONÉALE

Rappel de la technique

Cette technique utilise le péritoine du patient comme membrane de filtration. Le patient vide une poche de dialysat contenant environ 2 litres par le biais d'un cathéter menant à la cavité péritonéale. On laisse faire l'échange via le péritoine durant 4-6 heures de temps puis on vide le dialysat dans une seconde poche. Il existe deux modes de dialyse péritonéale (DP). Le premier consiste à faire quatre échanges de 2 litres par jour (DP continue ambulatoire). Le deuxième consiste en un système permettant des échanges automatiques pendant la nuit par une machine (DP automatisée). Cette dernière consomme entre 10-20 l de liquide par nuit.

Consommation d'eau et d'électricité

Un patient en DP utilise entre 8 et 20 litres de dialysat par jour selon son poids et sa diurèse résiduelle. Cela re-

présente donc environ 2900 et 7300 litres de liquide par an et par patient (figure 4). Ce liquide est rejeté directement aux égouts. La production de matériel non réutilisable représente environ 600 g par jour de déchets, soit entre 220 et 300 kg de déchets par année et par patient. Les poches contenant le dialysat sont livrées à domicile ce qui génère d'importants coûts de transport. Les patients qui font de la dialyse péritonéale automatisée utilisent toutes les nuits une machine pour effectuer les échanges. A raison de 8 heures par nuit, la consommation d'électricité représente environ 5,6 kWh par semaine (hémodialyse environ 7,8 kWh par semaine).

DIALYSE DANS UN PAYS CONFRONTÉ À UNE PÉNURIE D'EAU ET D'ÉLECTRICITÉ

La Tunisie, en raison de sa situation géographique entre la Méditerranée et le Sahara, est un pays aride sur la majeure partie de son territoire. La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 232 mm. De ce fait, l'économie en eau a constitué une priorité stratégique nationale (www.semide.tn/collect/annuaire/index/assoc/HASH0130.dir/doc.pdf).

Le développement de la dialyse, introduite en Tunisie depuis 1963, a été exemplaire en Afrique. Plus de 145 centres d'hémodialyse sont aujourd'hui fonctionnels, offrant le traitement à 8571 patients (Rapport d'activité des centres et unité de dialyse, année 2010. Ministère de la santé publique, 2011). Ce développement a un coût écologique énorme par rapport aux ressources en eau du pays. Ainsi, la consommation d'eau est de 668 538 m³ par an.

Contrairement à la stratégie très développée en matière de collecte et de rationalisation de l'eau dans le pays, aucune action n'a touché ce domaine trop gaspillant en eau. Une solution intermédiaire a été testée sur l'île de Kerkena, avec l'alimentation de la station de traitement à partir de l'eau de la nappe phréatique. Le coût de son traitement



Figure 4. Matériel nécessaire pour un mois de dialyse péritonéale manuelle à domicile (Fréquence 4x2 l par jour).



reste cependant élevé et l'épuisement de la nappe à long terme est une source d'inquiétude.

Y A-T-IL DES SOLUTIONS POUR ÉCONOMISER DE L'ÉNERGIE ET RENDRE LA DIALYSE PLUS ÉCOLOGIQUE?

Diminuer la consommation d'eau

Réutilisation d'eau

En Australie, pays en pénurie d'eau, on a essayé de récupérer l'eau rejetée lors de la production d'eau ultrapure. Cette eau est en fait potable, similaire à de l'eau minérale, et est même supérieure biochimiquement et bactériologiquement à l'eau potable standard en Australie.⁷ Depuis une dizaine d'années, cette eau est utilisée par la plupart des centres de dialyse australiens pour les systèmes sanitaires, la conciergerie ou l'entretien du parc des hôpitaux. Les Australiens ont calculé que l'investissement dans les infrastructures pour distribuer l'eau rejetée est même rentabilisé après 36 mois.⁸

Dans certains pays arides qui doivent recourir à la désalinisation de l'eau de mer, le filtrage du dialysat après la séance permet de diminuer les coûts de production de 20 à 30%.⁹ Malgré le fait que le dialysat ait été en contact non direct avec du sang, les analyses bactériologiques n'ont montré aucun danger.⁶ Il n'y a cependant que peu de données sur sa sécurité, notamment sur le risque viral,⁵ et la plupart des pays interdisent aujourd'hui sa réutilisation. Une économie d'eau peut également être faite en utilisant de nouveaux modèles d'osmoseurs. En effet, si l'efficacité des anciens osmoseurs était relativement faible, les nouveaux consomment nettement moins d'eau.⁵ Au CHUV, le changement des osmoseurs a permis de diminuer la quantité d'eau utilisée de moitié.

Dialyse «sans eau»

Les filtres à sorbant ont été créés il y a plusieurs décennies. Cette technique est basée sur l'absorption des molécules toxiques en échange, en outre, de sodium et de bicarbonate. Un filtre à sorbant est constitué de plusieurs couches, et contient du charbon actif, des uréases, du carbonate d'ammonium et du zirconium oxyde. La dialyse à sorbant utilise très peu d'eau (environ 6 litres/séance) et pas de système de contre-courant. Au début de sa découverte, elle était en concurrence directe avec le système de dialyse actuelle, mais les coûts élevés et les effets indésirables importants dus, par exemple, au relâchement d'aluminium dans le dialysat ont finalement provoqué l'abandon de cette technique au début des années 90.¹⁰

Elle est cependant revenue au début du XXI^e siècle suite à la pénurie d'eau. Les composés chimiques contenus dans le filtre sont actuellement en cours d'amélioration afin de diminuer les effets indésirables.¹⁰ On espère au final obtenir une petite machine portable, économe en eau, avec peu de maintenance et facile à utiliser. Le premier, nommé WAK (*Wearable artificial kidney*), a été porté et bien toléré par huit patients dans une étude pilote pendant 4-8 heures.¹¹ On peut toutefois se demander combien d'eau et d'énergie seront nécessaires à la production d'un de ces filtres et s'il y a moyen de les recycler après utilisation.

Diminuer la consommation d'électricité

Une étude australienne⁴ a analysé la rentabilité de panneaux solaires en installant des panneaux de 24 m² produisant 3 kWh sur le toit de l'habitation de quatre patients hémodialysés à domicile (avec un appareil personnel et mini-osmoseur sur place). Les résultats ont montré qu'un tel dispositif permettait de couvrir plus de 90% des besoins énergétiques des appareils de dialyse. Les panneaux solaires pourraient également être proposés aux patients faisant de la DP automatisée ou alors directement aux centres de dialyse. L'idée des panneaux solaires étant faisable et pas trop chère, il serait tout à fait possible d'équiper les toits avec de tels dispositifs en Suisse ou en tout cas dans les pays du Sud.

Recyclage des déchets

Le matériel servant à effectuer une séance d'hémodialyse a été pesé dans notre service et a montré que l'on jette 3,8 kg de matériel par séance, sans compter les gants et les blouses vertes utilisés par les infirmières. Une grande quantité des matériaux utilisés en dialyse est peu ou pas biodégradable, et un effort de l'industrie serait souhaitable afin d'en augmenter la biodégradabilité.

Les filtres de la dialyse conventionnelle sont réutilisables à plusieurs reprises après nettoyage, mais la stérilisation chimique nécessaire est également nocive pour l'environnement et n'offre donc pas de solution durable.

Finalement, il existe depuis peu des machines (développées en Suisse!) capables de stériliser avec de la vapeur et de réduire en pièce du matériel médical non réutilisable (SteriShed system). Le plastique récupéré ainsi peut être recyclé;⁸ ces machines pourraient utiliser l'énergie solaire comme source énergétique.

Création d'un groupe de surveillance et d'aide au développement écologique

Les Anglais ont pris des mesures importantes en ce qui concerne l'écologie. Ils ont créé un groupe, le Green Nephrology, qui surveille tous les centres de dialyse du pays en analysant leurs pratiques.¹² Des *green guidelines* ont été introduites par ce groupe et sont disponibles sur leur site internet (<http://sustainablehealthcare.org.uk/green-nephrology>). Une initiative similaire serait certainement bienvenue dans notre pays.

CONCLUSION

La dégradation de notre environnement, à laquelle la médecine contribue, détériore notre santé. Notre société doit donc réaliser de grands efforts pour freiner ses émissions de CO₂ et diminuer le gaspillage de ses ressources. Cela doit se faire dans tous les secteurs de la médecine. Comme nous l'avons vu dans cet article en ce qui concerne la dialyse, la réflexion n'est qu'à son début et il nous reste encore un long chemin à parcourir. Des solutions existent et d'autres seront certainement disponibles techniquement dans les années futures. Les investissements que l'on doit consentir pour améliorer les aspects énergétiques et écologiques de notre profession pourraient même représenter, à long terme, un bénéfice économique. Une prise en charge



écologique des soins ne doit bien entendu pas rester confinée à la dialyse mais doit s'étendre à tous les domaines de la médecine. ■

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt en relation avec cet article.

Bibliographie

- 1 Fleming GM. Renal replacement therapy review: Past, present and future. *Organogenesis* 2011;7:2-12.
- 2 Himmelfarb J, Ikizler TA. Hemodialysis. *N Engl J Med* 2010;363:1833-45.
- 3 * Connor A, Lillywhite R, Cooke MW. The carbon footprints of home and in-center maintenance hemodialysis in the United Kingdom. *Hemodial Int* 2011;15:39-51.
- 4 Agar JW, Perkins A, Tjijto A. Solar-assisted hemodialysis. *Clin J Am Soc Nephrol* 2012;7:310-4.
- 5 * Agar JW. Reusing dialysis wastewater: The elephant in the room. *Am J Kidney Dis* 2008;52:10-2.
- 6 Tarrass F, Benjelloun M, Benjelloun O, Bensaha T. Water conservation: An emerging but vital issue in hemodialysis therapy. *Blood Purif* 2010;30:181-5.
- 7 Agar JW. Conserving water in and applying solar power to haemodialysis: «Green dialysis» through wiser resource utilization. *Nephrology (Carlton)* 2010;15:448-53.
- 8 ** Agar JW. Personal viewpoint: Hemodialysis-water, power, and waste disposal: Rethinking our environmental responsibilities. *Hemodial Int* 2012;16:6-10.
- 9 Tarrass F, Benjelloun M, Benjelloun O. Recycling wastewater after hemodialysis: An environmental analysis for alternative water sources in arid regions. *Am J Kidney Dis* 2008;52:154-8.
- 10 Agar JW. Review: Understanding sorbent dialysis systems. *Nephrology (Carlton)* 2010;15:406-11.
- 11 Gura V, Beizai M, Ezon C, Rambod E. Continuous renal replacement therapy for congestive heart failure: The wearable continuous ultrafiltration system. *ASAIO J* 2006;52:59-61.
- 12 Connor A, Mortimer F. The green nephrology survey of sustainability in renal units in England, Scotland and Wales. *J Ren Care* 2010;36:153-60.

* à lire

** à lire absolument