

SOMMAIRE

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

CHAP. I : INTRODUCTION GENERALE.....	2
PRESENTATION DU LRDEHM.....	4
CHAP. II : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	6
I. Eaux usées.....	6
II. Paramètres physico-chimiques de caractérisation des eaux usées.....	7
III- Paramètres biologiques de caractérisation des eaux usées	9
IV- Origines des effluents hospitaliers.....	10
V- L'hémodialyse.....	11
2- L'eau pour l'hémodialyse.....	12
3- Composition du système de production d'eau	12
4- Coûts énergétiques et écologiques de l'hémodialyse	13
CHAP. III : MATERIELS ET METHODES	14
1- Mesure du potentiel d'hydrogène (pH).....	15
2- Conductivité électrique.....	16
3- Dosage des chlorures	16
4- Dosage des nitrites « NO ₂ ⁻ ».....	17
5- Dosage des nitrates NO ₃ ⁻ (Méthode au salicylate de sodium)	19
6- Dosage des orthophosphates.....	20
7- Dosage des sulfates SO ₄ ²⁻ (Méthode néphélométrique).....	22
CHAP. V : RESULTATS ET DISCUSSION	24
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	28
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	29

Chap. I : Introduction générale

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 se posent au niveau mondial depuis la fin du siècle dernier (PULIM, 1991).

Au Maroc, la maîtrise et la mise en valeur des ressources en eau sont pratiquées depuis longtemps, elles sont considérées comme facteur déterminant de la structuration de l'espace et du développement des terroirs. Ainsi, une stratégie de maîtrise et de valorisation de ses ressources naturelles, par la gestion planifiée et intégrée et le développement de l'irrigation, a été adoptée dès les années 1960(SOUSSANE, 1999).

En outre, le recyclage des eaux usées pour d'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 (STEP)(RICHARDSON et BOWRON, 1985; GARTISER et al, 1996; KOMMERER et al, 1997; HALLING-SORENSEN, 1998; SPREHE et al, 1999).

En hémodialyse, l'eau est utilisée en grande quantité pour préparer les dialysats et désinfecter les générateurs. Environ 120 L d'eau est purifiée pour assurer une séance d'hémodialyse pour chaque malade. Au Maroc, plus de 135 centres d'hémodialyse assurent le traitement de plus de 5737 patients (F.TARRASS, 2008).

Le centre d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani de la ville de Fès assume le traitement de plus de 86 malades, soit plus de 12000 séances d'hémodialyse par an. Conscient de la consommation élevée de l'eau, les responsables du service d'hémodialyse ont procédé au recyclage des effluents pour l'utiliser dans l'arrosage des jardins du service d'hémodialyse.

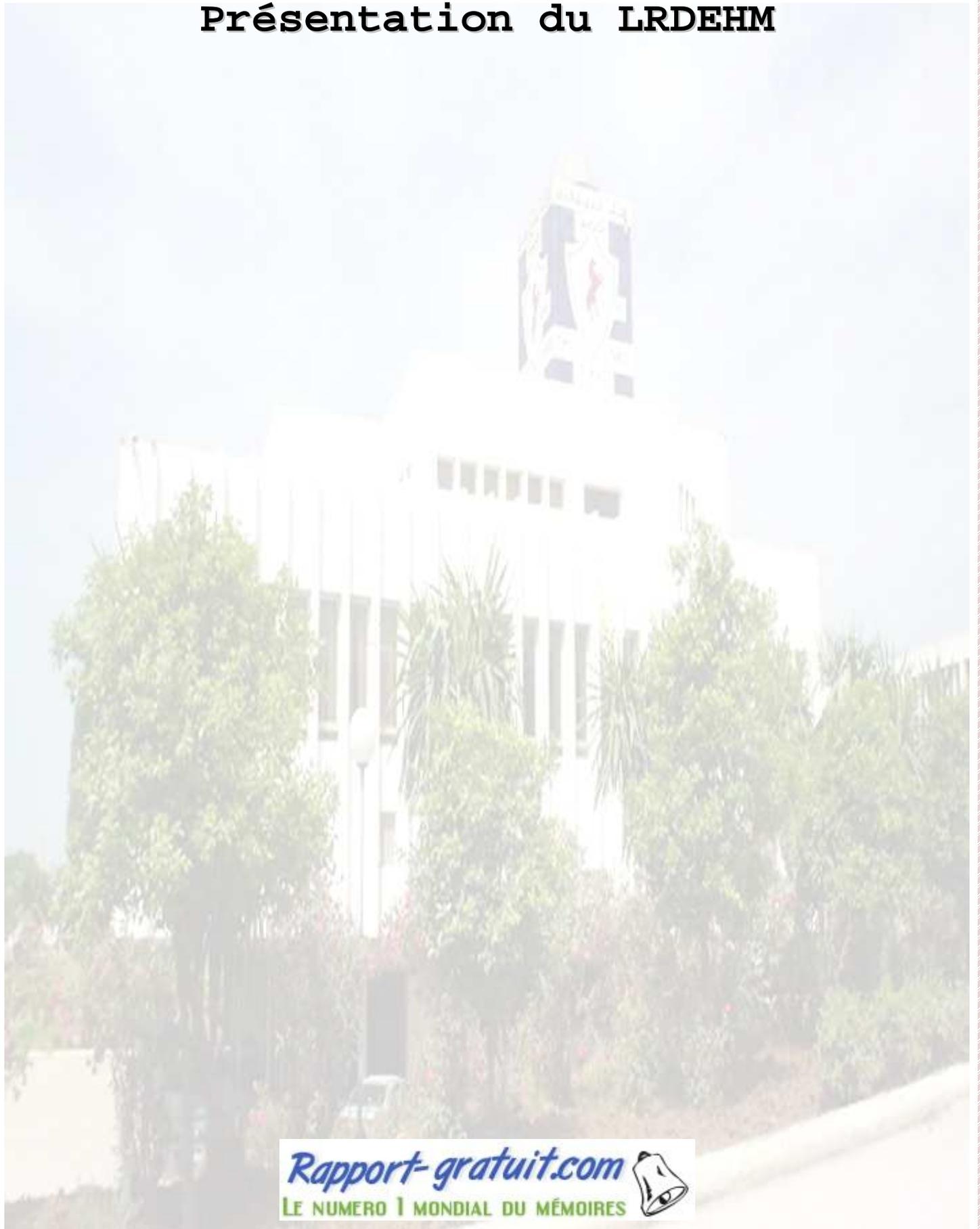
Devant le risque sanitaire lié aux effluents hospitaliers et notamment de ceux du service d'hémodialyse, et dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons réalisé au sein du LRDEHM, une étude intitulée :

« **Caractérisation physico-chimique des effluents d'hémodialyse avant traitement** »

Ce travail comportant une revue bibliographique, suivie par matériels et méthode, résultats et discussion, une conclusion et des recommandations ; avait pour objectifs:

- De maîtriser les techniques d'analyse physico-chimique, appliquées au LRDEHM ;
- D'évaluer la qualité physico-chimique des effluents ;
- De comparer les résultats obtenus à ceux de la réglementation en vigueur.

Présentation du LRDEHM



Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES



LABORATOIRE REGIONAL DE DIAGNOSTIC EPIDEMIOLOGIQUE ET D'HYGIENE DU MILIEU DE LA VILLE DE FES



HISTORIQUE

En 1977 Le Ministère de la Santé a créé des laboratoires "à visée préventive" : les Laboratoires de Diagnostic Epidémiologique et d'Hygiène du Milieu (LDEHM). Ils constituent une structure d'appui indispensable pour la surveillance épidémiologique des maladies infectieuses et transmissibles et pour les programmes sanitaires du Ministère de la Santé dans le cadre de l'Hygiène de l'environnement.

Actuellement il existe 42 LDEHM, Le laboratoire de Fès fait partie des 11 laboratoires régionaux qui ont vu le jour à partir des années 80. Il est implanté à l'Hôpital EL GHASSANI et est individualisé des Laboratoires d'analyses cliniques et de transfusion.

SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE LA VILLE DE FÈS



Organisation fonctionnelle du LRDEHM



Mission du LRDEHM

- Soutien au programme de prévention et de lutte contre les maladies infectieuses et transmissibles,
- Appui technique (Diagnostic et confirmation des maladies) pour les structures de soins de santé de base (RSSB).

Rattachement du LRDEHM

Le LRDEHM est rattaché au SIAAP et à la Direction Régionale de la Santé de Fès. Il est également en étroite relation avec l'Institut National d'Hygiène et la Direction d'Epidémiologie et de Lutte contre les Maladies de Rabat.

Assurance qualité du LRDEHM

- Une politique d'assurance qualité est mise en œuvre par le LRDEHM pour obtenir et garantir la qualité des analyses.
- Un système statistique informatisé est mis en place par le LRDEHM pour le traitement des résultats des analyses.

Clients du LRDEHM

Le LRDEHM couvre les besoins des délégations médicales des provinces et préfectures de la région Fès-Boulemane (villes de SAKH, HAYOUZ, EL-ANASSER, ANASSER, EL-ANASSER, EL-ANASSER, EL-ANASSER, EL-ANASSER) ainsi que ceux des Bureaux Communaux d'Hygiène, CHU Hassan II.

Perspectives

- > Structurer la collaboration et la coopération du laboratoire avec son environnement
- > Développer et réaliser des études épidémiologiques en relation avec ses activités
- > Installer d'autres analyses:
 - Analyses toxicologiques de l'eau (recherches des nitrates et métaux lourds)
 - Parasitologie des eaux
 - Sérologie et PCR du paludisme
 - Entomologie du rhinobate vecteur des leishmanoses



Chap. II : Revue Bibliographique

I. Eaux usées

1- Origine des eaux usées

Une eau est considérée comme «usée» lorsque son état et sa composition sont modifiés par les actions anthropiques, de manière à ce qu'elle soit difficilement utilisable pour tous ou pour certains usages, auxquels elle devrait servir à l'état naturel. De manière générale, une eau usée encore appelée eau résiduaire est une eau qui a subi une détérioration après usage. Suivant l'origine des substances polluantes on distingue quatre catégories d'eaux usées (HABIB ET EL RHAZI, 2007).

2- Types d'eaux usées

2-a- Eaux usées domestiques

Elles sont constituées d'une part des eaux vannes encore appelées «eaux noires» issues des toilettes et chargées des matières organiques azotées, de germes fécaux, et d'autre part des eaux grises provenant des ménages (lavabo, lessiveuse, baignoire, &) et des rejets issus essentiellement des activités ménagères. Les eaux usées domestiques sont porteuses de pollution organique. Elles ont pour origine les toilettes, les salles de bains, les cuisines et sont généralement chargées en détergents, graisses, solvants, et débris organiques. Les eaux usées domestiques sont riches en matières organiques biodégradables (MANSOTTE et Jus-mi, 2000,73).

2-b- Eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles proviennent essentiellement des activités industrielles et varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles contiennent très souvent des composés nocifs à l'environnement. En effet, divers métaux lourds (cadmium, zinc, plomb, chrome, mercure), des composés organiques synthétiques ou non difficilement biodégradables et des graisses y sont présents souvent en grande quantité.

Ces eaux peuvent être à caractère minéral dominant comme dans le cas du traitement des minerais, à caractère organique dominant pour les eaux usées issues des industries agroalimentaires, abattoirs, conserveries à caractère toxique pour certaines industries chimiques) ou tout simplement chaudes comme dans les centrales électriques (BECHAC ET AL.1983).

2-c- Eaux usées pluviales

Elles sont synonymes des eaux claires collectées dans les réseaux d'assainissement. Elles constituent la cause d'une pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. Les eaux pluviales sont chargées d'impuretés et au cours de leur trajet, elles transportent des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds)(BECHAC ET AL.1983).

2-d- Eaux usées agricoles

L'utilisation en agriculture des engrais chimiques de synthèse (engrais phosphatés et azotés), des pesticides ainsi que les effluents des élevages constituent des sources diffuses de pollution des eaux d'origine agricole à travers les sols (lessivage, percolation, lixiviation). Ces substances chimiques peuvent soit s'infiltrer dans le sol et atteindre la nappe phréatique, soit être lessivées par les eaux de pluie et drainées dans les eaux usées. Les engrais chimiques contiennent certains métaux et métalloïdes à l'état de trace, surtout le cas des superphosphates constituant ainsi une pollution du milieu récepteur.

En dehors des eaux usées domestiques et industrielles, il existe un type particulier d'eaux usées qui mériteraient de par leur composition physico-chimique et microbiologique d'être étudié: il s'agit des eaux usées hospitalières.

2-e- Les eaux usées hospitalières

Les eaux usées hospitalières peuvent être considérées comme très proches des eaux usées domestiques de par leur contenu en matières organiques et leurs paramètres physico-chimiques globaux (DCO, DBO, MES, Azote), mais elles sont aussi proches des eaux usées industrielles par leur contenu en éléments chimiques et en métaux lourds. Ces eaux ont une biodégradabilité plus faible que celle des eaux usées domestiques et une toxicité plus élevée. En plus, les variations de leurs charges polluantes peuvent être importantes suivant le lieu, l'heure, le jour de prélèvement et le débit (MANSOTTE et Jus-mi, 2000,73).

II. Paramètres physico-chimiques de caractérisation des eaux usées

1- Température

Elle joue un rôle fondamental dans toutes les réactions chimiques qui ont lieu dans un milieu liquide. Les températures $> 15^{\circ}\text{C}$ intensifient les odeurs tandis que les températures basses ralentissent la vitesse de certaines réactions chimiques. La vitesse de dégradation de la matière organique dans une eau usée est d'autant plus importante que la température est élevée.

Son importance se fait surtout sentir dans la cinétique de l'épuration, par une accélération des processus d'épuration quand le milieu biologique s'y prête (Sy et Tall, 2003).

2- Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH permet d'exprimer le caractère acide ($\text{pH} < 7$) ou basique ($\text{pH} > 7$). Sa valeur dépend des équilibres ioniques dans l'eau. Le pH a une grande influence sur la répartition des métaux lourds dans l'eau. Grâce à un pH-mètre les mesures se font in-situ. Le pH peut affecter les processus de désinfection, de solubilité des métaux. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Le pH influence de nombreuses réactions physico-chimiques et la distribution des microorganismes impliqués dans la dégradation des matières organiques (Fonkou *et al*, 2002).

3- Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO)

Elle exprime la quantité de matières organiques biodégradables présente dans l'eau. Plus précisément, ce paramètre exprimé en mg d'oxygène par litre (mg O₂/l), mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour mesurer la DBO, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours. Le rapport entre la DCO et la DBO₅ constitue une mesure indicative de la « dégradabilité » biochimique des composés présents dans l'eau.

4- Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO, exprimée en mg d'oxygène par litre représente la teneur totale de l'eau en matières oxydables. Ce paramètre correspond à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir pour oxyder par voie chimique ces matières (NDIAYE, 2005). Ainsi, par la mesure de la DCO on peut évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organiques avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler l'efficacité du traitement épuratoire (MISS, 2007). De plus, une forte teneur en DCO et MES provoque une diminution de la disponibilité en oxygène du milieu et donc une asphyxie du système. La moyenne trouvée pour la DCO des eaux usées dans diverses villes du monde s'élève environ à 30 g/l (Metcalf et Eddy, 1991).

5- Matières en suspension (MES)

Les MES représentent l'ensemble des matières solides, organiques ou minérales contenues dans une eau usée et pouvant être retenues par filtration ou centrifugation. Elles permettent une bonne évaluation du degré de pollution d'une eau. La plus grande partie des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées, est associée aux MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble et, souvent un mauvais goût et une mauvaise odeur (Baumont et al. 2002). Les MES empêchent la pénétration de la lumière, diminuent l'oxygène dissous et représentent une surface d'attache pour les bactéries. On les subdivise en deux catégories:

- Les matières décantables qui sont les matières volatiles sèches (MVS), représentant la partie organique des MES. Elles comprennent les particules de biomasse vivante ou morte, qui se déposent pendant un temps fixé conventionnellement à 2 heures.
- Les matières colloïdales qui représentent la différence entre MES et matières décantables (Sy et Tall, 2003).

6- Conductivité électrique

La conductivité électrique est la mesure de la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. Elle permet d'estimer approximativement le niveau de minéralisation de l'effluent grâce aux relations établies entre la minéralisation et la conductivité. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouve sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. La conductivité est également fonction de la température de l'eau: elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25°C. Elle s'exprime en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (micro Siemens par centimètre). Elle permet d'évaluer l'efficacité épuratoire des stations d'épuration (Jean Rodier, p72).

7- Azote et Phosphore

L'azote et le phosphore sont également des paramètres très importants. Les rejets excessifs de phosphore et d'azote contribuent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau. Ce phénomène se caractérise par la prolifération d'algues et la diminution de l'oxygène dissous, ce qui appauvrit la faune et la flore des eaux superficielles (cours d'eau, lacs, ...). Les concentrations en nitrites (NO_2^-), nitrates (NO_3^-), ammonium (NH_4^+), ammoniac (NH_3), azote (N) orthophosphates (PO_4^{3-}), et phosphore (P) sont dès lors des paramètres importants pour le suivi de la qualité des eaux de surface. L'azote « Kjeldahl » représente l'azote organique (ex : acides aminés, urée) et l'azote ammoniacal. Les phosphates interviennent dans

la composition de nombreux détergents. Ils doivent être dégradés et hydrolysés par les bactéries en ortho phosphates pour être assimilables par les autres organismes aquatiques. L'eutrophisation peut se manifester à des concentrations relativement basses en phosphates (50 1/4g P/l) (De Villers et al, 2005).

III- Paramètres biologiques de caractérisation des eaux usées

Les paramètres biologiques souvent recherchés lors de la caractérisation des eaux usées sont les bio-indicateurs de la pollution fécale parmi lesquels on a les bactéries, les protozoaires, et les macro-invertébrés. Les eaux usées et les eaux de ruissellement contiennent de nombreux organismes pathogènes, représentant une menace pour la santé humaine et l'écosystème aquatique (CHEDAD et ASSOBBHEI, 2007). Les eaux usées contiennent en moyenne 10^7 à 10^8 UFC/ml. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 104/l (Habib et El Rhazi, 2007). L'estimation de la contamination se fait par le biais de bactéries indicatrices de pollution fécale et de germes pathogènes. L'utilisation des microorganismes comme indicateurs de la qualité hygiénique de l'eau date avant 1880. Ces indicateurs bactériens sont les Coliformes fécaux (CF) et les Streptocoques fécaux (SF). Il a été montré que les caractéristiques du milieu récepteur peuvent affecter la survie de ces indicateurs (CHEDAD et ASSOBBHEI, 2007).

1- Bio-indicateurs bactériens

Ce sont les micro-organismes commensaux pathogènes ou non, trouvés dans le tube digestif de l'Homme et des animaux à sang chaud. Ils se retrouvent généralement dans les milieux aquatiques pourvus de matière organique. Le choix de ces germes comme bio-indicateurs de la pollution repose sur leur origine, leur sensibilité à différents niveaux de pollution et leur aptitude à dégrader la matière organique en substances minérales en vue de son recyclage. On distingue deux principaux groupes de bio-indicateurs : les Coliformes fécaux et les Streptocoques fécaux.

a- Les Coliformes fécaux (CF)

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo tolérants, sont des germes témoins de contamination fécale communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau. Ils constituent un sous-groupe des Coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5 °C. Ils sont aussi de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau (CHEVALIER et al, 2002). L'intérêt de la détection de ces Coliformes, à titre d'organismes indicateurs réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes. De plus, leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales (CHEVALIER et al., 2002).

b- Les Streptocoques fécaux (SF)

Les streptocoques fécaux sont présents dans les intestins d'environ 75 % des humains, à des concentrations variant de 10^5 à 10^8 bactéries/g (CHEVALIER et al, 2002). La persistance des entérocoques dans divers types d'eau peut être supérieure à celle des autres organismes indicateurs de pollution, notamment à cause de leur résistance notoire aux agents désinfectants. C'est ce qui fait d'eux des indicateurs privilégiés pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau. Cet intérêt à l'égard des entérocoques s'expliquerait par le fait que, comparativement aux coliformes (incluant *Escherichia coli*), ils sont plus résistants à des conditions environnementales difficiles et persistent plus longtemps dans l'eau (CHEVALIER et al, 2002).

Le niveau moyen de contamination des effluents urbains par les bactéries est présenté dans le tableau 1.

Tableau 1 : Niveau moyen de contamination bactériologique des effluents urbains.

2- Protozoaires bio-indicateurs

Les protozoaires jouent un rôle important dans la destruction de la matière organique d'où leur forte présence dans les zones de dégradation et de décomposition actives. On peut citer les ciliés (*glaucocystis*, *pénicillium*), les flagellés et quelques espèces sessiles à régime bactériophage (CHEVALIER et al, 2002).

3- Macro-invertébrés

Certaines eaux usées sont susceptibles de contenir une multitude de micro-organismes, certains pathogènes peuvent être recherchés pour évaluer les dangers que présentent ces effluents pour l'environnement. Parmi ces pathogènes, on a les Salmonelles, les Shigelles, *Escherichia coli*, les vibrions cholériques, les *Citrobacters* et certains virus. Toutes ces formes de pollution entraînent une forte dégradation des milieux récepteurs aux conséquences d'ordre sanitaire, écologique, et économique (CHEVALIER et al, 2002).

Niveau moyen de contamination germes	Valeur moyen (/100ml/)
Coliformes totaux	180×10
Coliformes fécaux	40×10
Streptocoques fécaux	4×10
Salmonelles	10^2
Particules virales	10^3

IV- Origines des effluents hospitaliers

L'hôpital est un grand consommateur d'eau. La valeur moyenne de consommation est de 400 à 1200 L, alors qu'en milieu domestique, elle est de 150 à 200 L par habitant et par jour. Se rajoutent également à cette consommation d'eau, les eaux spéciales utilisées par l'hôpital comme l'eau stérile (Coralie DARS et al, 2002, OIE).

Il existe plusieurs types de rejets hospitaliers:

1- Rejets de nature domestique

L'usage « domestique » d'une eau est défini dans l'article 3 du décret du 29 mars 1993: il s'agit des prélèvements et rejets destinés exclusivement à satisfaire les besoins des personnes physiques.

Dans cette catégorie, on trouve: les rejets des cuisines, les rejets des produits détergents, les rejets des garages et ateliers, ceux de la blanchisserie, de la chaufferie et de la climatisation.

Les eaux grasses rejetées en cuisine ne posent pas de risque sanitaire mais peuvent provoquer un colmatage des réseaux et engendrer un développement bactérien.

La consommation de produits d'entretien (blanchisserie, nettoyage des surfaces...) dans un hôpital est considérable et les risques de pollution par ces rejets sont surtout liés à leur nature chimique et à leur utilisation intensive.

Les garages et ateliers peuvent également provoquer une pollution chimique moindre car les quantités de détergents utilisées sont moins importantes (Pascal JEHANNIN, Mémoire de fin d'études 1999).

2- Rejets de nature spécifique a l'hôpital ou certains soins.

a- Rejets de nature spécifique à l'hôpital

Ces rejets spécifiques communs aux différents services de soins sont les produits désinfectants et antiseptiques, les rejets de germes pathogènes, les médicaments et les métaux lourds (mercure, argent).

En ce qui concerne les désinfectants et les antiseptiques, ils sont utilisés en masse dans un hôpital pour la désinfection des surfaces et celle du matériel médico-chirurgical. Les produits les plus utilisés sont principalement des dérivés chlorés (eau de Javel...), les produits contenant des aldéhydes (glutaraldéhyde: molécule toxique pour l'homme et l'environnement), la Bétadine (composé iodé), etc.

L'hôpital rejette également des germes pathogènes issus des personnes malades (*Pseudomonasaeruginosa*, ..) qui peuvent se retrouver dans les eaux vannes en ayant développé une résistance aux antibiotiques. En effet, les rejets médicamenteux (analgésiques, antibiotiques...) émis après métabolisation par les patients représentent une quantité importante.

A ces rejets, s'ajoutent aussi ceux des métaux lourds tels que le mercure et l'argent issus, pour l'un des bris des thermomètres à mercure (qui tendent à disparaître) et pour l'autre du service de radiologie (Coralie DARS et al, 2002, OIE).

b- Rejets spécifiques à certains soins

Certains services nécessitent l'utilisation de certains produits toxiques. C'est le cas:

- de l'hémodialyse (procédé lors duquel le sang du patient est épuré) qui rejette non seulement des toxines, mais également des produits chimiques (formol, eau de Javel, etc.), conséquence de la désinfection de l'appareil.
- du service de médecine nucléaire: ce service manipule des éléments radioactifs qui génèrent des déchets solides et liquides qui peuvent être susceptibles de dispersion. Les effluents radioactifs peuvent avoir deux origines : les services de thérapie et les services de diagnostic (laboratoires).
- des laboratoires et de la pharmacie: même si des précautions sont prises quant à la mise en containers de certains produits dangereux, il n'en reste pas moins qu'une petite partie (eau de lavage) est évacuée dans le réseau d'égout (Coralie DARS et al, 2002, OIE).

V- L'hémodialyse

1- Généralités

L'hémodialyse est une méthode de traitement largement utilisé pour épurer le sang en cas d'insuffisance rénale avancée, par la création d'un circuit de circulation extracorporelle et son passage dans une membrane semi-perméable appelée Dialyseur. Cette technique de traitement permet trois choses vitales pour le patient atteint d'insuffisance rénale :

- Retirer du sang les déchets produits par l'alimentation ;
- Equilibrer le bilan électrolytique sanguin ;
- Eliminer le surplus d'eau (Revue thématique, v VI, n°6, déc. 1998).

Chez un sujet sain, tout ceci est normalement réalisé par les reins 24h/24. Or, les insuffisants rénaux n'ont plus de rein fonctionnel. L'hémodialyse vient donc en remplacement, en moyenne lors de 3 séances de 4h par semaine. Ce traitement se poursuivra à vie ou jusqu'à la transplantation d'un rein.

Comme le montre la figure (1), les échanges entre le sang et le dialysat s'effectuent essentiellement par diffusion selon des gradients de concentration. Les pertes par convection (ou ultrafiltration), réalisées selon un gradient de pression sont essentiellement limitées à l'élimination d'un excès d'eau plasmatique.

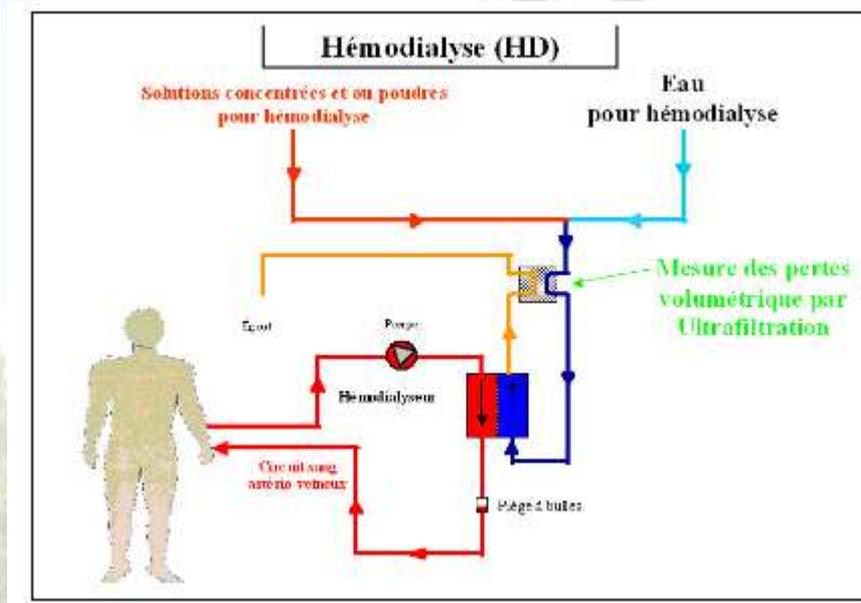


Figure1 :

Schématisation de la technique d'hémodialyse

2- L'eau pour l'hémodialyse

L'eau pour hémodialyse, élément principal entrant dans la composition du dialysat, est produite à partir de l'eau de ville. Cette eau subit différents traitements successifs (filtration, adoucissement, osmose inverse) pour éliminer au maximum les électrolytes, les métaux lourds, les micro-organismes et les autres impuretés.

L'eau pour hémodialyse sert à diluer extemporanément une solution concentrée d'électrolytes (une partie de concentré pour 35 parties d'eau) et à dissoudre des sels sous forme de poudre (bicarbonate de sodium) pour la préparation en continu du dialysat. Ce dernier, à un débit de 500 ml/min, est en contact avec le sang du malade au travers d'une membrane semi-perméable avant d'être éliminé à l'égout

Le traitement physico-chimique et microbiologique de l'eau est donc un processus essentiel dans la prévention des infections en hémodialyse. En effet, plusieurs épidémies d'infections bactériennes ou de réactions fébriles ont été décrites du fait de procédures inadéquates de traitement de l'eau et de désinfection des circuits (Sophie HERAULT MFE ,1999).

3- Composition du système de production d'eau

La chaîne de traitement d'eau (figure 2) se compose de la manière suivante :

- Un filtre de 10 μ ;
- Un adoucisseur d'une autonomie de 5m³;

- Deux filtres de charbon actif en série ;
- Un osmoseur Hémio-Trapéquipé de 2 modules d'osmose inverse à membranes composites ;
- D'un filtre 0,22 μ placé à l'entrée d'une boucle en polypropylène alimentant 4 postes de dialyses.

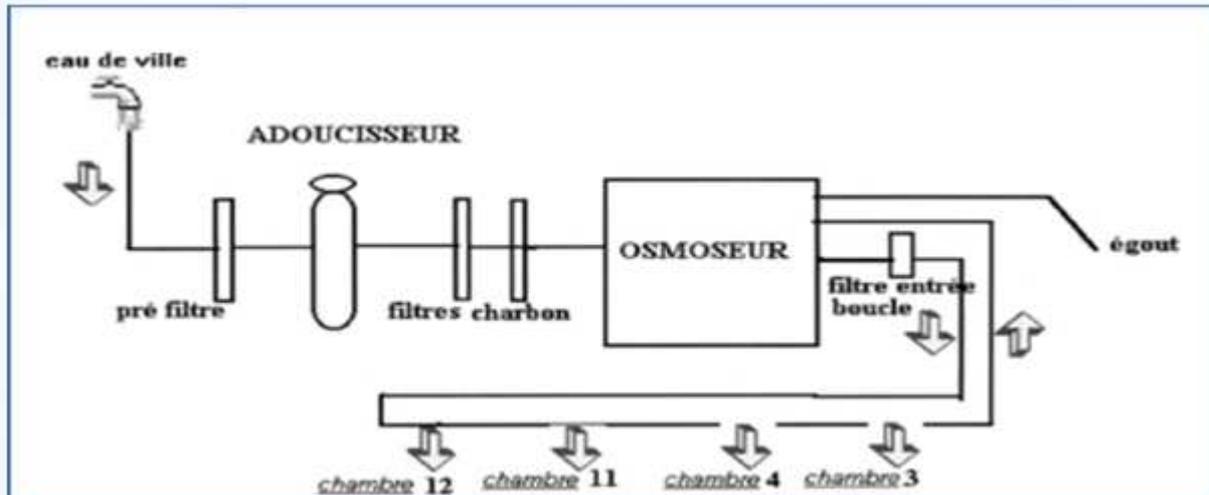


Figure 2 : Schéma de l'unité de production et de distribution d'eau de dialyse

4- Coûts énergétiques et écologiques de l'hémodialyse

Si l'hémodialyse est une technique très sophistiquée, elle nécessite un matériel important et du personnel hautement qualifié. C'est pour cette raison qu'on parle beaucoup du coût économique de la dialyse. En effet, un traitement d'hémodialyse approchant les 100 000 francs suisses par année (80 000 euros/an). Un autre aspect de la dialyse, à savoir son coût énergétique et son impact écologique serait souhaitable à aborder 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. 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 (Revu Med Suisse 2013;9:468-472).

L'impact énergétique et écologique de l'hémodialyse concerne essentiellement: la consommation d'électricité et de l'eau.

- **Consommation d'électricité et de l'eau: Exemple du cas du service de néphrologie du CHUV**

a- Consommation en énergie

Dans ce service, un appareil de dialyse consomme entre 600 et 700 watts ce qui représente la consommation en énergie d'un aspirateur (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. A cela devrait s'ajouter l'énergie consommée pour la production et le transport de tous ces matériaux hautement spécialisés (Agar 2010;15)

b- Consommation de l'eau

La production d'eau ultra-pure 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. Une séance d'hémodialyse de 4 heures utilise 120 litres d'eau ultra-pure. 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) (Tarrass, et al 2008,52).

Chap. III : Matériels et Méthodes

A- Type, lieu et période d'étude

Il s'agit d'une étude prospective, accomplie au laboratoire régional de diagnostic épidémiologique et d'hygiène du milieu (LRDEHM) de l'hôpital Al Ghassani de la ville de Fès, sur une période de 2 mois s'étalant du 1^{er} avril au 31 mai 2014.

B- Lieu, modalités et fréquence de prélèvements

Les échantillons ont été prélevés au centre d'hémodialyse de l'hôpital Al Ghassani de Fès, en aval du rejet de la double osmose inverse, à raison d'un jour/semaine et 3 fois par jour pendant 7 semaines, soit un total de 21 échantillons. Ôtés dans des bouteilles adaptées de 500 ml selon la norme NM. 03.7.051, les prélèvements sont été véhiculés dans une glacière gardée à une température de l'ordre de 4°C au LRDEHM pour être analysés.

C- Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques des échantillons doivent être effectuées dès leur réception au laboratoire. Dans le cas échéant, la mesure momentanée du pH et de la conductivité ainsi que le dosage des chlorures, sont réalisés ; les échantillons sont ensuite gardés et conservés au réfrigérateur réglé à $5\pm 3^{\circ}\text{C}$ après ajout du chloroforme (à raison de 1ml/L d'échantillon) pour assumer le lendemain le reste des analyses.

Les analyses physico-chimiques ont concerné :

- La mesure du potentiel d'hydrogène (pH) selon la méthode décrite dans la norme marocaine NM ISO10523 ;
- La mesure de la conductivité électrique selon la méthode décrite dans la norme marocaine NM ISO 7888 ;
- Le dosage des chlorures selon la méthode décrite dans la norme marocaine NM 03.7.024 (NF 9297 Février 2000ISO);
- Le dosage des nitrates selon la méthode décrite dans Rodier, version 2009 ;
- Le dosage des nitrites selon la méthode décrite dans la norme marocaine NM ISO 6777 (NF T 90-040 Septembre 1986);
- Le dosage des sulfates selon la méthode décrite dans la norme marocaine NM 03.7.026 ;
- Le dosage des orthophosphates selon la méthode décrite dans Rodier, version 2009.

1- Mesure du potentiel d'hydrogène (pH)

a- Principe

La méthode est basée sur l'utilisation d'un pH-mètre. Le pH-mètre est un voltmètre un peu particulier qui se caractérise par une très grande impédance d'entrée en raison de la forte résistance présentée par l'électrode de mesure.

b- Appareillage

Le matériel de mesure du pH se compose :

- d'un pH mètre équipé d'une électrode combinée ;
- d'un thermomètre intégré.

c- Mesure du pH

Elle consiste à :

- Rincer le vase, le barreau magnétique, l'électrode, avec de l'eau distillée puis avec l'échantillon ;
- Remplir le vase de mesure avec l'échantillon ;
- Faire la correction de température ;
- Immerger l'électrode et agiter en tenant compte des précautions habituelles ;
- Lire directement le pH lorsque la valeur s'est stabilisée.

a) Méthodologie de travail :

Pour chacun des échantillons proposés, veuillez à :

- Evaluer approximativement le pH à l'aide du papier pH ;
- Sélectionner les tampons convenant le mieux à l'étalonnage de l'appareil,
- Effectuer la standardisation et le réglage de la pente,

- Mesurer le pH de l'échantillon.

2- Conductivité électrique

a- Définition

La conductivité électrique permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée due au fait que la majorité des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions. Elle permet donc d'approcher la quantité de sels dissous dans l'eau (jean Rodier).

b- Réactifs

Les réactifs utilisés pour la mesure de la conductivité électrique sont :

- Solution de calibration de chlorure de potassium certifiée (si disponible) à 0,01mol/l (1413 μ s/cm ou 1408 μ s /cm \pm 0.5% à 25°C) ;
- Chlorure de potassium pour analyse.
- Eau distillée de conductivité inférieure à 2 μ s/cm à 25°C.

c- Mode opératoire

Il consiste à :

- Etalonner l'appareil selon la procédure de calibration et d'étalonnage du conductimètre;
- Rincer la cellule de mesure plusieurs fois avec de l'eau distillée, puis deux fois au moins avec l'échantillon d'eau à examiner ;
- Amener l'échantillon à analyser à 25°C à l'aide :
 - ✓ D'un bain- marie lorsque la température de l'échantillon est inférieure à 25°C ;
 - ✓ D'un réfrigérateur lorsque sa température est supérieure à 25°C ;
- Émerger complètement la sonde du conductimètre dans l'échantillon et veiller à ce qu'il n'y ait pas des bulles d'air entre les électrodes et que la température affichée soit de 25°C \pm 0,1 ;
- Noter et enregistrer la valeur mesurée.

d- Appareillage

Conductimètre

3- Dosage des chlorures

a- Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

b- Matériel

- Burette de 25 ml,
- Fiole d'Erlenmeyer,
- Fiole jaugée,
- Pipette graduée de 1 ml.

c- Réactifs

- Nitrate d'argent,

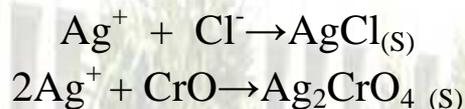
- Chromate de potassium,
- Chlorure de sodium,
- Acide nitrique,
- Hydroxyde de sodium,
- Carbonate de calcium,
- Mono hydrogénocarbonate de sodium.

d- Mode opératoire

Il consiste à :

- Introduire ($V_a = 100$ ml) d'eau à analyser dans un bécher de 250 ml,
- Vérifier le pH de l'échantillon,
- Si le pH de l'échantillon n'est pas compris entre 5 et 9,5 ; ajuster le pH en utilisant soit la solution de l'acide nitrique soit la solution de l'hydroxyde de sodium,
- Ajuster le pH de l'échantillon entre 6,5 et 7, s'il ya des ions ammonium à des concentrations supérieures à 10 mg/l,
- Ajouter 1 ml de la solution de chromate de potassium.
- Titrer l'échantillon en versant goutte à goutte la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une coloration brune rougeâtre (V_s). Après addition d'une goutte de chlorure de sodium cette coloration va disparaître.

e- Réactions mises en jeu



f- Expression des résultats

$$P_{\text{Cl}^-} = ((V_s - V_b) \times C \times f) / V_a$$

avec :

P_{Cl^-} : concentration en chlorure en mg/l

V_a : prise d'essai

V_b : chute de burette en ml pour le titrage du blanc

V_s : chute de burette en ml pour le titrage de l'échantillon

$C = C_{\text{AgNO}_3}$ en mol/l = 0,02 mol/l

$f = 35\,453$ mg/mol (masse molaire de l'élément chlore)

4- Dosage des nitrites « NO_2^- »

a- Définition

Les nitrites sont considérés comme polluant très nuisible à la santé de l'être humain et au animaux (le taux de NO_2 devient nocif quand il dépasse 0.5 mg/l). Le taux doit être contrôlé régulièrement. Un taux important survient en général lorsque l'eau est surchargée en matières

organiques, et les bactéries ne sont pas suffisantes pour les transformer en nitrates. Cela arrive aussi parfois lorsqu' on rajoute de nouvelles pierres vivantes (Jean Rodier).

b- Principe

L'acide sulfamilique en milieu chlorhydrique, en présence d'ion ammonium et de phénol forme avec les ions un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

c- Réactifs

- ✓ Ammoniaque pure (d=0,928) ;
- ✓ Réactif de Zambelli ;
- ✓ HCl ;
- ✓ Acide sulfamiliquePhénol ;
- ✓ Phénol cristallisé;
- ✓ Eau distillée ;
- ✓ Solution étalon mère de NO_2^- à 0,23.

d- Mode opératoire

On procède comme suit :

On prélève 50 ml d'eau à analyser, on ajoute 2 ml de réactif de Zambelli. On ajuste et on laisse reposer 10 min : on ajoute 2 ml d'ammoniaque, pure, on effectue la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 435nm.

La gamme d'étalonnage des nitrates est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 2: Gamme d'étalonnage des nitrites

Numéro de fiole	T	1	2	3	4	5
Solution fille étalon à 0,0023g/l en ml 2.3 ppm	0	1	5	10	15	20
Eau distillée (ml)	50	49	45	40	35	30
Réactif de Zambelli (ml)	2	2	2	2	2	2
Ammoniaque pure en ml	2	2	2	2	2	2
Correspondance en mg/l de NO_2^-	0	0,046	0,23	0,46	0,69	0,92

Etablissement de la courbe d'étalonnage

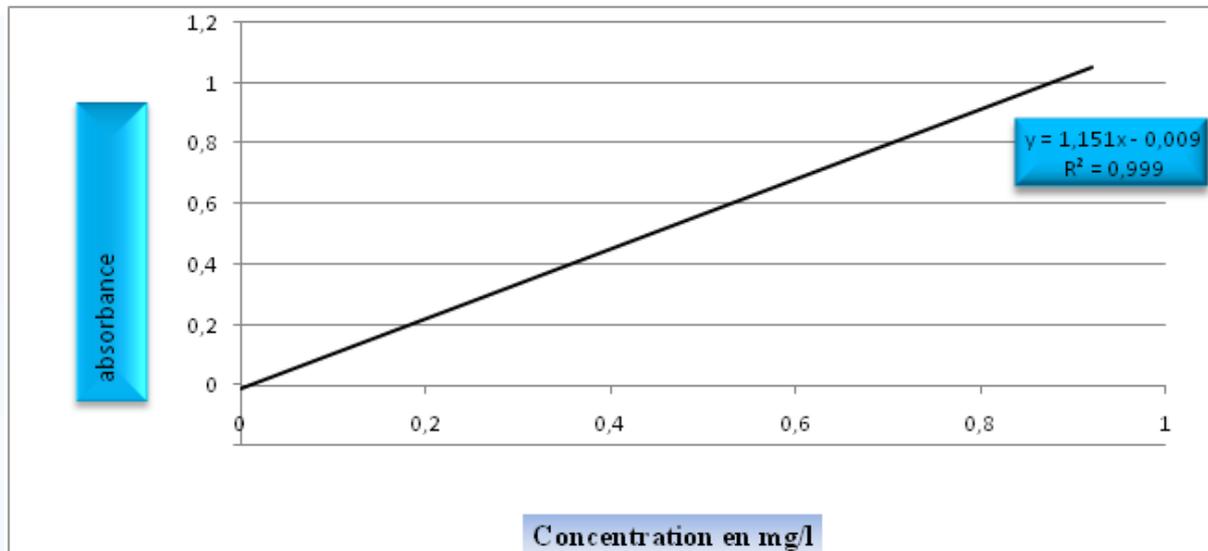


Figure 3 : courbe d'étalonnage des nitrites.

e- Expression des résultats

La courbe d'étalonnage $CNO_2 = f(A)$ donne directement la teneur en nitrates exprimée en mg/l d'eau.

5- Dosage des nitrates NO_3^- (Méthode au salicylate de sodium)

Les nitrates proviennent de la minéralisation de la matière organique : engrais azotés, résidus animaux, eaux usées domestiques et les stations d'épuration

a- Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates NO_3^- donnent de para-nitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptibles d'un dosage spectrophotométrie.

b- Réactifs

- ✓ Solution étalon d'azote nitrique à 0,1 g/l :
 - Nitrate de potassium anhydre KNO_3 -----0,0722g
 - Eau distillée -----100ml
 - Chloroforme (pour conserver) -----1ml
- ✓ Solution fille étalon d'azote nitrique à 0,005g/l
- ✓ Solution de salicylate de sodium à 0,5%
- ✓ Acide sulfurique concentré
- ✓ Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium :
 - Hydroxyde de sodium -----40g
 - Tartrate double de Na et de K -----6g
 - Eau distillée -----100ml

c- Appareil

- **Spectrophotomètre**

La gamme d'étalonnage des nitrites est représentée dans le tableau si dessous

Tableau 3 : Gamme d'étalonnage des nitrates

Numéro de fiole	T	1	2	3	4
Solution fille d'azote nitrique (ml)	0	1	2	5	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	5	0
Salicylate de sodium (ml)	1	1	1	1	1
Correspondance (mg/l) en azote nitrique	0	0,5	1	2,5	5

Etablissement de la courbe d'étalonnage

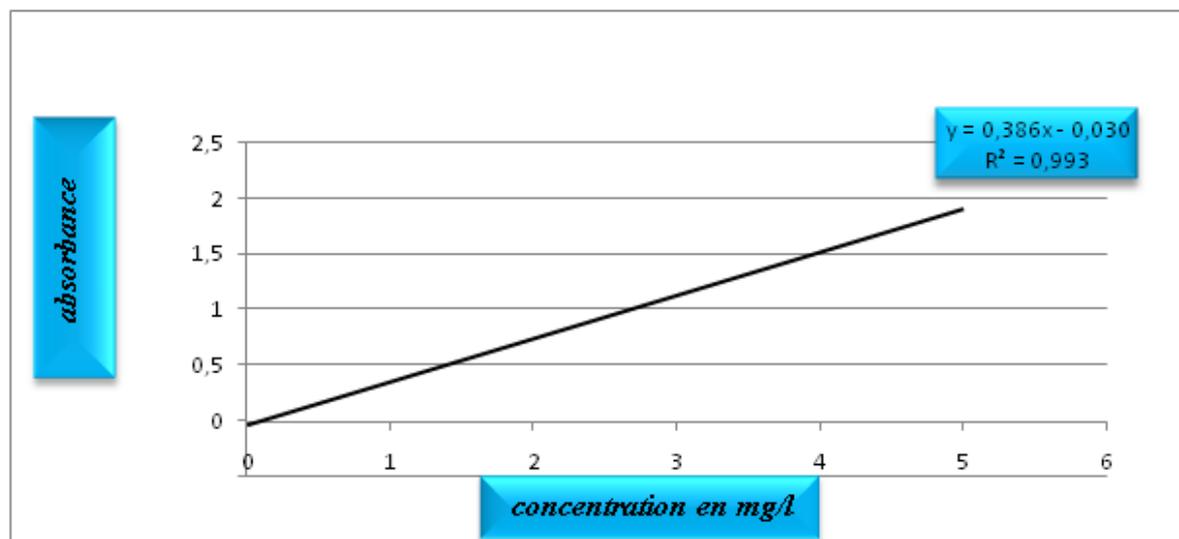


Figure 4 : courbe d'étalonnage des nitrates.

d- Mode opératoire

Il consiste à :

- Evaporer à sec à 80°C les solutions préparées y compris l'échantillon jusqu'à l'apparition d'un résidu sec ;
- Laisser refroidir, récupérer le résidu en ajoutant 2ml de H₂SO₄ concentré en ayant soin de l'humecter complètement ;
- Attendre 10min, puis ajouter 15ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double et NaOH : apparition de la coloration jaune ;
- Lire à la longueur d'onde $\lambda=415\text{nm}$.
-

e- Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 10ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligramme par litre d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrate, multiplier ce résultat par 4,43.

6- Dosage des orthophosphates

a- Objet

Il consiste à mesurer la concentration en orthophosphates minéraux, HPO_4^{2-} et H_2PO_4^- dans un échantillon d'eau.

b- Principe

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui réduit par l'acide ascorbique, et développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique. Certaines formes organiques pouvant être hydrolysés au cours de l'établissement de la coloration et donner des orthophosphates, le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

c- Appareil

Spectrophotomètre

d- Réactifs

- ✓ Solution d'acide sulfurique (5N),
- ✓ Solution de NaOH à 120g/l,
- ✓ Tartrate double d'antimoine et de potassium,
- ✓ Molybdate d'ammonium,
- ✓ Solution d'acide ascorbique à 20 g/l,
- ✓ Réactif combiné,
- ✓ Solution mère de phosphate à 50 mg,
- ✓ Solution fille étalon à 1mg/l de phosphore.

▪ **Tableau 4 : Gamme d'étalonnage d'orthophosphates**

Numéro de fiole	T	1	2	3	4	5
Solution fille étalon à 1 mg/l	0	1	5	10	15	20
Acide ascorbique	1	1	1	1	1	1
Réactif combiné	4	4	4	4	4	4
Eau distillée	20	19	15	10	5	0
Correspondance en mg/l de P	0	0,05	0,25	0,5	0,75	1

▪ **Etablissement de la courbe d'étalonnage :**

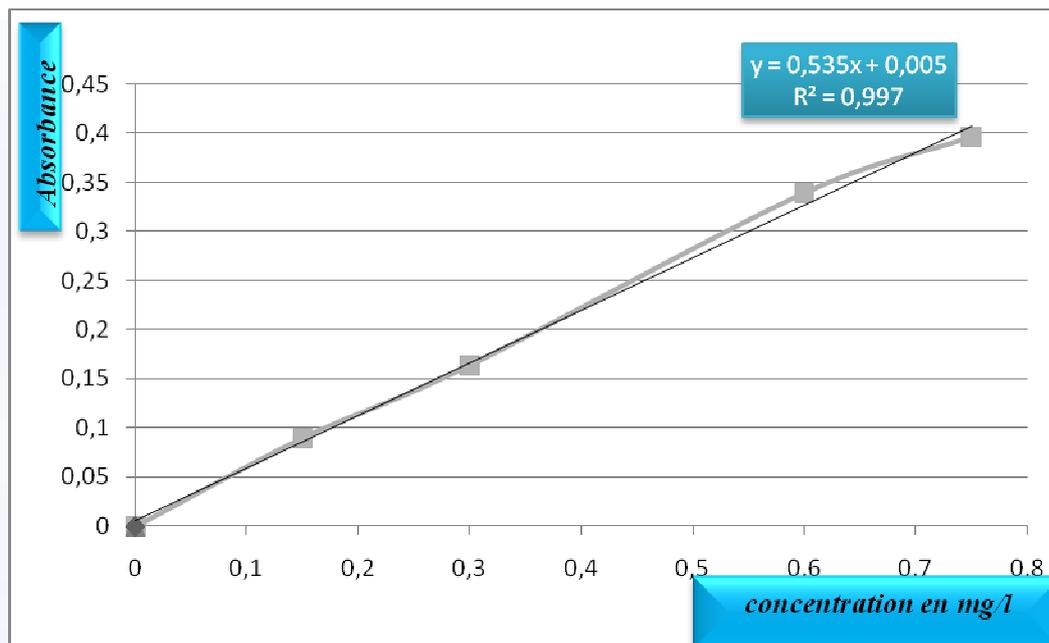


Figure 5: Courbe d'étalonnage des orthophosphates

e- Mode opératoire

Il consiste à :

- Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire (avec NaOH à 120g/l ou d'acide sulfurique 15%) ;
- Introduire 20ml d'eau dans une fiole jaugée de 25 ml puis l'ajout des réactifs.

f- Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 20ml, la courbe donne directement la teneur en orthophosphates en mg/l de phosphore.

7- Dosage des sulfates SO_4^{2-} (Méthode néphélométrique)

a- Principe

C'est la mesure des sulfates à l'aide d'un spectrophotomètre. Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de chlorure de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de Tween 20.

b- Réactifs

- Solution d'acide chlorhydrique au N/10 :
- Solution de tween 20 à 25% :
- Solution de chlorure de baryum stabilisée :
 - Chlorure de baryum ($\text{BaCl}_2, 2 \text{H}_2\text{O}$) -----
 - 10g
 - Solution de Tween -----
 - 20ml
 - Eau distillée -----
 - 100ml

- Solution étalon de sulfate de sodium à 120 mg/l de SO₄²⁻ :
 - Sulfate de sodium anhydre -----0,1775g
 - Eau distillée -----1000ml

▪ **Tableau 5 : Gamme d'étalonnage des sulfates :**

N° des fioles	T	1	2	3	4	5	6
Solution étalon de SO ₄ ²⁻	0	1	3	5	7	9	10
Eau distillée	39	38	36	34	32	30	29
HCl au 1/10	1	1	1	1	1	1	1
Solution chlorure de baryum	5	5	5	5	5	5	5
Correspondance en mg/l	0	3	9	15	21	27	30

Agiter 2 ou 3 fois énergétiquement, après 15min de repos, agiter a nouveau et faire la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 650nm.

▪ **Etablissement de la courbe d'étalonnage :**

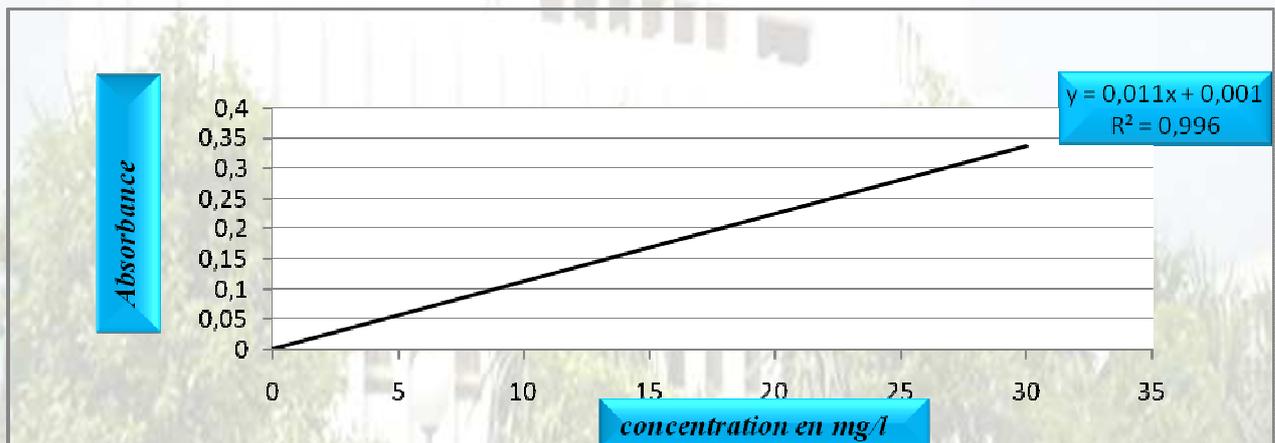


Figure 6 : courbe d'étalonnage des sulfates.

c- Mode opératoire

Dans un tube, introduire successivement :

- 39 ml d'eau à analyser,
- 1 ml d'acide chlorhydrique au 1/10,
- 5 ml de la solution de baryum + tween 20.

⇒ La réaction mise en jeu :



d- Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 39ml. La courbe donne la teneur en sulfate exprimée en ml/l de SO₄²⁻.

D- Outil Statistique

Lasaisie et letraitement des données ont étéfaitsà l'aide du programmeExcel.

Chap. V : Résultats et Discussion

Durant notre 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 à des fins d'arrosage, sans qu'ils ne subissent de traitement. Pour cela, nous avons réalisé 21 prélèvements (3 prélèvements par jours pendant 7 semaines) à partir desquels nous 7 composites ont été préparés (1 composite par jour obtenu par mélange 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.

Le tableau suivant montre les résultats de toutes les analyses réalisées

Tableau 6 : Résultats globaux des paramètres physico-chimiques

Echantillons et Mélanges	Potentiel Hydrogène	Conductivité (mS/cm)	Chlorures (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Sulfates (mg/l)	Orthophosphates (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

1- Potentiel hydrogène (pH)

Comme présenté dans le tableau 6 et en figure 7, la mesure du pH des échantillons a montré qu'ils étaient un pH maximal de 8,22 et un pH minimal de 7,12.

Le pH maximal des mélanges a varié entre 8,22 et 7,81

La comparaison des valeurs de pH trouvées aux limites d'acceptabilité de la réglementation nationale relative à l'irrigation, a montré que ces pH se situent tous entre 6,5 et 8,4, soient les limites inférieure et supérieure de la réglementation.



Figure 7: pH des mélanges

2- Conductivité électrique (mS/cm)

La mesure de la conductivité de tous les échantillons a révélé qu'elle variait entre 3,34 et 3,56mS/cm. Celle des mélanges présentée dans la figure 8 est classée entre 3.35 et 3.47 mS/cm.

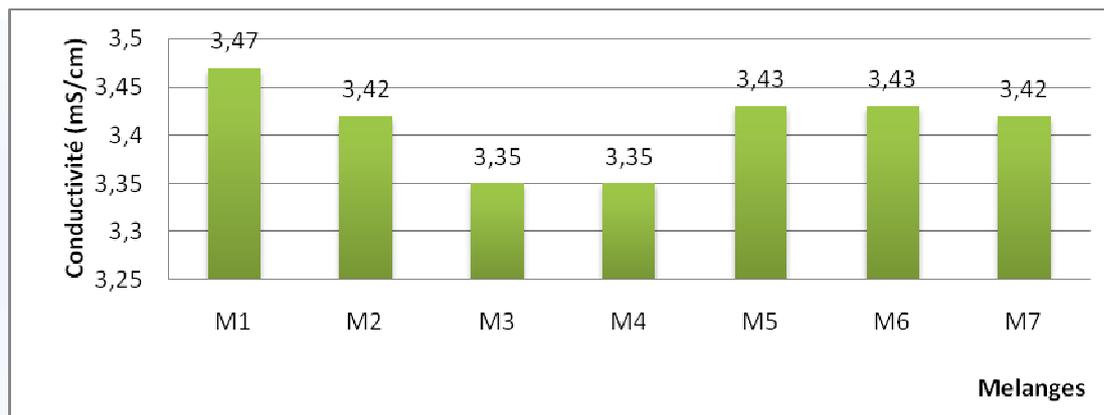


Figure 8: Conductivité électrique des mélanges

La conductivité des échantillons aussi bien prélevés que ceux obtenus par mélange, est très élevée. Elle dépasse de loin la limite supérieure stipulée par la réglementation relative à l'irrigation (soit $> 2,7$ mS/cm).

L'élévation de la conductivité est due probablement aux teneurs élevées d'autres paramètres non analysés comme le potassium et le sodium.

3- Dosages des chlorures

Le dosage des chlorures des échantillons et des mélanges analysés a montré des concentrations allant de 29,07 mg/l à 680,69 mg/l. Ces concentrations sont très élevées et dépassent la valeur limite fixée par la réglementation en vigueur (350 mg/l).

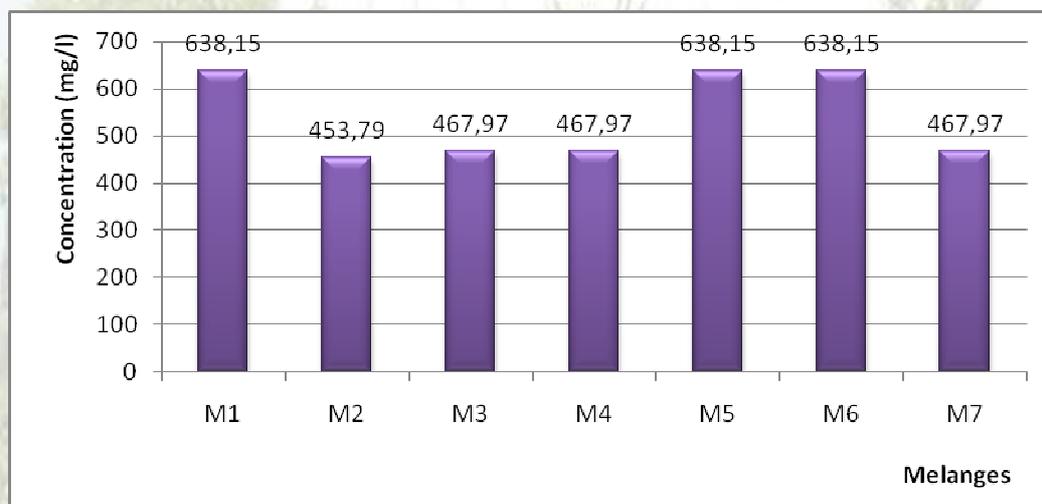


Figure 9: concentration de chlorures des mélanges

4- Dosages des nitrites

Le dosage des nitrites de tous les échantillons a montré qu'aucune concentration n'a dépassé la valeur maximale fixée par la réglementation nationale qui est de 0,5 mg/l, la concentration trouvée est comprise entre 0 et 0,03 mg/l.

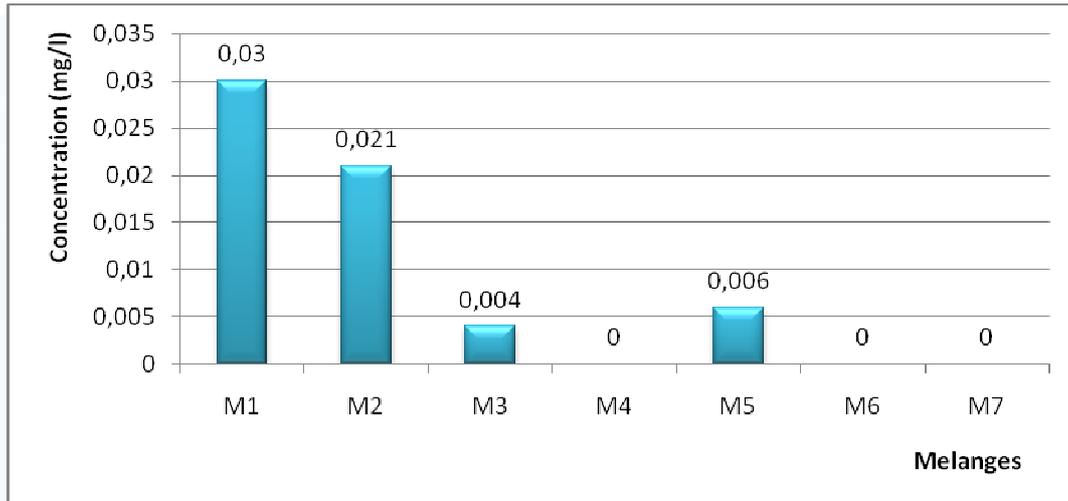


Figure 10: concertation en nitrites des mélanges

5- Dosages des nitrates

Le dosage des nitrates de tous les échantillons analysés a montré des valeurs allant de 2,137 à 72,87 mg/l, montrant un dépassement de la valeur limite stipulée par la réglementation nationale (30 mg/l).

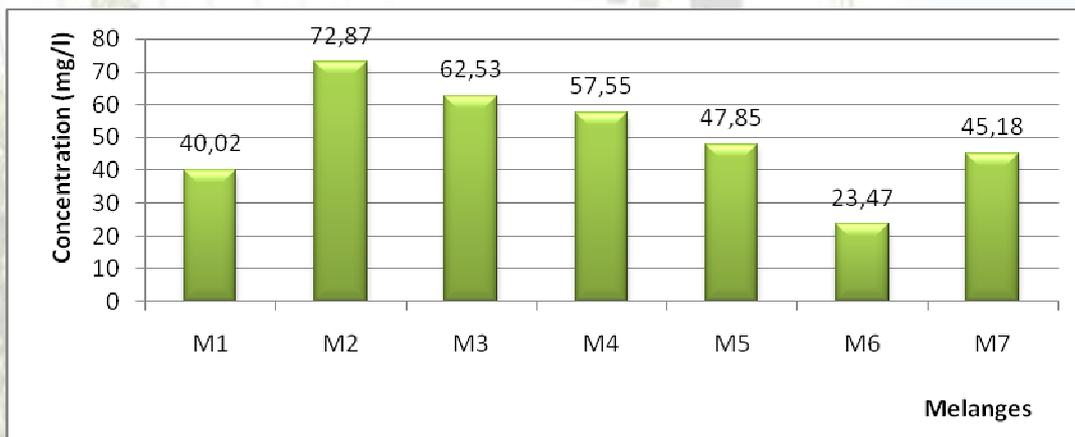


Figure 11: concentration des nitrates des mélanges

6- Dosage des sulfates

La concentration en sulfates des échantillons est rangée entre 10,47 et 505,21 mg/l, celle des composites a varié entre 139,56 et 217,82mg/l. La concentration maximale notée (505,21mg/l) excède la valeur limite fixée par réglementation (500 mg/l). Elle a été constatée au niveau d'un seul échantillon, soit l'échantillon Ech5.

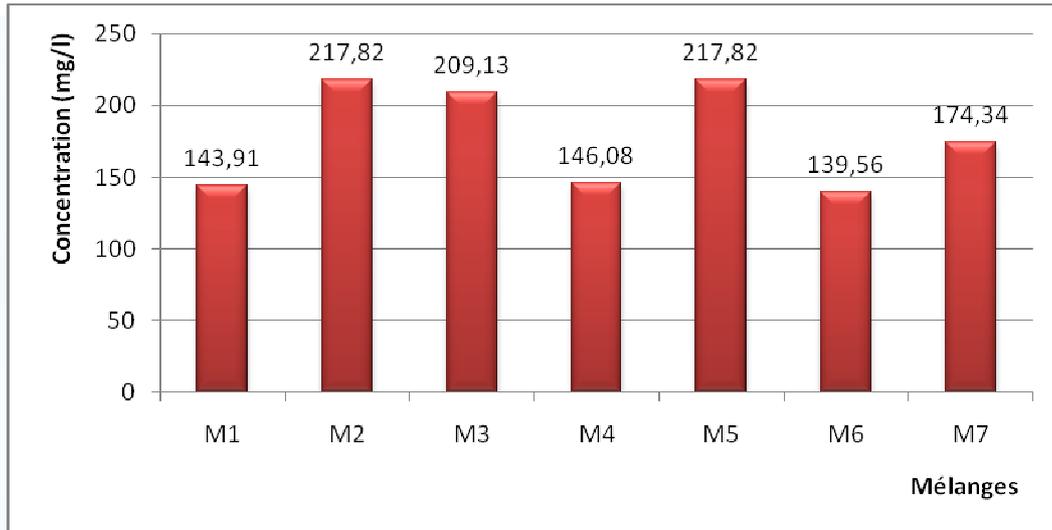


Figure 12: concentration en sulfate des mélanges

7- Dosages des orthophosphates

Le dosage des orthophosphates a révélé que tous les échantillons prélevés et ceux obtenus par mélange, ne contenaient pas d'orthophosphate.

A la suite des résultats obtenus, une comparaison globale aux limites d'acceptabilité, mentionnées dans la réglementation en vigueur relative à l'irrigation, a été réalisée. Elle a montré que :

- Un dépassement de la conductivité enregistrée puisqu'elle variait entre 3,34mS/cm à 3,56mS/cm (>2,7mS/cm) ;
- Un surplus de la concentration des sulfates au sein d'un échantillon, il a présenté une concentration > 500mg/l (soit 505,21 mg/l) ;
- Un excès de la concentration des chlorures, la concentration maximale a excédé 350 mg/l, pour atteindre 680,69 mg/l ;
- Un excédent de la concentration des nitrates de 14 échantillons analysés, le maximum noté était de 72,87 mg/l ;
- Le potentiel d'hydrogène, les nitrites et les orthophosphates, de tous les échantillons étaient comparables aux limites d'acceptabilité de la réglementation. En vigueur

D'après ces résultats, ces effluents ne peuvent être utilisés directement pour l'arrosage. Un traitement préalable permettant d'améliorer leur qualité est nécessaire.

Conclusions et recommandations

- ❖ Au terme de ce travail nous pouvons conclure que :
 - ✓ Le pH des échantillons varie entre 7,12 et 8,22
 - ✓ La conductivité électrique des échantillons a oscillé entre 3,34mS/cm à 3,56mS/cm ;

- ✓ Les chlorures ont été présents à une concentration allant de 29,27 et 680,69 mg/l ;
 - ✓ Les nitrates ont montré une valeur minimale de 2,137 et une valeur maximale de 72,87mg/l ;
 - ✓ Les nitrites ont été présents à une concentration qui ne dépasse pas 0.5mg/l ;
 - ✓ L'absence des orthophosphates dans tous les échantillons analysés ;
 - ✓ La concentration des sulfates était <250 mg/l pour la quasi-totalité des échantillons.
 - ✓ Le non usage des effluents pour l'irrigation, avant leur traitement.
- ❖ A la suite de ce travail, il est recommandé de ne pas recycler les effluents qu'après leur traitement et la réalisation d'un contrôle rigoureux permettant d'affirmer leur qualité et leur conformité aux fins utilisés.

Références bibliographiques

Agar JW. Conservation de l'eau et de l'application dans l'énergie solaire pour l'hémodialyse: «dialyse vert» par sage utilisation des ressources. Néphrologie (Carlton) 2010; 15:448-53.

Baumont S., Camard J.P., Lefranc A. & Francon A., 2002. Réutilisation des eaux usées épurées: risques sanitaires et faisabilité en Ile de France, Paris. pp 12 - 29.

Baumont S., Camard J.P., Lefranc A. & Francon A., 2002. Réutilisation des eaux usées.

Bechac, J.P., Mercier, B., Nuer, P.1983. Traitement des eaux usées. EYROLLES Pub.Paris 281p.

CCLIN Paris-Nord. 2002. Elimination des effluents liquides des établissements hospitaliers; Recommandations. Institut Biomédical des Cordeiens Pub. Paris. 55p

Chedad K. et Assobhei O., 2007. Etude de la survie des bactéries de contamination fécale (coliformes fécaux) dans les eaux de la zone ostréicole de la lagune d'Oualidia (Maroc). Bulletin de l'Institut Scientifique 29: 71-79.

Chevalier P., 2002. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine: Entérocoques et streptocoques fécaux. Institut national de santé publique du Québec, 5 p.

Coralie DARSY, Irène LESCURE, Véronique PAYOT et Géraldine ROULAND

Effluents des établissements hospitaliers : teneur en microorganismes pathogènes,

risques sanitaires, procédures particulières d'épuration et de gestion des boues, février 2002, OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU)

De Villers J., Squilbin M. & Yourassowsky C., 2005. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement. 16 p.

EMMANUEL E., BLANCHARD 3-M., KECK G., PERRODIN Y. Caractérisation chimique, biologique et éco toxicologique des effluents hospitaliers. Déchets Sciences et Techniques, revue francophone d'écologie industrielle, 2001, 22:31-33.

Fiche Techniques Hospitalières , n 477-478, juin-juillet 1985.

Habib et El Rhazi, 2007. Impact sanitaire de la réutilisation des eaux usées. Projet de fin d'études de License-SV, Université Cadi Ayyad Marrakech. 18 p.

JEHANNIN P. Caractérisation et gestion des rejets liquides hospitaliers -- Etude particulière de la situation du Centre Hospitalier de Hyères (Var). Mémoire de fin d'études, Ecole Nationale de la Santé Publique, Rennes, 1999, 71 p.

MANSOTTE F., et jus-me. Les rejets liquides des établissements de santé : Caractérisation à la source et impact sur l'environnement marin côtier. Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales de la Seine Maritime, Agence de l'Eau de la Seine Normandie, Nanterre, 2000, 73 p.

NF 9297 Février 2000 ISO, Eaux d'alimentation humaine - Mesure des chlorures

NF T 90-040 Septembre 1986, Eaux d'alimentation humaine - Détermination des nitrites
Méthode à la sulfanilamide

Pascal JEHANNIN. Caractérisation et Gestion des Rejets Liquides Hospitaliers – Etude particulière de la situation du C.H. d'Hyères (Var) – (Mémoire de fin d'études). Ecole Nationale de la Santé publique. 1999

Revue thématique : « Eau et établissements de soins » - HYGIENES, revue officielle de la Société Française d'Hygiène Hospitalière - Volume VI - n°6 - décembre 1998.

Revu Med Suisse 2013;9:468-472.

RICHARDSON M. L., BOWRON 3. M. The fate of pharmaceutical chemicals in the aquatic environment. J. Pharm. Pharmacol., 1985,37:1-12

RODIER J, L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, chimie, physicochimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats, Paris (France), Dunod, 1996, 1384 pages.

Sy S. et Tall S. P., 2003. Etude de réhabilitation de la station d'épuration de Saly Portugal. Projet de fin d'étude. Ecole Supérieur Polytechnique, Université Cheikh AntaDiop de Dakar, 139 p.

Sophie HERAULT, Proposition d'une démarche d'assurance qualité. Élaboration d'une méthode de suivi de la qualité de l'eau (Mémoire de fin d'études), Formation Ingénieur du Génie Sanitaire ,1999.

Tarrass F, Benjelloun M, O. Benjelloun recyclage des eaux usées après hémodialyse: Une analyse environnementale des sources d'eau alternatives dans les régions arides. Am J Kidney Dis 2008; 52:154-8.