

# SOMMAIRE

## **THEME : ETUDE ET INSTALLATION DE TRAITEMENT D'EAU POUR L'HEMODIALYSE**

Partie 1 : Généralités sur traitement de l'eau

### **I.1 Les différents types d'eau**

#### *I.1.1 Les eaux naturelles*

Les eaux souterraines

Les eaux de surfaces

Les eaux de mer

#### *I.1.2 Les eaux de consommation (eau potable)*

#### *I.1.3 Les eaux industrielles*

#### *I.1.4 Les eaux des bassins thérapeutique/piscine*

#### *I.1.5 Les eaux dans les services de soin*

#### *I.1.6 Les eaux usées ou eaux résiduaires*

### **I.2 Techniques du traitement de l'eau**

#### *I.2.1 La coagulation-floculation*

#### *I.2.2 La décantation*

#### *I.2.3 La filtration*

#### *I.2.4 La séparation par membrane*

#### *I.2.5 L'échange d'ion*

#### *I.2.6 L'adsorption*

#### *I.2.7 L'oxydation*

#### *I.2 .8 Le traitement biologique*

#### *I.2.9 La distillation*

Partie 2: Traitement d'Eau pour l'hémodialyse

### **II.1 l'hémodialyse**

### **II.2 Technologies du traitement d'eau complet pour l'hémodialyse**

#### *OBJECTIFS du traitement de l'eau*

#### *II.2.1 La qualité de l'eau pour l'hémodialyse*

#### *II.2.2 Les différentes étapes du traitement d'eau pour l'hémodialyse*

### **I.2.2.1 LE PRETRAITEMENT**

- II.2.2.1.1 La filtration sur sable**
- II.2.2.1.2 La filtration sur charbons actifs**
- II.2.2.1.3 L'adoucissement**
- II.2.2.1.4 La microfiltration**

### **II.2.2.2 LE TRAITEMENT**

- L'osmose inverse*
  - II.2.2.2.1 Principe**
  - II.2.2.2.2 L'osmoseur**
  - La membrane d'osmose inverse*
  - II.2.2.2.3 Le Double osmose**
- II.2.2.3 LA BOUCLE DE DISTRIBUTION**
- II.2.2.4 LA DESINFECTION**

Partie 3 : Résultat et Interprétation

Annexes

Bibliographies

# INTRODUCTION

"Cette ressource rare, essentielle pour la vie, doit être considérée comme un trésor naturel faisant partie de l'héritage commun de l'humanité. ", une phrase de Federico Mayor, Directeur général de l'UNESCO.

On parle évidemment de l'eau, consommée par chaque individu directement ou pour ses besoins domestique (nourriture, cuisine, bain, lavage, entretien ...), elle est indispensable pour l'agriculture, ainsi que pour les installations industrielles. L'accroissement démographique, les grandes concentrations urbaines et l'essor industriel ont suscité des besoins grandissants en eau qui se traduisent par la recherche de nouvelle ressource (dessalement d'eau de mer...) et par la construction d'adduction et de station d'épuration et de traitement.

Encore dans le cadre de son épanouissement, un nouveau centre d'hémodialyse a été mis en place au sein du centre médico- social de l'organisme CNAPS (Centre National de Prévoyance Social) où une chaîne de traitement d'eau a été implantée en vue de produire de l'eau destinée pour diluer les solutions concentrées utilisées en hémodialyse.  
C'est dans ce centre que nous avons effectué le stage conduisant à l'élaboration de ce mémoire.

Ce stage a pour objectif d'acquérir des connaissances concernant les différentes étapes de traitement de l'eau destinée à hémodialyse et de comprendre les processus utilisés dans chaque phase de traitement afin de pouvoir les exploiter pour d'autres domaines nécessitant des traitements similaires.

Ce stage nous a permis de participer à l'installation des équipements de l'hémodialyse et au suivi de l'eau traitée en effectuant des prélèvements d'échantillons d'eau à analyser à l'institut Pasteur et au CNRE (centre national de recherche pour l'environnement).

Ce mémoire décrit en première partie les généralités concernant le traitement de l'eau. La seconde partie est ensuite dédiée aux traitements de l'eau pour l'hémodialyse. Enfin, les résultats des analyses effectuées et leur interprétations.

# Partie 1 : Généralités sur le traitement de l'eau

---

Le traitement de l'eau a pour but de transformer un type d'eau en une autre dont ses caractéristiques sont différentes de celles qu'elle avait à l'origine, admissible à être utilisé pour un autre fin. Ces nouvelles caractéristiques peuvent être soit de nature physique soit chimique soit encore microbiologique. Dans cette optique, on va distinguer dans un premier temps les différents types d'eau qu'on peut rencontrer, ensuite, quelques techniques de traitement de l'eau.

## I.1 Les différents types d'eau

On peut avoir différents types d'eau suivant leur origine et leur utilisation :

### I.1.1 Les eaux naturelles

Ce sont :

- **les eaux souterraines** : toutes eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol et le sous-sol. Les éléments chimiques constitutifs de l'eau souterraine dépendent surtout de la nature géologique du terrain où l'eau est retenue.

De ce fait, de fortes concentrations en fer, manganèse, H<sub>2</sub>S, peuvent être contenues dans ce type d'eau. Les eaux souterraines sont moins sensibles aux pollutions accidentelles grâce à la surface du sol, protection naturelle, située au-dessus d'elles.

- **les eaux de surfaces** : ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface de continents. Entre autres, les sources, les rivières, les lacs ... Dans le cas de l'eau stagnante (lacs,...) on constate une faible turbidité, la contamination bactérienne est peu importante dues à la longue période de rétention permettant ainsi la décantation des matières en suspension (MES) et des colloïdes. Contrairement aux eaux stagnantes dont la concentration en éléments chimiques est considérée constante, celle des eaux circulantes (rivières, fleuves...) varie beaucoup suivant l'endroit où l'eau circule. Cependant, par rapport à l'eau souterraine, l'eau de surface reste plus contaminée aussi bien chimiquement que bactériologiquement.

- **les eaux de mer** : ce sont des eaux caractérisées par une salinité importante, laquelle varie de 33000 à 37000 mg/l. Selon leurs origines (pleine mer, estran, estuaire) les caractéristiques physiques sont très variables : turbidité, matières en suspension, présence de plancton, teneur en sable, pollution par des rejets urbains ou industrielle, influence des fleuves, influence de la marée, température de l'eau,...

A cause de sa forte concentration en sels, l'eau de mer n'est pas potable et nécessite une importante désalinisation.

### *1.1.2 Les eaux de consommation (eau potable)*

Ce sont les eaux utilisées pour la boisson et la cuisson ainsi qu'au nettoyage d'objets entrant en contact direct avec les denrées alimentaires. Elles doivent être conformes aux normes de potabilité, lesquelles précisent les teneurs maximales admissibles des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. En fait, elles doivent être agréables à consommer et n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé humaine.

Tableau 1 : Tableau des normes de potabilité selon l'OMS :

paramètres	Seuils max (mg/l)
Ca	200
Magnésium	50
Chlorure	250
Sulfate	250
Dureté	500 mg/L en CaCO <sub>3</sub>
Chlore libre	2
Phosphore	5
Zinc	5
Argent	0,01
Cuivre	1
Aluminium	0,2
Fluor	1,5
Nitrate	50
Arsenic	0 ,05
Cadmium	0,005

Mercure	0,001
plomb	0,05
nickel	0,05
cyanure	0,05
MO	2(milieu alcalin) ; 5(milieu acide)
Ammonium	0,5
Nitrite	0,1
Azote total	0,1
Manganèse	0,05
fer	0,5
Coliformes totaux	0/100ml
Streptocoques fécaux	0/100ml
E coli	0/100ml
Clostridium sulfito réductrice	< 2/20 ml

### *1.1.3 Les eaux industrielles*

Désignant les eaux utilisées à des fins industrielles. Elles sont claires mais non potables et sont destinées aux usages courants de l'industrie : lavage, rinçage, refroidissement, chaudière, fabrication ... Selon l'usage qu'on en fait, les valeurs limites de certains paramètres doivent être respectées afin d'éviter les problèmes inattendus comme par exemple, pour le cas d'une eau de refroidissement, la salissure due à toutes les matières susceptibles de se déposer ou se former dans un circuit, ou bien l'entartrage dû à la précipitation sur les surfaces métalliques de sel peu soluble de calcium, éventuellement de silice, ou encore la corrosion à cause de l'altération des différents métaux véhiculant l'eau. Autre problème qu'on peut rencontrer, le développement bactérien dans une eau riche en nutriments rapidement assimilables ou en composés organiques à forte biodégradabilité.

### *1.1.4 Les eaux des bassins ou piscines thérapeutiques*

Une piscine thermale est un bassin chauffé qui recueille la chaleur d'une source thermique souterraine. Elle est reconnue pour ses effets thérapeutiques comme pour des soins de réhabilitation, handicap, etc...Ainsi, il est exigé que la qualité de l'eau d'une piscine soit un élément fondamental du confort de la baignade aussi bien en ce qui concerne

la sécurité sanitaire que le plaisir du bain. Elle repose sur différents éléments tels la température de l'eau, l'exposition au courant d'air ou la composition minérale.

### ***1.1.5 Les eaux dans les services de soin***

Les différentes utilisations de l'eau dans les services de soins conduisent à définir 3 niveaux de qualité microbiologique correspondant à des usages spécifiques :

#### ***L'eau de qualité bactériologiquement maîtrisée :***

- *niveau 1 - eau «propre»* destinée au lavage chirurgical des mains, au rinçage des coloscopes et gastroscopes et à toutes les utilisations dans les services de soins cliniques
- *niveau 2 - eau «ultrapropre»* destinée aux secteurs protégés : unités de brûlés, unités de greffés, et au rinçage des bronchoscopes

#### ***L'eau stérile :***

-niveau 3: eaux exemptes de micro-organismes vivants, répondant aux normes de la pharmacopée

On distingue aussi :

- l'eau purifiée stérile
- l'eau stérilisée pour préparation injectable

Les eaux purifiées stériles peuvent être utilisées pour - le nettoyage des plaies, - le lavage de vessie, - les aérosols médicamenteux ou non, - la dilution d'antiseptiques, - les «cocottes» des réchauffeurs d'air sur respirateurs et couveuses, - le rinçage du matériel médico-chirurgical non stérilisable après désinfection.

Les eaux stérilisées sont destinées pour diluer les préparations injectables pour les médicaments injectables prescrits par voie intramusculaire, intraveineuse et sous-cutanée

#### ***Autres eaux à usage de soin***

- l'eau pour hémodialyse
- l'eau des piscines de rééducation ou de balnéothérapie

### ***1.1.6 Les eaux usées ou eaux résiduaires***

C'est l'appellation des types d'eau provenant des différents usages soit domestiques ou de ruissellement (eau résiduaire urbaine) soit encore industriels (eau résiduaire industrielle). Elles doivent être traitées avant leur rejet dans le milieu naturel. Le traitement de ces eaux usées est régi suivant des normes dont le but est d'éviter la dégradation de la vie des êtres aquatiques du milieu naturel, dégradation qui peut être causée par toutes sortes d'effluents

transportés par l'eau comme les particules solides en suspension, les surcharges en matières minérales, les métaux lourds, les matières organiques ou les agents pathogènes.

## I.2 Techniques du traitement de l'eau

En vue de rendre l'eau apte, au point de vue biologique, chimique ou physique, aux usages auxquels elle est destinée, un traitement approprié doit être mis en œuvre.

En voici quelques techniques de traitement de l'eau :

### *I.2.1 La coagulation-flocculation*

C'est un procédé qui facilite l'élimination des matières en suspension ou MES et des colloïdes présents dans l'eau sous l'effet des réactifs (coagulants, flocculants). Il consiste à enlever leur stabilité aux matières colloïdales en neutralisant leurs charges électriques superficielles et ainsi favoriser et accélérer l'agglomération de ces particules pour former un flocon volumineux appelée « floc ».

Les domaines d'application de ce procédé sont multiples. On peut citer la clarification lors du traitement d'une eau destinée à l'alimentation ou encore d'une eau résiduaire dont il constitue le plus souvent la première étape de la chaîne de traitement

### *I.2.2 La décantation*

C'est une méthode de séparation des MES et de colloïdes grâce à la sédimentation par gravité des flocs formés lors de l'étape coagulation-flocculation. Dans un décanteur, l'écoulement doit être homogène : équarépartition de l'eau brute et collecte uniforme de l'eau décantée. Cet écoulement doit aussi être le moins turbulent possible : la dissipation d'énergie au niveau de la distribution d'eau à l'entrée de l'appareil est à réaliser progressivement. L'écoulement, la concentration, l'évacuation des boues constituent une part essentielle du bon fonctionnement de l'appareil.

### *I.2.3 La filtration*

C'est un procédé de séparation qui utilise le passage d'un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui retient les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat). On distingue trois grandes catégories de filtration selon le mode de mise en œuvre :

- la filtration sur support : ex : filtration sur membrane
- la filtration sur lit granulaire : ex : filtration sur sable ou filtration sur charbon actif

Lorsque le filtre atteint la perte de charge prévue à sa construction ainsi que la limite de turbidité acceptable de l'eau filtrée, on dit que le filtre est colmaté. Il importe alors de le

ramener à son état initial par un lavage efficace et économique dont le mode est lié au type de filtre et à la nature des éléments retenus.

#### ***1.2.4 La séparation par membrane***

C'est un procédé de séparation utilisant des barrières sélectives appelées « membranes » qui permet le passage préférentiel de certains des éléments (suspension, soluté ou solvant) composant l'eau sans changement de phase. Ces membranes peuvent être d'origine organique ou minérale. Selon leur structure, il existe :

- des membranes symétriques: constituées d'un seul matériau
- des membranes asymétriques : constituées d'une couche très fine posée sur une sous-couche poreuse plus épaisse
- des membranes composites : de type organique et asymétrique, les deux couches sont constituées de matériaux différents.

En traitement de l'eau, on distingue deux grandes catégories de membranes :

✓ membrane semi-perméables ou de dessalement qui transfèrent l'eau et rejettent les sels : elles sont souvent sous forme de modules à enroulement à spirales, la membrane elle-même étant soit asymétrique, soit composite. Ces membranes permettent d'obtenir des rejets de sels très élevés, entre 90 à 99.8%.

✓ membrane microporeuses ou de clarification : elles agissent comme un tamis qui retient les particules de taille supérieure à celle de leurs pores. Les membranes de microfiltration (pore  $0.2\mu$  à  $0.4\mu$ ) et d'ultrafiltration ( $0.0\mu$  à  $0.04\mu$ ) permettent d'assurer une seul étape et sans réactif chimique, l'ensemble des épurations classiques de clarification et de filtration. De plus elles constituent une barrière absolue pour les bactéries.

#### ***1.2.5 L'échange d'ion:***

Les échangeurs d'ions sont des substance granulaire insolubles, comportant dans leur structure moléculaire des radicaux acides ou basiques susceptibles de permutter les ions positifs ou négatifs, fixés sur ces radicaux, contre des ions de même signe se trouvant en solution dans le liquide à leur contact. Ceci n'implique ni modification apparente de l'aspect physique ni altération ou solubilisation de ces échangeurs d'ions appelé aussi résine.

L'échange d'ions dit permutation permet de modifier la composition ionique du liquide objet du traitement sans modification du nombre total de charge existant dans ce liquide avant l'échange. On distingue les échangeurs de cations et les échangeurs d'anions

Application : adoucissement ou déminéralisation de l'eau.

### *1.2.6 L'adsorption:*

C'est l'union des molécules d'un gaz ou d'un solide à la surface d'une autre substance, généralement solide. Elle permet de détruire partiellement ou totalement les matières organiques, les germes vivants, les bactéries et les métaux tels que le Fer ou le Manganèse. La capacité d'adsorption du solide dépend de la surface spécifique du matériau. Le charbon actif est l'un des meilleurs matériaux adsorbant le plus utilisé. La surface développée par le charbon actif est énorme : un gramme de charbon actif a une surface spécifique comprise entre 400 et 2 500 m<sup>2</sup>. Il est hydrophobe.

### *1.2.7 L'oxydation:*

En traitement de l'eau, elle peut se faire soit par voie chimique soit par voie biologique et elle participe aux réactions suivantes :

- la désinfection
- la transformation d'un élément de forme dissoute à une forme précipitée (Fe, Mn, élimination des sulfures...).
- la transformation d'un élément d'une forme dissoute à une forme gazeuse (dénitritification)
- la transformation d'un corps en plusieurs corps plus simple dont la présence dans l'eau est acceptable
- la transformation d'un corps non biodégradable en plusieurs corps plus simples dont l'assimilation bactérienne est possible lors d'un traitement ultérieur

### *1.2 .8 Le traitement biologique:*

C'est un traitement faisant appel à des microorganismes pour dégrader certaines substances organiques sous l'action des enzymes qu'ils sécrètent. Deux voies sont possibles pour dépolluer les effluents dans l'eau :

- la voie aérobie si l'oxygène est associé aux réactions
- la voie anaérobie si les réactions s'effectuent à l'abri de l'air, en absence d'oxygène.

### *1.2.9 La distillation*

La distillation est l'un des traitements de l'eau plus ancienne et la plus efficace. Bien qu'il ne soit pas aussi efficace que les systèmes d'épuration moderne, on peut éliminer les bactéries, inorganiques et les composés organiques.

Ce processus revient à mettre sous forme de vapeur un liquide pour le séparer de ses autres composants. L'eau est donc chauffée de manière à la transformer en vapeur, laissant

derrière la quasi-totalité des produits chimiques, minéraux inorganiques et les impuretés. Ceux-ci restent dans la cuve de chauffe.

Ensuite, la vapeur est condensée pour ne garder que de l'eau très pure : une eau distillée, dont la conductivité électrique est quasiment nulle. Étant donné que les minéraux sont trop lourds pour vaporiser, ils sont laissés pour compte, et les vapeurs sont condensés dans l'eau à nouveau.

## Partie 2: Traitement d'Eau pour l'hémodialyse

### II.1 l'hémodialyse

L'hémodialyse est une méthode de traitement de l'insuffisance rénale. Il s'agit d'un traitement qui permet de suppléer les fonctions du rein par l'intermédiaire d'un dialyseur. En fait, c'est une méthode d'épuration du sang par création d'un circuit de circulation extracorporelle et son passage dans le dialyseur. La dialyse consiste à mettre en contact le sang avec un liquide stérile que l'on appelle « dialysat » dont la composition est proche de celle du plasma au travers d'une membrane qui sert de filtre.

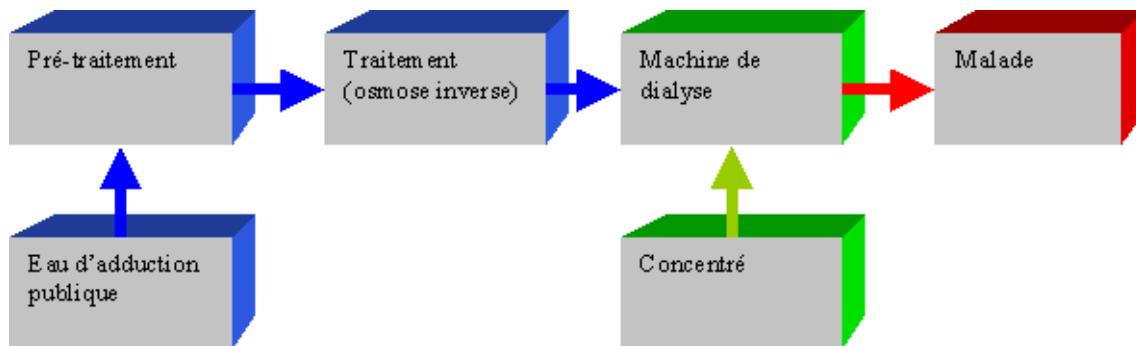
Les échanges entre le plasma et le dialysat sont sous la dépendance de deux phénomènes physiques différents : diffusion et convection. Grâce à la combinaison de ces deux mécanismes, pendant la séance de dialyse, on peut simultanément :

- retirer du sang des substances en excès. Ex : le potassium, qui est apporté par l'alimentation, en particulier les légumes, les fruits, ou encore l'urée qui est produite par le métabolisme des protéines.
- ajouter au plasma des substances qui manque au sujet. Ex : le calcium qui est souvent insuffisant ou le bicarbonate qui compense l'acidité du sang.
- retirer l'eau qui s'est accumulée dans l'organisme(en particulier si le sujet est anurique, c'est-à-dire si ses reins ne produisent plus du tout d'urine).

En effet, le principe consiste à épurer le sang de ses déchets, à raison de deux à trois séances par semaine d'une durée de 4 à 8 heures dont le débit d'eau est de 500 ml/mn soit 30 litre heure. Donc, à environ 18 m<sup>3</sup> d'eau mise en contact avec le sang au cours d'une année.

### II.2 Technologies du traitement complet de l'eau pour l'hémodialyse

*OBJECTIFS du traitement de l'eau :*



L'eau en hémodialyse est un médicament qui doit répondre à plusieurs impératifs

- \*Maintien de la constance physico-chimique de la solution diluée.
- \*Absence de toxicité pour le patient.
- \*Bonnes qualités bactériologiques et pyrogéniques.

Les principaux objectifs de la bactériologie d'une installation de traitement de l'eau sont

- \*Eliminer les bactéries présentes dans l'eau brute.
- \*Eviter la recontamination bactérienne du système.
- \*Inhiber la croissance bactérienne.
- \*Produire une eau de qualité bactériologique compatible avec l'application finale

### *II.2.1 La qualité de l'eau pour l'hémodialyse*

Le liquide de dialyse est composé d'un concentré de dialysat (3%) fourni par l'industrie pharmaceutique à diluer 35 fois avec de l'eau (97%) en provenance du réseau public, traitée avant son utilisation. Ainsi la qualité de cette eau est essentielle dans le processus de dialyse.

L'eau pour hémodialyse est caractérisée par son utilisation massive et sa préparation extemporanée. Elle doit présenter une qualité physico-chimique constante et une innocuité totale. Elle doit satisfaire, au minimum, aux exigences de la Pharmacopée Européenne, Xème édition, Janvier 1993, lesquelles ne sont qu'à titre de conseils et d'information. Il est recommandé que la contamination bactérienne soit la plus faible possible : une concentration de zéro germe par ml est souhaitable

#### **Exigences de la Pharmacopée**

\* L'eau pour la dilution des solutions concentrées pour hémodialyse fait l'objet d'une monographie. Cette eau doit être préparée à partir d'une eau potable par un moyen approprié ; elle doit être limpide, incolore, inodore, insipide et doit satisfaire aux essais suivants :

- Acidité ou alcalinité : pH neutre (6,8-7,2)
- Sulfatoxyméthylétoxine minimalement
- Chloré total déponible < 0,1 ppm
- Chlorure < 50 ppm
- Fluorure < 0,2 ppm
- Nitrates < 2 ppm
- Sulfate < 50 ppm
- Aluminium < 0,01 ppm

- Calcium < 2 ppm
- Ammonium < 0,2 ppm
- Magnésium < 2 ppm
- Mercure < 0,001 ppm
- Métaux lourds < 0,1 ppm
- Potassium < 2 ppm
- Sodium < 50 ppm
- Zinc < 0,1 ppm

\* Contamination microbienne : germes aérobies viables < 100/ml. La filtration de l'échantillon se fait sur une membrane ayant une porosité de 0,45 micra ou inférieure. Le décomptage des bactéries se fait à 30-35°C et celui des levures et moisissures à 20-25°C.

\* Endotoxine bactérienne : la concentration maximale admise en endotoxine est de 0,25 U/ml par le Limulus test.

\* La monographie décrit les méthodes d'essais à utiliser.

Le tableau suivant va nous montrer les différents désordres du métabolisme qu'on pourra rencontrer en cas d'une négligence de traitement de l'eau et d'une mauvaise désinfection des équipements de l'hémodialyse :

Tableau 2 : tableau de seuils de toxicité des éléments de l'eau et leurs symptômes en cas de dépassement

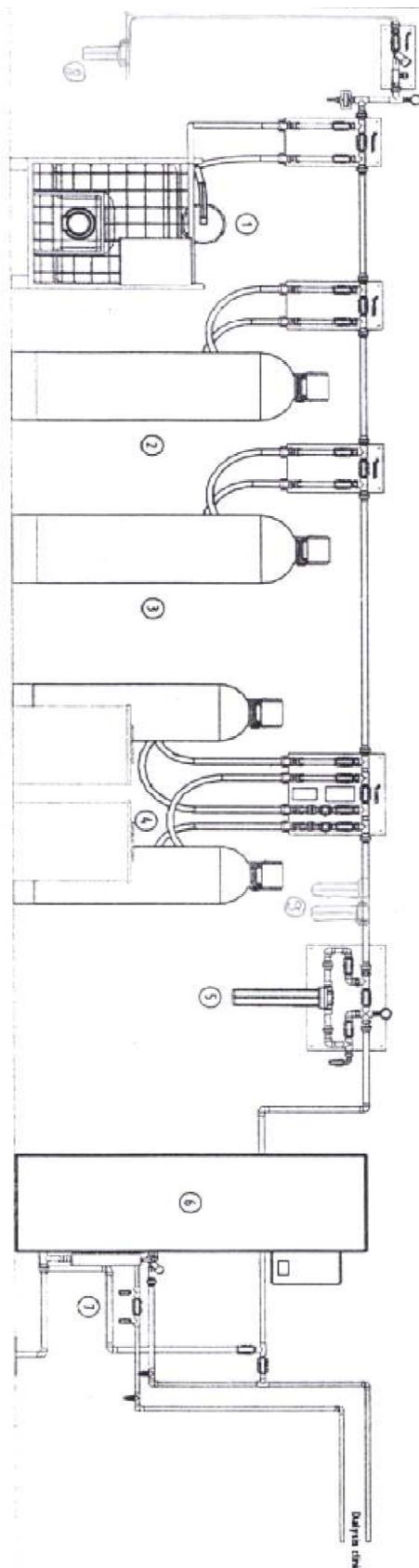
Eléments	Seuil de toxicité	Symptômes
Chlore	0,25 mg/l	Anémie hémolytique aigue
Chlorure	50 mg/l	Modification du bain de dialyse et donc du liquide extra cellulaire
Fluorures	1mg/l	Ostéomalacie, ostéoporose
Nitrates	10mg/l	Hypotension, nausées, méthémoglobinémie avec cyanose
Nitrites		
Sulfates	200mg/l	Nausées, vomissement
Aluminium	0,06mg/l	Encéphalopathie (démence de dialyse)
Calcium	88mg/l	Syndrome de l'eau dure, céphalées, nausées, vomissement
Magnésium	0,25mg/L	Blocage de la transmission neuromusculaire par hausse du taux de magnésium plasmatique
Sodium	300mg/l	Hypertension
Potassium	2mg/l	Trouble neuromusculaires et cardiaques par hyperkaliémie
Etain		Encéphalopathie (mort)
Zinc	0,2mg/l	Anémie hémolytique, nausée, vomissement, suspicion d'encéphalopathie
Cuivre	0,49 mg/L	Lésion hépatique
Bactéries, pyrogènes	<100 germe/ml	Réaction pyrogénique, fièvre

### *II.2.2 Les différentes étapes du traitement d'eau pour l'hémodialyse :*

En traitement de l'eau pour l'hémodialyse, il existe deux phases :

- *prétraitement* : filtration sur sable, filtration sur charbons actifs, adoucissement, ultrafiltration
- *traitement* : osmose inverse

### *Schéma Général du traitement d'eau*



- 1- Réservoir
- 2- Filtre à sable
- 3- Filtre à Charbon actif
- 4- Adoucisseur
- 5, 8-9- Microfiltres
- 6- Osmoseur
- 7- Conduite vers boucle de distribution

### **I.2.2.1 LE PRETRAITEMENT :**

La qualité de l'eau entrant dans l'osmoseur et le dispositif contenant la membrane à osmose inverse, doivent être conforme avec la spécification de la machine. Ces prétraitements varient d'une installation à une autre ainsi qu'à la qualité de la source d'eau utilisée.

L'eau qui va passer à travers la membrane semi-perméable contenue dans l'osmoseur doit respecter les seuils maximaux de certains éléments afin d'éviter son colmatage et ensuite sa dénaturation. C'est pour cette raison qu'une telle chaîne de prétraitement est conçue en vue de rendre l'eau la plus pure que possible avant son entrée dans l'osmoseur. Le tableau suivant montre la qualité de l'eau priée à entrer dans l'osmoseur :

Tableau 3 : tableau des paramètres de l'eau entrant dans l'osmoseur

Paramètres	Seuil
Dureté	< 1° dH
Fer	<0,1 mg /L
Manganèse	<0,1 mg /L
Chlorure	<100 mg/L
Silice	<25 mg/L
Sels dissous total	<1500 mg/L
Chlore	<0,1 mg/L

La source est l'eau du robinet dont le tableau suivant décrit ses paramètres physico-chimiques et bactériologiques :

Tableau 4 : tableau des paramètres de l'eau de robinet

Paramètres	Eau de robinet	Normes
Ph	6,94	6,5 < Ph < 9
Conductivité	36 µS/cm	<3000 µS/cm
Turbidité	1,31 NTU	<5 NTU
Flore révivable à 22°/ml	2	20
Flore révivable à 37°/ml	<1	<2
Anaérobiose sporulés sulfito-réducteurs/20ml	<1	0
Coliformes totaux/100ml	<1	0

Ces deux tableaux expliquent qu'il convient nécessaire de prétraiter l'eau du robinet avant son passage à travers la membrane de l'osmose inverse.

### **II.2.2.1.1 La filtration sur sable**

Le filtre à sable constitue le premier filtre de la chaîne de filtration. C'est un procédé de séparation dont les sables sont utilisés comme milieu filtrant.

Les sables sont enfermés dans une cuve ayant un diamètre de 406 mm et 1821 mm de hauteur. L'eau est projetée sur le dessus du filtre à travers un « disperseur » comparable à une douche. Elle est récupérée au fond du filtre par, une crépine en forme d'étoile, branchée sur une cheminée qui permet à l'eau de remonter par le centre du filtre. La filtration a lieu lors de la traversée du sable du haut vers le bas.

Le filtre est composé de :

- 25 kg de gravier, support du filtre
- 120 kg de Ferro B, milieu filtrant
- 25 kg de sémidol(akdolit), en surface



Gravier



Ferro B



Sémidol

Il retient les plus grosses particules organiques contenues dans l'eau de robinet. De plus, les composés de fer dissous sont éliminés dans le filtre par un matériau constitué de Ferro B (sable vert de manganèse) et semidol, quand les sels de fer sont oxydés à l'hydroxyde ferrique insoluble. Ferro B facilite l'oxydation des sels de fer. La réaction alcaline de la surface des grains de sémidol permet l'élimination directe du fer en le piégeant sous forme hydroxyde. Les hydroxydes retenus peuvent être facilement enlevé par lavage à contre le lit filtrant.

Ainsi, lorsque le filtre à sable est saturé, on procède à un détassage par rétro lavage. Ce dernier consiste à faire écouler l'eau dans la direction inverse, c'est-à-dire vers le haut du distributeur fond. Ceci s'effectue à grande vitesse à pratiquement aucune résistance, l'expansion du matériau filtrant. L'eau quitte alors le filtre à travers le distributeur haut.

A la suite du lavage, on procède au rinçage réalisé à une vitesse élevée dans le sens normal de l'écoulement pour évacuer les particules lâche et à réemballer le lit filtrant.

On effectue ces opérations hebdomadairement. Le sable est remplacé une fois par an afin de maintenir une meilleure qualité de l'eau.

### **II.2.2.1.2 La filtration sur charbons actifs**

Le charbon actif est un matériau poreux à haute capacité d'adsorption, obtenus par la carbonisation de végétaux ou de minéraux. Il est produit à partir de matière carbonée d'origine végétale ayant subi un traitement thermique appelé activation. Toutes les matières carbonées peuvent être utilisées mais différents critères économiques réduisent le choix aux : bitume, tourbe, houille de bois, coque de noix de coco. Pour produire du charbon actif, deux procédés sont utilisés :

- physique : carbonisation, puis activation (à 800/1000°C sous atmosphère contrôlée, en présence de dioxyde de carbone et de vapeur d'eau) avec un rendement de 10 à 15%.
- Chimique (surtout à partir de bois) : déshydratation par agent chimique, carbonisation et activation(400/600°C) simultanée avec un rendement de 40%

Un traitement à très haute température lui donne une structure hexagonale, analogue à celle du graphite, permettant l'adsorption des microéléments sur les surfaces externes et internes du charbon.

Il existe en poudre et en grains.

Un filtre à charbons actifs participe aux trois rôles importants dans le traitement de l'eau :

La plupart des molécules organiques génératrices de goût et d'odeur ainsi que certains métaux lourds, les pesticides, H<sub>2</sub>S, virus, bactéries se fixent à leur surface grâce à son pouvoir adsorbant à très large spectre.

Une autre propriété du charbon actif est leur action filtrante. Il sert de filtre pour les matières solides ainsi que pour les colloïdes. Le charbon en grain utilisé sous forme de lit filtrante est traversé par l'eau à traiter. L'eau débarrassée progressivement de ses polluants rencontre des fractions de charbon actif de moins en moins saturé et donc de plus en plus active.

Enfin, la principale action recherchée lors de l'utilisation du charbon actif pour la production d'eau de dialyse est son action catalytique, notamment celle qu'ils exercent sur la réaction d'oxydation de l'eau par le chlore.



On réalise ainsi la déchloration de l'eau (le taux du chlore acceptable à l'entrée de l'osmoseur étant de 0 ,1mg/l).

Régulièrement, le filtre à charbon actif est nettoyé par rétro lavage suivi de rinçage, afin d'éviter la saturation d'adsorption.

En fonction du temps de fonctionnement, le lit du charbon actif se sature et l'on constate une baisse d'efficacité. Lorsque l'efficacité est jugée trop faible, il faut procéder à son remplacement ou à son réactivation.

Trois méthodes ont été développées pour la réactivation du charbon actif :

Régénération à la vapeur : notamment, dans le cas de charbon chargé en COV. L'application de la vapeur peut être aussi intéressante pour décolmater la surface des grains et stériliser le charbon.

Régénération thermique : pour les charbons chargés en hydrocarbures. Le chauffage s'effectue vers 800°C sous atmosphère contrôlée pour éviter d'enflammer le charbon.

- Régénération chimique

Un charbon régénéré est ensuite mélangé avec du charbon neuf à 10-20% (procédé du make-up), afin que ses caractéristiques soient proches de ce qu'elles étaient initialement. Le nombre de régénérations doit être limité de 5, car baisse de qualité.

Pour le cas du traitement d'eau en hémodialyse, la qualité de l'eau à produire est très délicate qu'il faut changer le filtre au moins une fois par an.

### II.2.2.1.3 L'adoucissement

Des ions calcium et magnésium dans l'eau ont tendance à former des revêtements durs avec le carbonate, en particulier sur des surfaces chaudes et dans les processus où la concentration a lieu, comme en osmose inverse. Le calcium et le magnésium sont donc aussi appelés dureté de l'eau.

En outre, une concentration élevée de ces deux ions dans l'eau qui sert à préparer le dialyse peut causer l'hypercalcémie et l'hypermagnésémie.

La dureté est éliminée par un procédé dit l'adoucissement. Dans ce procédé, l'eau est filtrée dans un bac qui contient des résines échangeuses d'ions spéciales avec la capacité d'échanger le Ca et le Mg par le sodium. La résine se compose de très petites billes en plastique avec un diamètre environ un dixième de millimètre. Les perles ont un très grand nombre de sites négatifs qui sont saturés par des ions sodium.

Lorsque l'eau à adoucir passe à travers ce matériau, les ions Ca et Mg se fixent à des sites négatifs en même temps que la quantité équivalente de sodium est rejetée dans l'eau.

La conductivité de l'eau adoucie n'est donc pas modifiée par rapport à la conductivité de l'eau avant l'adoucissement. L'intérêt de ce traitement est de limiter l'entartrage (dépôt de Mg et de Ca).

Quand certain volume d'eau a été traité, la résine est pratiquement saturée en ions Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup>. La dureté de l'eau sortie commence alors à augmenter (<1°dH).

Afin de restaurer la résine dans son état initial, un processus appelé régénération va avoir lieu. Pendant ce processus, la résine est trempée dans une solution de 8-10% de chlorure de sodium, aussi appelé saumure. Le procédé d'échange d'ions est ensuite inversé, c'est-à-dire le Ca et Mg seront évacués pour vidanger avec les ions chlorure de la saumure. Le cycle de régénération complète prend 120 minutes et consiste de lavage, la consommation de l'eau salée, rincer, purger

Le système d'adoucissement se compose de deux adoucisseurs qui sont connectés entre eux en parallèle. Les adoucisseurs sont en service en même temps. Quand l'un des deux adoucisseurs est en régénération, l'autre continue d'assurer l'alimentation en eau douce.

#### **II.2.2.1.4 La microfiltration**

Un filtre de 10 µ est placé tout au début du traitement avant le réservoir.

Trois filtres en série de porosité en cascade (10µ, 5µ, 1µ) effectuent une filtration progressive des restes d'impuretés non éliminées par la chaîne de filtration précédente.

Ils sont mises en place juste avant l'entrée de l'osmoseur afin de protéger les membranes de l'osmose inverse.

#### **II.2.2.2 LE TRAITEMENT**

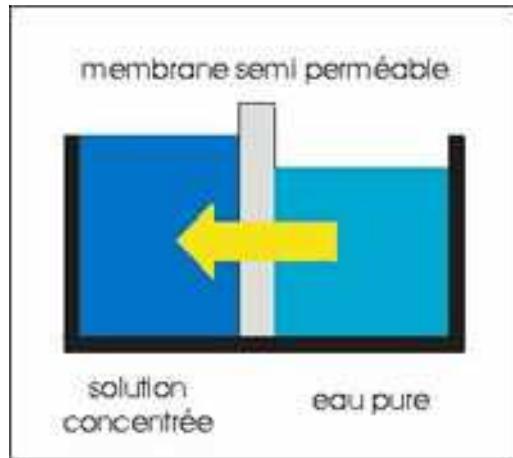
##### ***L'osmose inverse***

L'osmose inverse est aujourd'hui la méthode la plus pratiquée pour la purification d'eau pour dialyse. Il s'agit d'un procédé de membrane, utilisant une membrane semi-perméable, qui permet le passage de l'eau mais retient la majorité des sels dissous (≈95%), bactéries et endotoxines (≈99%).

#### **II.2.2.2.1 Principe**

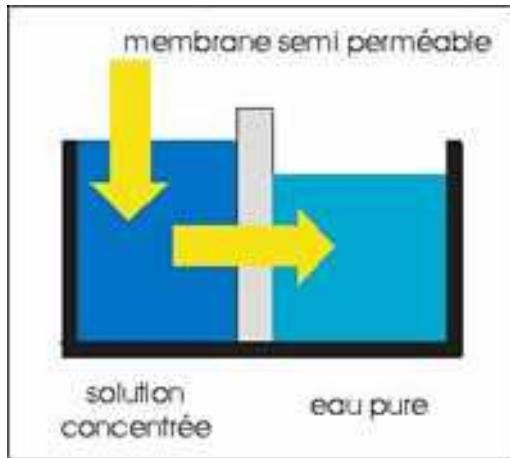
##### - L'osmose

Quand une membrane semi-perméable sépare deux solutions de différentes concentrations de sels, l'eau va passer à travers la membrane de moins concentrée vers la plus concentrée sous une certaine pression afin d'équilibrer la différence de concentration. Cette pression est appelée « pression osmotique » ;



- L'osmose inverse :

Quand une pression largement supérieure à la pression osmotique est appliquée à la solution la plus concentrée, alors le transport de l'eau va passer de direction opposée, c'est-à-dire de la plus concentrée vers la moins concentrée.



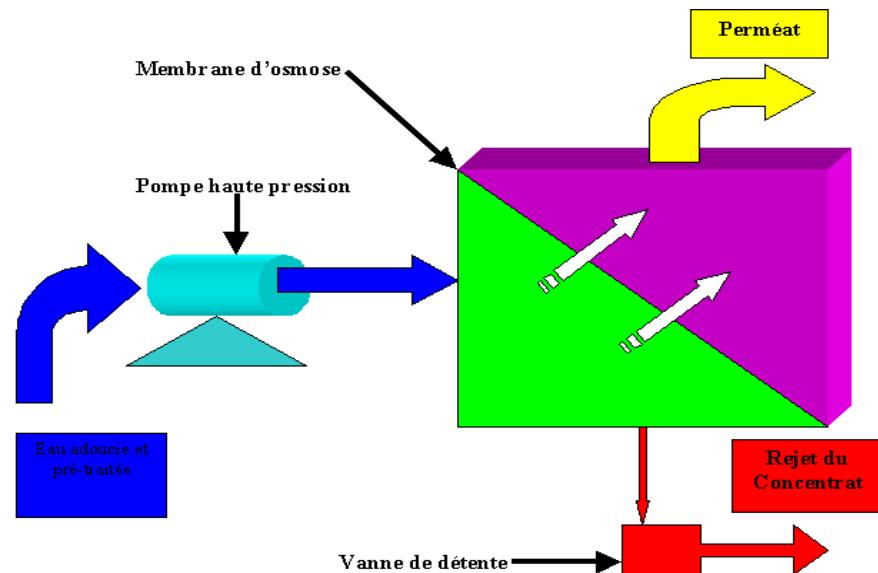
#### II.2.2.2.2 L'osmoseur

C'est un dispositif permettant de produire de l'eau considérée comme pure selon le principe de l'osmose inverse. Il fournit l'eau osmosée, qui passe à travers la membrane, et l'eau de rejet qui permet l'élimination des composants retenus.

La machine d'osmose inverse est constituée :

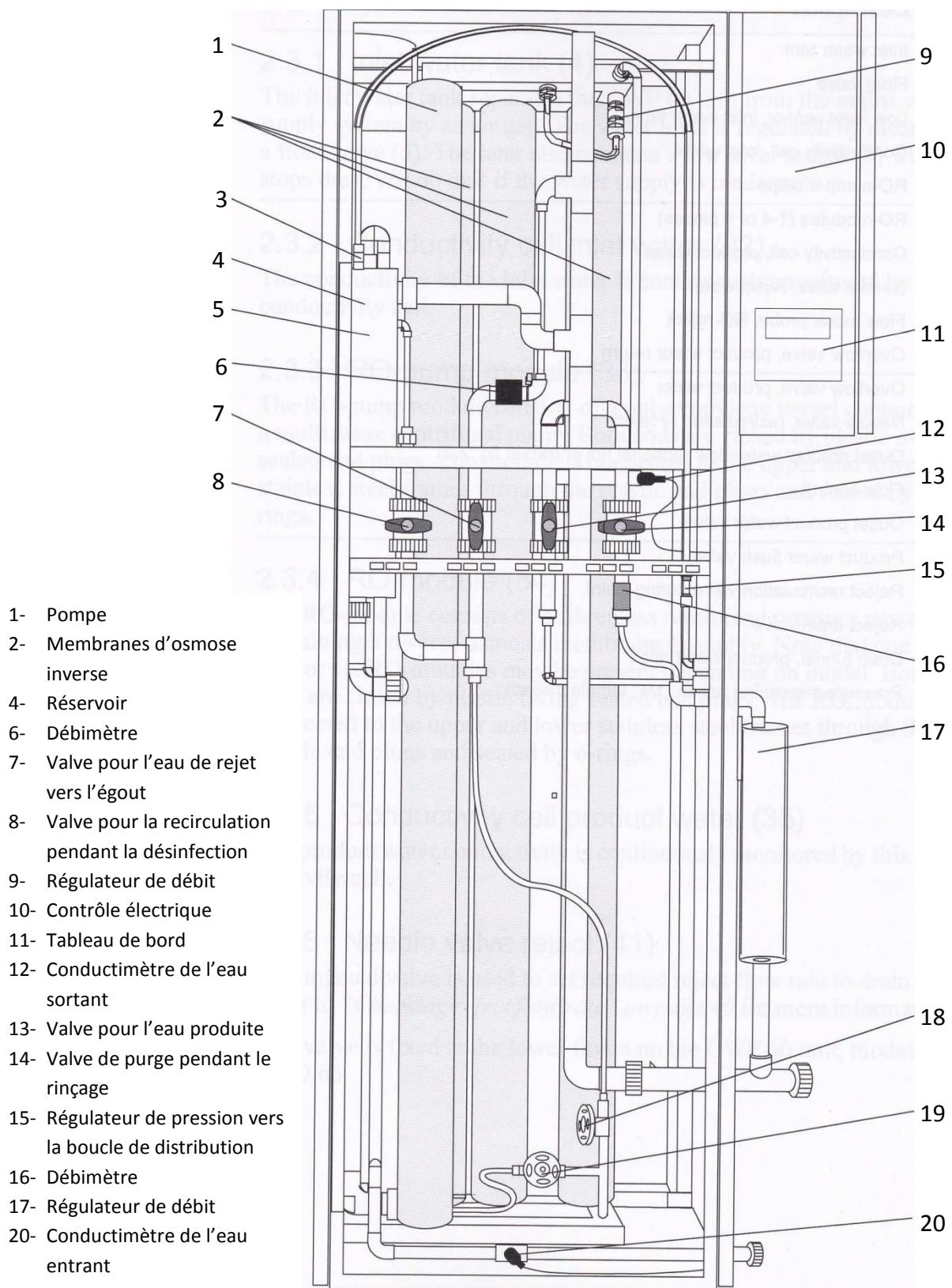
- D'un réservoir qui assure en continu la quantité d'eau. C'est aussi le lieu de versement de désinfectant.
- D'une pompe : elle assure la mise en pression de l'eau prétraitée et la circulation le long de la membrane.

- De membrane d'osmose inverse: elle se trouve enfermée dans un tube résistant à la pression. Sur ces tubes sont aménagées l'entrée d'eau brute, la sortie de l'eau rejetée (concentrât) et l'eau osmosée (perméat).
- Conductimètres, mesurant en continu la conductivité de l'eau entrant et sortant du module.
- D'un tableau de bord, par lequel on commande toutes les opérations à mener. Sur ce tableau s'affichent les valeurs de conductivités en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et de débit de l'eau entrant dans la machine ainsi que celui de l'eau osmosée qui y sort vers la boucle.



#### *La membrane d'osmose inverse :*

Elles présentent une bonne perméabilité à l'eau et retiennent les solutés de poids moléculaire inférieur à 100. Leur morphologie se caractérise par la présence d'un film dense ou s'il existe des pores, leur diamètre est seulement de quelques angströms ( $=10^{-10}$ , porosité du structure).



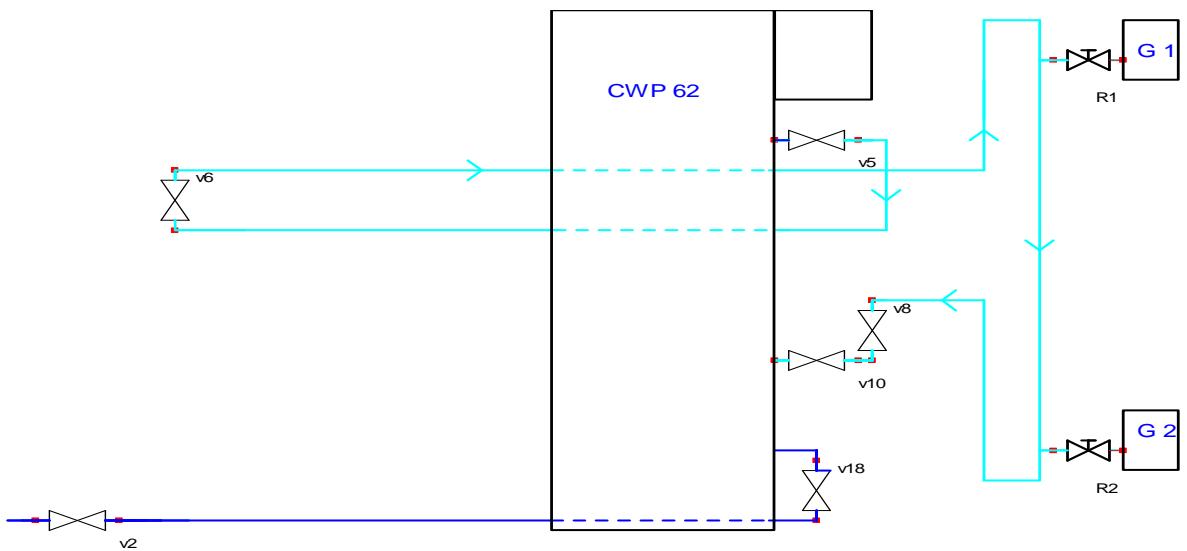
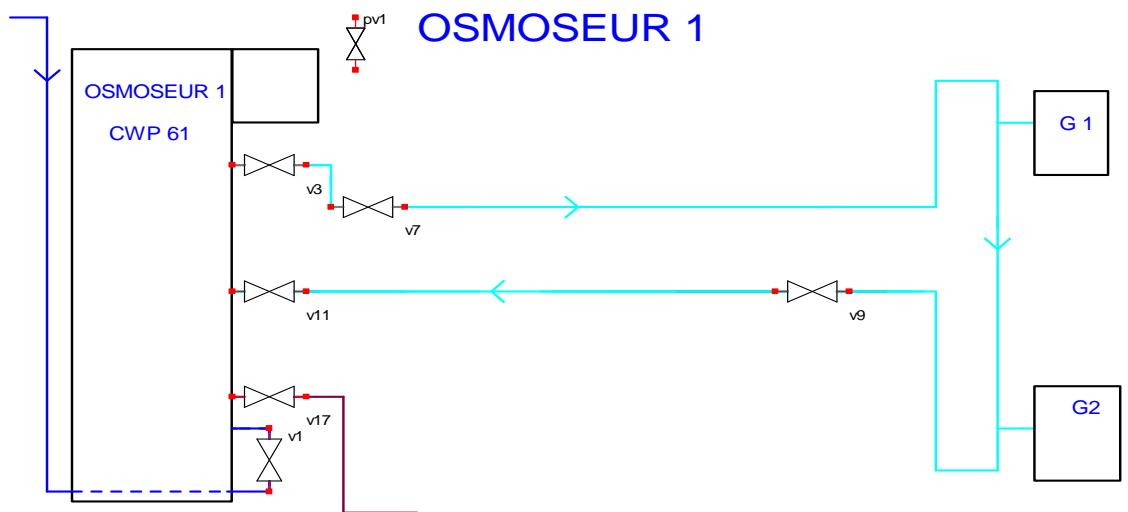
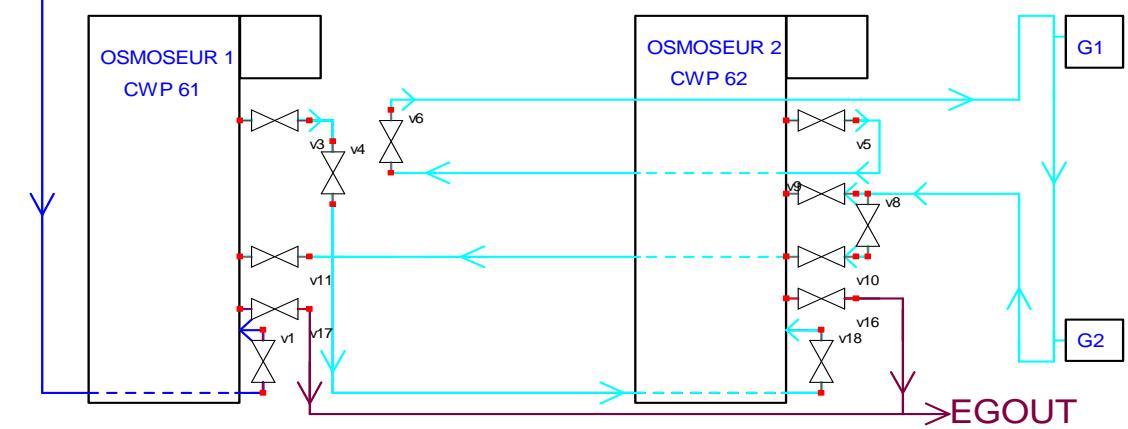
### **II.2.2.3 Le double osmose**

Pour limiter les risques liés à une défaillance de la première machine, pour augmenter le degré d'épuration des contaminants, deux osmoseurs sont utilisés. En jouant sur la modélisation des circuits ainsi que sur la position des vannes, ces osmoseurs peuvent travailler en parallèle ou en série.



Double osmose

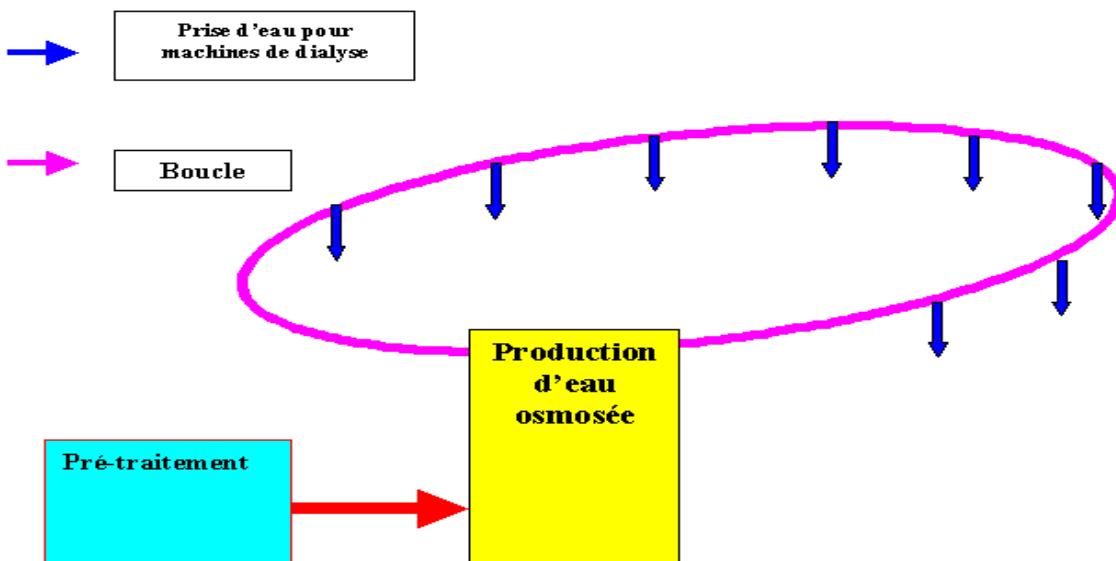
## FONCTIONNEMENT EN SERIE



### II.2.2.3 LA BOUCLE DE DISTRIBUTION

L'eau produite par la machine d'osmose inverse est distribuée dans tous les générateurs de dialyse de la clinique par l'intermédiaire de la boucle de distribution. L'eau produite en excès non utilisée par les générateurs est recyclée dans l'osmoseur.

La boucle de distribution doit être la plus simple, la plus courte possible, la plus continue possible pour qu'il ne présente aucun bras mort. En effet, l'eau doit de temps en temps être agitée afin d'éviter sa stagnation et de ce fait la prolifération bactérienne. Ainsi, le choix de matériel utilisé pour cet acheminement d'eau doit être en adéquation avec l'objectif à visé: circuit en PVC (polychlorure de vinyle)



### II.2.2.4 LA DESINFECTION

La désinfection est un procédé dont l'objectif est bien défini : elle est **dirigée** et vise à supprimer le danger lié à la présence de certains micro-organismes qui s'accumulent et forme en particulier un biofilm à la surface des membranes ou bien des circuits.

Les circuits ainsi que les machines doivent être régulièrement nettoyé et désinfecté. La fréquence de la désinfection est fonction du seuil de biocontamination maximale visé.

Divers procédés sont utilisables :

- procédés chimiques : désinfectants - C'est le procédé de choix. Divers produits sont disponibles : peroxyde d'hydrogène, acide péracétique, hypochlorite de sodium, glutaraldéhyde ou formol.
- procédés physiques : chaleur - La désinfection par l'eau chauffée à 85°C ne dispense pas du nettoyage chimique périodique.

Un système de sécurité interdisant la dialyse pendant la phase de désinfection doit impérativement être prévue.

### *La désinfection chimique du système*

La désinfection du système consiste en trois étapes :

- Désinfection du premier osmoseur
- Désinfection du deuxième osmoseur
- Désinfection de la boucle de distribution

Un désinfectant est un produit chimique ou physique qui tue ou inactive des micro-organismes tels que les bactéries, les virus et les protozoaires, sur des surfaces inertes comme le matériel à usage médical, les surfaces (sols, murs, conduites d'eau, sièges, poignées de porte, brancards, intérieurs d'ambulance...).

Le désinfectant que nous avons utilisé est le « Dialox ». C'est un désinfectant et détartrant spécialement pour les équipements pour dialyse, pour les circuits de traitement d'eau. Il est à base d'oxygène actif. Il est composé de peroxyde d'hydrogène, acide acétique, acide péricacétique.

Chaque désinfection chimique de la boucle et/ou de l'unité doit être suivie d'un rinçage et après chaque rinçage il faut procéder à une vérification permettant de savoir si le produit utilisé pour la désinfection n'est plus présent. Dans le cas d'un contrôle positif, il faut renouveler un rinçage et revérifier jusqu'à ce qu'aucune trace de désinfectant n'est plus détectée.

# Partie 3 : Résultats et Interprétation

---

Après avoir terminé le procédé de désinfection, nous avons prélevé des échantillons :

- A l'entrée de l'osmoseur pour être analysé afin d'obtenir des paramètres chimiques de l'eau tel le fer, le manganèse, le chlore libre, chlorure
- A la sortie de la boucle de distribution pour des analyses microbiologiques et chimiques.

Ces analyses sont effectuées dans le but de pouvoir estimer l'efficacité du traitement. Elles sont confiées à l'institut Pasteur et au centre national de recherche sur l'environnement(CNRE).

## Résultats :

**LABORATOIRE D'HYGIENE DES ALIMENTS ET DE L'ENVIRONNEMENT**



**Institut Pasteur**  
de Madagascar

B.P. 1274 ANTANANARIVO 101  
Tél : 22 401-64 ; 22 401-65 ; 22 412-72 ; 22 412-74  
Télécopie : (261-20) 22 407 17  
e-mail : [lhae@pasteur.mg](mailto:lhae@pasteur.mg)



Accréditation  
N° 1-1872  
Portée disponible  
**ESSAIS** sur [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr)

Réf. Commande :  
N/réf. : EAU-1814-18/06/2013-1  
V/réf. :

Antananarivo, le 24 juin 2013

**RAPPORT D'ESSAIS**

Examen demandé par :  
**RAZAFINDRAMANITRA**  
Anosizato  
ANTANANARIVO

Désignation du produit : Eau pour l'hémodialyse

Date du prélèvement	: 18/06/2013
Lieu de prélèvement	: -
Arrivée au laboratoire le	: 18/06/2013
Nombre échantillons	: 1
Date des manipulations	: 18/06/2013
Prél. effectué par	: Andriamanohisoa Santatra
Temp. de réception	: 10 °C
Conditionnement	: Flacon stérile

N° d'échant.	1814-1	Unités	Critères	Méthodes
V/Réf. Echant.	Sortie Boucle			
*Microorganismes revivifiables à 22°C	235	ufc/ml	-	NF EN ISO 6222
*Microorganismes revivifiables à 36°C	162	ufc/ml	-	NF EN ISO 6222
*Bactéries coliformes	<1	ufc/100ml	-	NF EN ISO 9308-1
*Escherichia coli	<1	ufc/100ml	-	NF EN ISO 9308-1
Pseudomonas aeruginosa	<1	ufc/100ml	-	NF EN 16266
*Entérocoques Intestinaux	18	ufc/100ml	-	NF EN ISO 7899-2
*Salmonella	A	/100ml	-	NF ISO 19250
*Staphylocoques à coagulase positive	138	ufc/100ml	-	XP T90-412
*Spores de microorganismes ASR	<1	ufc/100ml	-	NF EN 26461-2
<b>Déclaration de conformité</b>	-			

Origine des critères : monographie de la pharmacopée européenne, décret 2002-1198 du 23 septembre 2002, république Française.

Ind : Indénombrable ° A : Absence ° P : Présence Ne : Nombre estimé

C : Conforme » NC : Non Conforme

ASR : Anaérobies sulfito-réducteurs

Copie à : --

Docteur Noro RAHARINJATOVO RAVAGNINDRINA

Adjoint au Chef du Laboratoire d'Hygiène  
des Aliments et de l'Environnement  
Institut Pasteur de Madagascar

**RESPONSABLE TECHNIQUE**

Docteur Noro RAHARINJATOVO

- Le rapport d'analyse ne concerne que les échantillons soumis à l'analyse
- L'accréditation par le Cofrac atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation identifiés par le symbol
- Les zones apparaissant en gris ne sont pas couvertes par l'accréditation
- La reproduction de ce document n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral
- Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associé au résultat. Les incertitudes de mesure sont tenues à disposition au laboratoire.

**LABORATOIRE D'HYGIENE DES ALIMENTS ET DE L'ENVIRONNEMENT**



**Institut Pasteur**  
de Madagascar

B.P. 1274 ANTANANARIVO 101  
Tél : 22 401-64 ; 22 401-65 ; 22 412-72 ; 22 412-74  
Télécopie : (261-20) 22 407 17  
e-mail : [lhae@pasteur.mg](mailto:lhae@pasteur.mg)



Accréditation  
N° 1- 1872  
Portée disponible  
sur [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr)

Réf. Commande :  
N/réf. : EAU-1910-28/06/2013-1  
V/réf. :

Antananarivo, le 1 juillet 2013

**RAPPORT D'ESSAIS**

Examen demandé par :  
**RAZAFINDRAMANITRA**  
Anosizato  
ANTANANARIVO

Désignation du produit : Eau pour l'hémodialyse

Date du prélèvement	: 28/06/2013
Lieu de prélèvement	: -
Arrivée au laboratoire le	: 28/06/2013
Nombre échantillons	: 1
Date des manipulations	: 28/06/2013
Prél. effectué par	: Andriamanohisoa Santatra
Temp. de réception	: 10 °C
Conditionnement	: Flacon stérile

N° d'échant.	1910-1	Unités	Critères	Méthodes
V/Réf. Echant.	Sortie Boucle			
*Microorganismes revivifiables à 22°C	2	ufc/ml	-	NF EN ISO 6222
*Microorganismes revivifiables à 36°C	2	ufc/ml	-	NF EN ISO 6222
*Bactéries coliformes	<1	ufc/100ml	-	NF EN ISO 9308-1
*Escherichia coli	<1	ufc/100ml	-	NF EN ISO 9308-1
Pseudomonas aeruginosa	<1	ufc/100ml	-	NF EN 16266
*Entérocoques Intestinaux	<1	ufc/100ml	-	NF EN ISO 7899-2
*Salmonella	A	/100ml	-	NF ISO 19250
*Staphylocoques à coagulase positive	<1	ufc/100ml	-	XP T90-412
*Spores de microorganismes ASR	1	ufc/100ml	-	NF EN 26461-2
<b>Déclaration de conformité</b>	-			

Origine des critères : Pharmacopée européenne, décret 2002-1198 du 23 septembre 2002, République française.

Ind : Indénombrable ° A : Absence ° P : Présence Ne : Nombre estimé

C : Conforme • NC : Non Conforme

ASR : Anaérobies sulfite-réducteurs

Copie à : --

Docteur Noro RAHARINJATOVO  
Institut Pasteur de Madagascar

**RESPONSABLE TECHNIQUE**

Docteur Noro RAHARINJATOVO

- Le rapport d'analyse ne concerne que les échantillons soumis à l'analyse
- L'accréditation par le Cofrac atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation identifiés par le symbole \*
- Les zones apparaissant en gris ne sont pas couvertes par l'accréditation
- La reproduction de ce document n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral
- Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associé au résultat. Les incertitudes de mesure sont tenues à disposition au laboratoire.



REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA  
FITIAVANA - TANINDRAZANA - FANDROSOANA

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

bulletin d'analyse N° 86/13/CNRE/D4  
BC :28/06/13

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHE  
SUR L'ENVIRONNEMENT

BP : 1739 TSIMBAZAZA

Tél/ **26.410.46**

22.264.69

LABORATOIRE D'ANALYSE DE CONTROLE

Analyse demande par : Mme Razafindramanitra

Nombre : 02

Nature de l'échantillon : eau pour l'hémo dialyse

Code échantillon : K-143 et 144

Date D'arrivée : 28/03/2013

Conditionnement : bouteille plastique

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

PARAMETRES	RESULTAT	
	K-143 E-90	K-144 E-91
	Avant osmoseur	Sortie boucle
Fer (mg/l)	0,103	0,114
Manganèse (mg/l)	<1md	<1md
Chlorure (mg/l)	5,68	2,84
Chlore libre (Cl <sub>2</sub> mg/l)	38,67	0
Résidus-sec (mg/l)	38,67	~ 0

Analyse effectuée par : Wega – Nirina –Christine - Marcellin- Lala

Rapport émis le 11/07/2013

Le Chef de Département



## Interprétations

1. D'après ces résultats, on peut tirer que la station de traitement d'eau destinée pour la dialyse a bien fonctionné. On remarque que les valeurs des paramètres indésirables sont réduites après avoir passé à travers la membrane semi-perméable de l'osmoseur.

Cependant, une attention particulière devrait être apportée à la qualité de l'eau d'approvisionnement. En effet, la quantité de chlore libre entrant dans l'osmoseur est relativement élevée.

Ce fait nécessiterait encore impérativement un procédé de prétraitement plus rigoureux : l'eau à traiter devrait encore parcourir beaucoup plus long temps le filtre à charbon actif. Il faut aussi veiller de ne pas faire le prélèvement au moment où le filtre à charbon actif était en train de faire du rinçage automatique et attendre que l'eau produite soit de nouveau claire. La qualité du filtre au charbon actif doit être suivie périodiquement, dans le traitement d'eau pour l'hémodialyse, car la déchloration de l'eau du robinet en dépend.

Comme il est présenté dans le tableau 2, les seuils maximaux des paramètres exigés pour l'eau entrant dans l'osmoseur sont dépassés. Or ces conditions peuvent produire une mauvaise conséquence sur l'état de la membrane d'osmose inverse.

2. Le taux de fer sortie de la boucle, lequel devrait être normalement réduit après traitement par la membrane d'osmose inverse a connu une légère augmentation. Ceci est dû par une mauvaise manipulation pendant le prélèvement.

3. Les résultats d'analyse microbiologique montrent l'état microbiologique de la boucle de distribution après désinfections. En fait, le premier résultat n'était pas très satisfaisant du fait du nombre d'agent pathogènes un peu élevé encore trouvé dans l'eau sortie de la boucle de distribution. Un mauvais résultat qui provient d'un manque de désinfectant lors du procédé de désinfection.

De ce fait, on a prolongé le temps de désinfection en ajoutant un peu plus de désinfectants afin de réduire le nombre d'agents pathogènes. Cette dernière action a donné le deuxième résultat qui explique l'efficacité du traitement.

## CONCLUSION

Ces différents résultats nous permettent de tirer que le traitement est compatible au type de source utilisée. Toutefois une bonne entretien continu est nécessaire pour que la qualité de l'eau ne soit pas altérée tout au long de la production.

Ainsi, ce stage m'a permis de mieux cerner les rôles de chaque étape de traitement et maîtriser l'installation des équipements de traitement d'eau pour l'hémodialyse. J'ai aussi profité de cette occasion de prendre connaissance des différents matériels constituant chaque étape de traitement d'eau, telles que les grains de charbon activé, les différents types de sables, les résines échangeuses d'ions, l'unité d'osmose inverse ainsi que diverses type de conduite spécifique pour chaque fonction.

Ces nouvelles techniques acquises durant le stage que j'ai effectué m'a permis de tracer des nouvelles perspectives d'avenir. Si l'eau de robinet de la Jirama pourrait être utilisée en hémodialyse moyennant quelques modifications via l'osmoseur, ne serait-ce-t-il un jour possible de dessaler notre eau de mer pour approvisionner la partie Sud aride de Madagascar.

# Annexes

## Dialyseur

Le dialyseur, aussi appelé « rein artificiel » est un appareil permettant lors d'une hémodialyse les échanges entre le sang (canalisé généralement dans des capillaires creux) et le dialysat, liquide bien formulé chimiquement et dépourvu de déchets. Ces échanges à travers une membrane semi-perméable permettent une épuration.

## Conductivité

Mesure physico-chimique de la capacité de l'eau à transmettre le courant électrique. Cette mesure est le signe de la présence d'ions dans l'eau.

Plus l'eau contient d'ions (de sel dissous), plus sa capacité à conduire le courant est importante et plus sa conductivité est grande.

Inversement moins une eau contient d'ions (de sel dissous), plus sa capacité à conduire le courant est faible et plus sa conductivité est petite.

La conductivité se mesure en **µS/cm** (micro-siemens par centimètre)

## Diffusion

La diffusion règle les échanges de molécules en solution à travers une membrane semi-perméable selon le gradient de concentration. C'est-à-dire qu'une substance donnée va pouvoir aller du compartiment le plus concentré vers le compartiment le moins concentré, pour tendre vers l'équilibre des concentrations de part et d'autre de la membrane. La vitesse des échanges va dépendre de la différence de concentration mais aussi d'autres facteurs comme la taille des pores de la membrane, la charge électrique de la substance et celle de la membrane, l'encombrement allostérique de la substance à échanger. Il existe différentes membranes de dialyse qui ont chacune des caractéristiques différentes.

## Convection

Dans laquelle l'eau est déplacée par le gradient de pression transmembranaire, du côté où la pression est la plus forte vers le côté où la pression est la plus faible. Les facteurs qui influencent les échanges d'eau sont donc la pression et le coefficient hydraulique de la membrane (en quelque sorte sa perméabilité)

## Métaux lourds

On appelle métaux lourds les éléments métalliques naturels dont la masse volumique dépasse  $5\text{g}/\text{cm}^3$ . Ceux-ci sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces : mercure, plomb, cadmium, cuivre, arsenic, nickel, zinc, cobalt, manganèse. Les plus **toxiques** d'entre eux sont le plomb, le cadmium et le mercure.

## **Turbidité**

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules suspendues qui la troublent. On mesure la turbidité en unité de turbidité néphalométrique par un turbidimètre. Lequel permet de déduire la caractéristique optique de l'eau à savoir à diffuser ou absorber la lumière incidente.

## **Décanteur**

Un décanteur est un matériel utilisé dans le traitement de l'eau permettant la séparation par gravité des matières en suspensions préalablement coagulées. A l'intérieur duquel l'eau circule d'une manière continue très lentement de façon qu'elle puisse abandonnée ces matières en suspension et flocs.

## **Insuffisance rénale**

L'insuffisance rénale caractérise un état pathologique durant lequel les reins ne peuvent plus assurer leur travail de filtration sanguine. Cela s'accompagne de déséquilibres en eau et en minéraux dans l'organisme, pouvant mener à une situation mortelle.

L'insuffisance rénale peut être aiguë (temporaire et réversible) ou chronique (persistante).

## **Colmatage**

Le colmatage est l'obstruction progressive des interstices de matériaux filtrant. Il provoque une augmentation de la perte de charge. On dit qu'un filtre est colmaté lorsqu'il atteint la perte de charge maximale prévue par la construction. Il importe de le ramener à son état initial par un lavage efficace et économique dont le mode est lié au type de filtre et la nature des éléments retenus.

## **Plasma sanguin**

Plasma sanguin est le composant liquide du sang, dans lequel les cellules sanguines sont en suspension

## **Biofilm**

Est un dépôt d'origine essentiellement biologique qui se forme dans les canalisations d'eau.

D'aspect muqueux, il se compose de micro-organismes devenus adhérents par sécrétion de polymères et/ou de macromolécules (exopolysaccharides) et d'exoenzymes. Toutes les bactéries de l'eau peuvent se retrouver dans les biofilms, mais également leurs prédateurs, des champignons, des levures, des algues.

## **Pharmacopée**

La Pharmacopée est un Ouvrage réglementaire destiné à être utilisé par les professionnels de santé.

Elle définit notamment les critères de pureté des matières premières ou des préparations entrant dans la fabrication des médicaments et les méthodes d'analyse à utiliser pour en assurer le contrôle. L'ensemble des critères permettant d'assurer une qualité optimale est regroupé et publié sous forme de monographies.

### Rôle

Participer à la protection de la santé publique en élaborant des spécifications communes et reconnues pour les matières premières à usage pharmaceutique. Ces normes font autorité pour toute substance figurant dans la Pharmacopée; celle-ci constitue un référentiel scientifique mis à jour.

## BIBLIOGRAPHIES

- MEMENTO TECHNIQUE DE L'EAU\_ Tome 1 et Tome 2
- [www.dictionnaire-environnement.com](http://www.dictionnaire-environnement.com)
- <http://www.dialyse.asso.fr>



NOM : ANDRIAMANOHSOA

PRENOMS : Ramananarivo Santatra

Titre : Etude et Installation de Traitement d'Eau pour l'Hémodialyse

Adresse : Lot VS 21 UGA Ankafotsy Antananarivo

GSM: 0330749321/0340487775

E-mail: [Ssantatr@yahoo.fr](mailto:Ssantatr@yahoo.fr)

Nombres de pages : 37

Nombres de figure : 10

Nombres de références bibliographiques : 3

Nombres de tableaux : 7

Nombres d'annexes : 12

## **RESUME**

Il existe différents types d'eau selon l'origine et l'usage qu'on en fait. Cependant, en vue de rendre une source d'eau apte aux usages auxquels elle est destinée, il importe de recourir à une technique de traitement appropriée. Aujourd'hui, on peut distinguer plusieurs procédés de traitement d'eau. Parmi lesquels est le procédé de filtration à travers une membrane d'osmose inverse. Nécessitant une chaîne de prétraitement comme la filtration sur sable, la filtration sur charbon actif, l'adoucissement, le traitement par osmose inverse peut être utilisé pour transformer une eau de robinet en une eau destinée pour diluer les solutions concentrées utilisées en hémodialyse, une méthode de traitement de l'insuffisance rénale.

## **SUMMARY**

There are different types of water according to origin and how it is used. However, in order to make a suitable water source to purposes for which it is, you need to use an appropriate treatment technology. Today, we can distinguish several water treatment processes. Among them is the method of filtration through a reverse osmosis membrane. Chain requiring preprocessing such as sand filtration, filtration through activated carbon, softening, reverse osmosis can be used to transform a tap water in water intended for diluting the concentrated solutions used in hemodialysis, a method treatment of renal failure.