

UNIVERSITE Saad DAHLAB – BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département des Sciences de l'Eau et Environnement

MEMOIRE DE MASTER

Filière :Hydraulique

Spécialité : Sciences de l'Eau

Thème

***Evaluation de la qualité physico-chimique et
bactériologique des eaux de la station de traitement pour
l'installation d'hémodialyse.***

(Cas du service d'hémodialyse de Frantz-Fanon)

-wilaya de Blida-

Présenté par :

- M^{elle} KARABERNOU Djamila
- M^{elle} REZIG Iméne

Devant le jury composé de :

S. BOUZOUIDJA	Maitre Assistant, U.de Blida	Présidente
N.MESSAOUD NACER	Maitre de conférences, U. de Blida	Examineur
M. KHOULI	Maitre Assistant, U. de Blida	Examineur
M.ANSER	Maitre de conférences, U. de Blida	Promotrice

Promotion **2016/2017**

المخلص:

يدور هذا البحث حول دراسة الجودة الفيزيائية-الكيميائية والبكتيريولوجية لمياه محطة المعالجة لمنشأة غسيل الدم الخاصة بمستشفى فرانتز فانون- ولاية البليدة.

تمت التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه الخامة والمعالجة حول عدة مؤشرات منها المحتملة الهيدروجين، الموصلية، التعكر، الكالسيوم، المغنيزيوم، القلوية كاملة، الكلوريد، السلفات وأخيرا مؤشرات التلوث.

تخص التحاليل البكتيريولوجية للمياه الخامة والمعالجة بكتيريا الكوليفورم (توتو وفيكو)، الستربتوكوك فيكو والكلوستريديوم سولفيتو-ريدكتوس.

من خلال مجمل النتائج التحاليل المتحصل عليها، نستخلص أن محطة معالجة المياه سمحت بالحصول على ماء معالج ذو جودة فيزيائية-كيميائية وبكتيريولوجية جيدة مطابقة للمعايير المعمول بها في منشأة غسيل الدم.

الكلمات الرئيسية: البكتيريا، الفيزيائية الكيميائية، الكربون منشط، المنقي، تصفية، راتنجات، غسيل الدم.

Abstract:

The present work concerns the study of the physicochemical and bacteriological quality of water treatment plant for the hemodialysis plant Frantz Fanon hospital(W.Blida).

Physicochemical analyzes of raw and treated water covers several parameters, namely the pH, conductivity, turbidity, calcium, magnesium, TAC, chlorides, sulphates and finally pollution parameters.

The bacteriological analyzes of raw and treated water concern coliform bacteria (total and fecal), fecal streptococci and clostridium sulfite -reductus.

From all the outcomes analyzes obtained, we can conclude that water treatment plant has made it possible to obtain treated water of good physicochemical and bacteriological quality in accordance with the norms targeted for the hemodialysis installation.

Keywords:activated carbon,bacteria,filter, hemodialysis,softener, physicochemical, resins.

Résumé :

Ce travail, concerne l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la station de traitement de l'installation d'hémodialyse de l'hôpital Frantz Fanon (W .Blida).

Les analyses physico-chimiques des eaux brutes et des eaux traitées ont porté sur plusieurs paramètres, à savoir, le pH, la conductivité, la turbidité, le calcium, le magnésium, le TAC, les chlorures, les sulfates et enfin les paramètres de pollution.

Les analyses bactériologiques des eaux brutes et traitées concernent les bactéries coliformes (totaux et fécaux), les streptocoques fécaux et les clostridium sulfite-réducteurs.

D'après l'ensemble des résultats d'analyses obtenus, nous pouvons conclure que la station de traitement des eaux a permis d'obtenir une eau traitée de bonne qualité physico-chimique et bactériologique conforme aux normes des eaux destinées à l'installation d'hémodialyse.

Mots clés : adoucisseurs, bactéries, charbon actif, filtre, hémodialyse, physico-chimique, résines.

Remerciement

A la fin de ce mémoire, nous tenons à remercier :

« ALLAH » le tout puissant de nous avoir donné le courage, la force et la volonté pour réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier vivement du fond du cœur nos parents, et notre promotrice : M^{me} Anser, pour son encadrement et ses précieux conseils, qui a été notre guide tout le long de ce travail.

Nous exprimons aussi notre vive reconnaissance au personnel du service d'hémodialyse de l'hôpital Frantz fanon, Nous pensons particulièrement à Mr BOUHADJA Rachid, pour son aide, sa disponibilité et ses orientations tout au long de notre stage.

Sans oublier le responsable Mr. TFAHI Djamel du laboratoire d'hygiène de la wilaya, qui nous a permis de réaliser nos analyses.

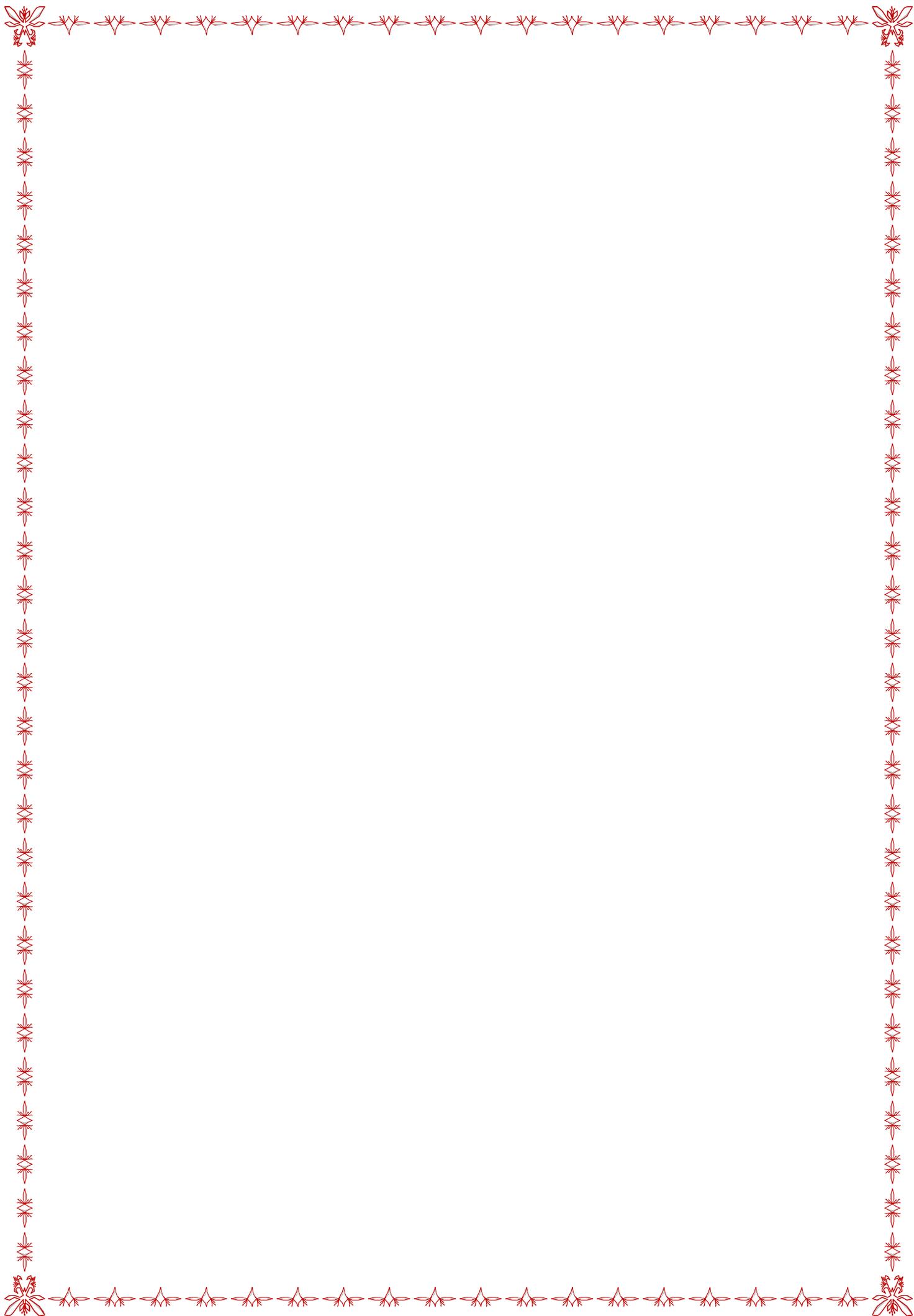
Au personnel du laboratoire de l'ADE, Pour leur contribution précieuse à ce travail, leur sympathie et leur solidarité à notre égard.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nos remerciements s'étendent également à tous nos enseignants durant les années des études.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragées au cours de la réalisation de ce mémoire.





Dédicaces

*Je tiens tout d'abord à Remercier le bon Dieu de m'avoir aidé
à réaliser ce travail, que je dédie :*

✚ *A celle qui m'a toujours soutenu durant toute la longue durée de
mes études, m'a toujours encouragé, et qui a tous sacrifié pou
moi « ma chère Mère », ainsi que mon cher père « Ahmed ».*

✚ *Sans oublier mon frère « Mohamed », à qui je lui dis mille fois
merci de son aide, et mon chère camarade « Abdou » pour être
tout le temps présent pour m'encourager, Sans oublier ma chère
mère « Leïla », et toute la famille « REZIG » sans exception.*

✚ *Ma binôme « KARABERNOU Djamila » et sa famille.*



DEDICACES

Je dédie ce mémoire :

À mes chers parents qui m'ont soutenu durant toute la période de mes études.

À mon cher frère Mohamed et ma chère sœur Razika.

Et petite charment Mohamed ayemen.

À tous mes oncles et mes tantes et à toute la famille.

À mes cousines et cousins.

À mes meilleurs amis Sara, fatima Zahra, ahlem, djaafer, Hichem, Mohamed.

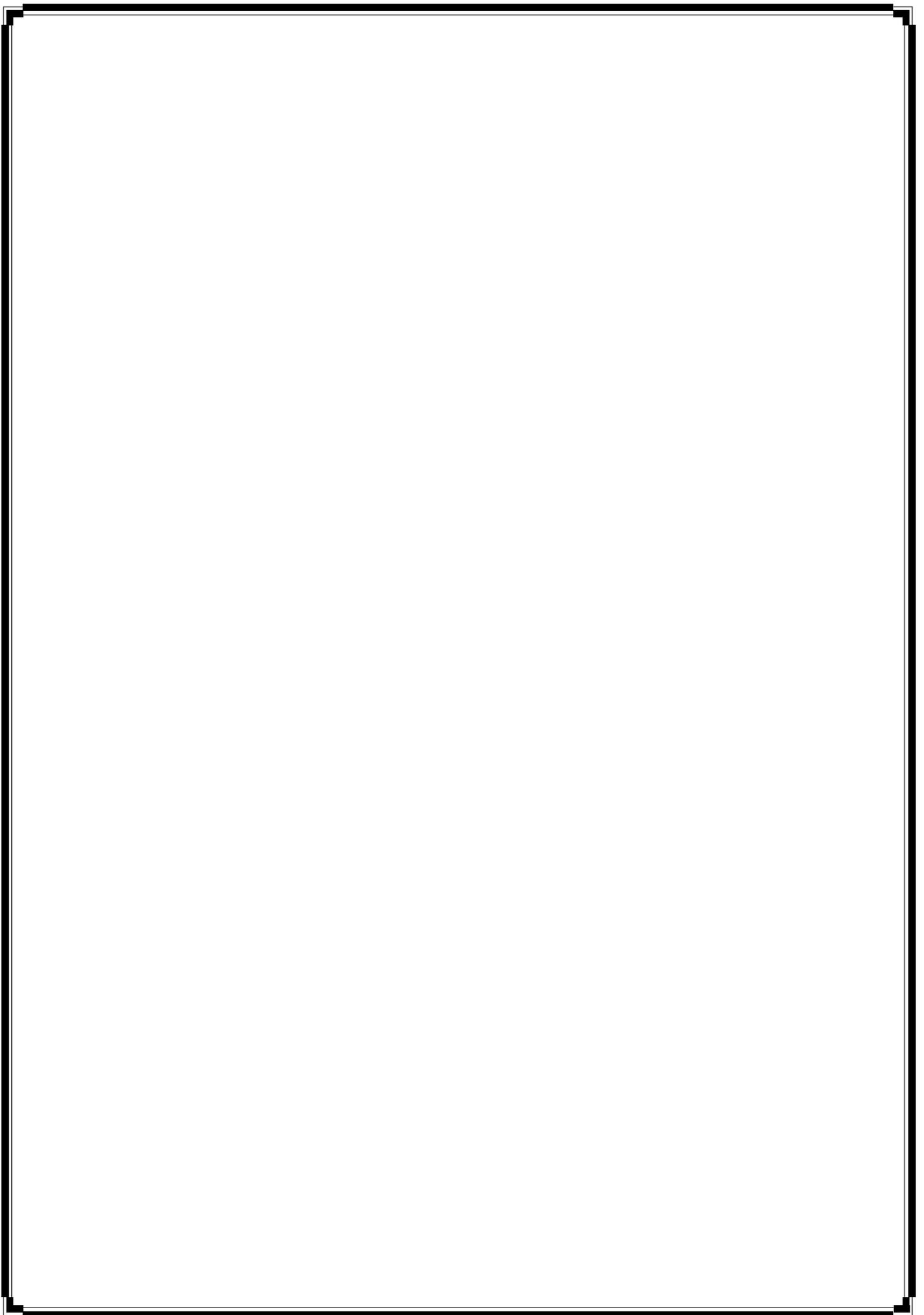
Et à tous ceux qui me connaissent.

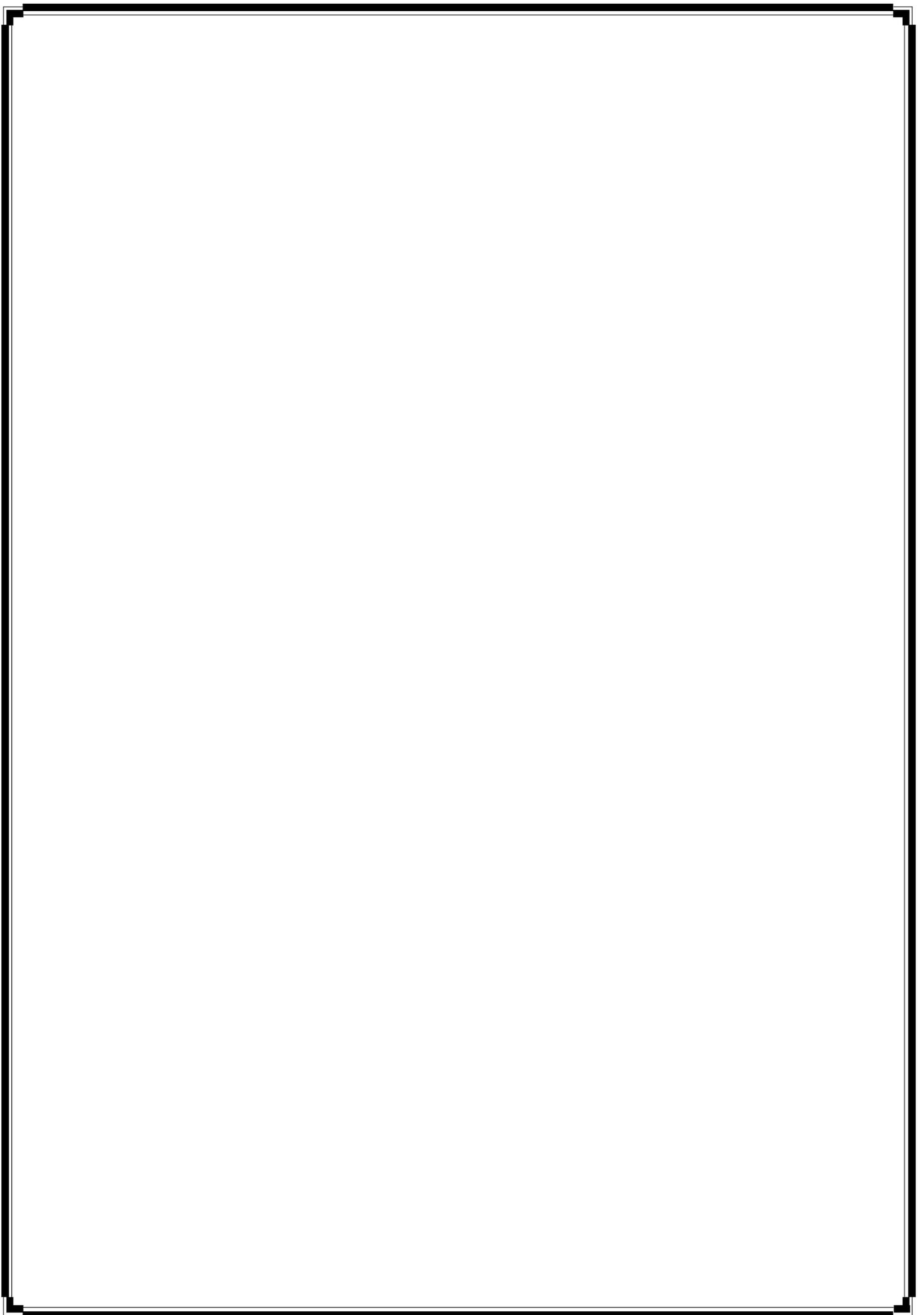
À ma binôme iméne et sa famille.

À tous mes professeurs.

À toute la section sciences de l'eau sans exception.

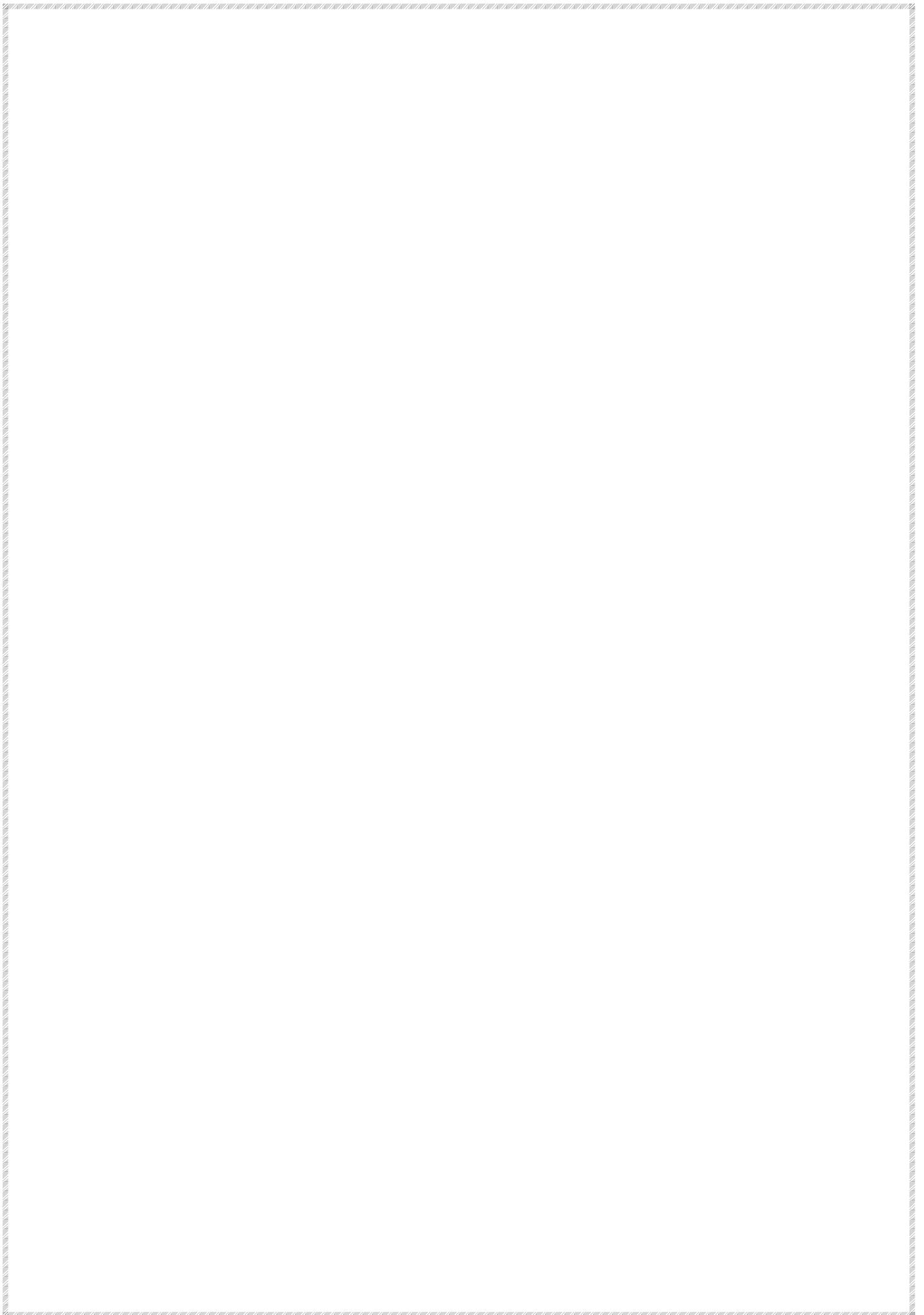






Liste des Tableaux

N° de Tableau	« Titres des Tableaux »	N° de Page
Tableau (I.1)	Les caractéristiques générales des eaux superficielles	4
Tableau (I.2)	Les caractéristiques générales des eaux souterraines	14
Tableau (I.3)	Les normes Algériennes des eaux potables pour les paramètres organoleptiques	17
Tableau (I.4)	Les normes Algériennes des eaux potables pour les paramètres physico-chimiques	19
Tableau (I.5)	Les normes Algériennes des eaux potables pour les substances indésirables.	19
Tableau (I.6)	Les normes Algériennes des eaux potables pour les substances toxiques	20
Tableau (I.7)	Les normes Algériennes de la qualité microbiologique de l'eau potable	20
Tableau (II.1)	Les effets toxiques de certains éléments chimiques pour le patient	22
Tableau (II.2)	Fonctionnement du filtre à sable	25
Tableau (II.3)	Facteurs influençant sur l'efficacité des modules d'osmose inverse	38
Tableau (II.4)	Avantages et inconvénients des différents types de désinfection	40
Tableau (II.5)	Caractéristiques physico-chimiques et les normes des eaux destinées à l'hémodialyse	41
Tableau (II.6)	Les valeurs fixées pour la qualité microbiologique d'une eau destinée à l'hémodialyse	42
Tableau (III.1)	Composition de la solution concentrée acide en g/l	61
Tableau (IV.1)	Les points de prélèvement des échantillons d'eaux au service d'hémodialyse	64
Tableau (V.1)	Les résultats bactériologiques de l'eau de brute	84
Tableau (V.2)	Les résultats bactériologiques de l'eau traitée	85



Liste des Figures

N° de Figure	« Titres des Figures »	N°de Page
Figure (I.1)	Dégrillage –tamisage	6
Figure (I.2)	Coagulation –floculation	7
Figure (I.3)	La filtration	8
Figure (I.4)	La filtration sur charbon actif	8
Figure (I.5)	La désinfection	9
Figure (I.6)	Le stockage	10
Figure (I.7)	Nappe libre.	11
Figure (I.8)	Nappe captive.	11
Figure (I.9)	Nappe alluviale.	12
Figure (I.10)	Nappe phréatique.	13
Figure (II.1)	Principe de l'hémodialyse	21
Figure (II.2)	Schéma d'un Filtre à sable.	24
Figure (II.3)	Schéma d'un charbon actif	26
Figure (II.4)	Principe de l'adsorption sur charbon actif	26
Figure (II.5)	Les (3) actions des filtres à charbon actifs	27
Figure (II.6)	Schéma d'un adoucisseur	28
Figure (II.7)	Mécanisme d'échange en adoucissement.	29
Figure (II.8)	principe de l'adoucissement	29
Figure (II.9)	Principe de régénération des adoucisseurs	30
Figure (II.10)	Le principe d'osmose et d'osmose inverse	32
Figure (II.11)	Ecoulement du fluide à travers une membrane d'osmose inverse	33
Figure (II.12)	Module tubulaire	36
Figure (II.13)	Module plan	36
Figure (II.14)	Module spirale	37
Figure (II.15)	Module fibre creuse.	38

Figure (III.1)	Service hémodialyse	44
Figure (III.2)	Salle d'hémodialyse	45
Figure (III.3)	Schéma générale de la chaîne de traitement de l'eau pour l'installation d'hémodialyse de l'hôpital Frantz Fanon-Blida	47
Figure (III.4)	Château d'eau de l'hôpital Frantz Fanon	48
Figure (III.5)	La chaîne de traitement d'eau destinée à l'hémodialyse	49
Figure (III.6)	La cuve de stockage	50
Figure (III.7)	La pompe de captage	50
Figure (III.8)	Le filtre à cartouche (100 μm)	51
Figure (III.9)	Le filtre à sable	52
Figure (III.10)	Boîte de contrôle électrique (filtre à sable)	52
Figure (III.11)	Le filtre à charbon actif	53
Figure (III.12)	Les adoucisseurs	54
Figure (III.13)	Boîte de contrôle électrique (adoucisseur)	55
Figure (III.14)	Un débitmètre générateur d'impulsion	55
Figure (III.15)	La cuve de saumurage	56
Figure (III.16)	Filtre à cartouche (1 μm)	56
Figure (III.17)	Poste d'osmose inverse	58
Figure (III.18)	Réservoir de la solution désinfectante	59
Figure (III.19)	Module de commande	60
Figure (III.20)	Générateur d'hémodialyse	62
Figure (V.1)	Graphique représente la variation du pH en période d'analyse.	74
Figure (V.2)	Graphique représente la conductivité en période d'analyse.	75
Figure (V.3)	Graphique représente la turbidité en période d'analyse.	76

Figure (V.4)	Grappe représente la dureté en période d'analyse.	77
Figure (V.5.1)	Grappe représente les concentrations du calcium en période d'analyse.	78
Figure (V.5.2)	Grappe représente les concentrations du magnésium en période d'analyse.	78
Figure (V.6)	Grappe représente le TAC en période d'analyse.	79
Figure (V.7)	Grappe représente les concentrations des sulfates en période d'analyse.	80
Figure (V.8)	Grappe représente les concentrations des chlorures en période d'analyse.	81
Figure (V.9.1)	Grappe représente les teneurs de M. organique en période d'analyse.	82
Figure (V.9.2)	Grappe représente les concentrations des phosphates en période d'analyse.	82
Figure (V.9.3)	Grappe représente les concentrations d'ammonium en période d'analyse.	83
Figure (V.9.4)	Grappe représente les concentrations des nitrates en période d'analyse	83

Liste des abréviations

Abs :Absence

BCPL : Bouillon Pourpre De Bromocrésol

Ce : conductivité électrique

CF : coliformes fécaux

CT : coliformes totaux

D/C :Double Concentration

EDTA :Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique

E. coli :Escherichia coli

F° :Degré Français

GT : germes tests

JORA :Journal Officielle de République Algérienne

NPP : Nombre le plus Probable

NTU :Néphélogétry Turbidity Unit

OI :Osmose Inverse

pH :Potentiel Hydrogène

PVC :Polychlorure de vinyle

S/C: Simple concentration

SD : Solution de dialyse

TA : Le titre alcalimétrique

TAC : Le titre alcalimétrique complet

TH : Le titre hydrométrique



Sommaire

N° page :

❖ Introduction générale.....	1
------------------------------	---

Chapitre (I) :« Généralités sur les eaux naturelles »

I.1.Généralités sur les eaux de surface.....	3
I.1.1.Origine des eaux de surface.....	3
I.1.2.Caractéristiques des eaux superficielles.....	3
I.1.3.Potabilité des eaux de surface.....	5
I.1.4.Le traitement des eaux de surface.....	5
I.1.4.1.Les prétraitements.....	5
1) Le dégrillage.....	5
2) Le tamisage	5
3) pré-décantation.....	6
4) La pré-oxydation.....	6
I.1.4.2.Traitement de clarification	6
1) Flocculation et coagulation.....	6
2) Décantation.....	7
3) Filtration.....	7
I.1.4.3.Traitement d'affinage.....	8
❖ L'affinage par charbons actifs.....	8
I.1.4.4.La désinfection.....	9
I.1.4.5.Réservoir.....	9
I.2.Généralités sur les eaux souterraines.....	10
I.2.1.Les différents types de nappes.....	10



1) Nappe active (ou nappe libre).....	10
2) Nappe captive.....	11
3) Nappe alluviale.....	12
4) Nappe phréatique.....	12
I.2.2. Différents types d'eaux souterraines.....	13
a) Les eaux minérales naturelles.....	13
b) Les eaux sources.....	13
I.2.3. Caractéristiques des eaux souterraines.....	13
I.2.4. Potabilité des eaux souterraines.....	15
I.2.5. Traitement des eaux souterraines.....	15
I.2.5.1. Désinfection par des agents chlorés.....	15
I.2.5.2. Désinfection par L'ozone.....	16
I.3. Principaux critères de la qualité des eaux.....	16
I.3.1. Critères organoleptiques.....	16
I.3.2. Critères physico-chimiques.....	17
I.3.3. Critères concernant les substances indésirables.....	19
I.3.4. Critères concernant les substances toxiques.....	19
I.3.5. Critères microbiologiques.....	20
<i><u>Chapitre (II) : « Les procédés de traitement d'eau pour l'hémodialyse »</u></i>	
II.1. Généralités sur l'hémodialyse.....	21
II.1.1. Qu'est-ce que l'hémodialyse ?.....	21
II.1.2. Qu'est-ce que le dialysat ?.....	22
II.2. L'eau pour l'hémodialyse.....	22
II.2.1. Effet d'une mauvaise qualité de l'eau en hémodialyse.....	22
a) Effet d'une mauvaise qualité chimique.....	22



b) Effet d'une mauvaise qualité bactériologique de l'eau.....	23
II.3. Les procédés de traitement d'eau pour l'hémodialyse.....	23
II.3.1. Les prétraitements.....	23
A) La filtration.....	23
❖ <u>Filtration sur sable</u>	23
Principe Général du filtre à sable.....	24
Quand et pourquoi faire un lavage du filtre à sable ?.....	25
❖ <u>Filtration sur charbon actif</u>	25
Principe de l'adsorption sur charbon actif.....	26
Facteurs qui influencent l'exécution du charbon actif dans l'eau.....	27
B) Adoucissement.....	28
Le principe de fonctionnement de l'adoucisseur.....	29
Nettoyage de la résine de l'adoucisseur.....	30
II.3.2. Le traitement par l'osmose inverse.....	32
a) Principe de l'osmose inverse.....	32
b) Les membranes d'osmose inverse.....	33
❖ Caractérisation des membranes.....	34
❖ Classification des membranes.....	34
c) Modules d'osmose inverse.....	35
d) Les facteurs influençant l'efficacité des modules d'osmose inverse.....	38
e) Les critères de choix d'un module d'O-I.....	39
II.3.3. La distribution.....	39
II.3.4. Désinfection de l'installation de traitement d'eau.....	39
II.4. Qualité de l'eau pour dilution des solutions concentrées en	
hémodialyse.....	40
II.4.1. Principaux critères de la qualité.....	41



❖ Critères physico-chimiques.....	41
❖ Critères microbiologiques.....	42
II.5.Maintien de la qualité de l'eau.....	42
II.5.1.Désinfection des adoucisseurs.....	43
II.5.2.Changement des cartouches de charbon actif.....	43
II.5.3.Le contrôle d'efficacité de l'osmose inverse.....	43
II.5.4.Désinfection de la boucle de distribution.....	43

Chapitre (III) : « Présentation de la chaine de traitement d'eau »

III.1.But du projet.....	44
III.2.Historique du service.....	44
III.3.Présentation du service d'hémodialyse de l'hôpital Frantz fanon.....	44
III.3.1.La capacité d'accueil.....	45
III.3.2. Objectif du traitement d'eau (service d'hémodialyse).....	45
III.3.3. La station de traitement d'eau service d'hémodialyse).....	46
III.3.4. Descriptions de la chaine de traitement d'eau.....	48
III.3.4.1. Captage et pompage de l'eau.....	48
III.3.4.2. La cuve de stockage.....	49
III.3.4.3. Les étapes principales du traitement d'eau en hémodialyse.....	50
A) Les prétraitements.....	50
❖ La microfiltration.....	51
❖ Le filtre à sable.....	51
❖ L'adsorption sur charbon actif.....	52
❖ L'adoucissement.....	53
➤ La régénération.....	56
➤ Système de saumurage.....	56



B)Le traitement par l'osmose inverse.....	57
❖ Caractéristiques techniques.....	58
❖ Procédure de décalcification.....	59
❖ Module de commande.....	59
❖ Maintenance.....	60
C) Distribution.....	61
III.3.5.Eau pour dilution des solutions concentrées d'hémodialyse.....	61
<u>Chapitre (IV) : « Matériels et méthodes »</u>	
IV.1.Echantillonnage.....	63
IV.2. Prélèvements.....	63
IV.3. Matériels.....	65
IV.3.1. Appareillages.....	65
IV.3.2. Verreries.....	65
IV.3.3. Les réactifs utilisés.....	66
IV.4. Méthodologie.....	68
IV.4.1. Les analyses physico-chimiques	68
1) Mesure du pH.....	68
2) Mesure de la conductivité.....	68
3) Mesure de la turbidité.....	68
4) La dureté totale.....	69
5) Dosage du calcium et magnésium (Ca ²⁺ et Mg ²⁺).....	69
6) Détermination de l'alcalinité.....	69
7) Dosage des chlorures.....	70
8)Dosage des sulfates (SO ₄ ²⁻).....	70
9)Les paramètres de pollutions : (M.O, PO ₄ ³⁻ , NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻).....	70



❖ La matière organique (MO.....)	71
❖ Dosage des phosphates (PO_4^{3-}).....	71
❖ Dosage de l'ammonium (NH_4^+).....	71
❖ Dosage des nitrates (NO_3^-).....	71
❖ Dosage des nitrites (NO_2^-).....	71
IV.3.2. Les analyses bactériologiques.....	72
1) Recherche et dénombrement des bactéries coliformes (totaux et fécaux).....	72
2) Recherche et dénombrement des streptocoque fécaux (groupe D).....	72
3) Recherche et dénombrement des spores d'anaérobies sulfito-réducteurs.....	73

Chapitre (V) : « Résultats et interprétation »

V.1. Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques.....	74
V.1.1.variation du pH.....	74
V.1.2.variation de la conductivité.....	75
V.1.3.Variation de la turbidité	76
V.1.4.Variation du TH.....	77
V.1.5.Variation de la concentration du calcium et du magnésium.....	78
V.1.6.Variation de l'alcalinité.....	79
V.1.7.Variation des sulfates.....	80
V.1.8.Variation des chlorures.....	81
V.1.9.Variation des paramètres de pollutions : (MO , PO_4^{3-} , NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-)	82
V.2.Résultats et interprétations des analyses bactériologiques.....	84
V.3.Discussion générale.....	86
❖ Conclusion générale.	
❖ Références bibliographiques.	
❖ Annexes (a).	
❖ Annexes (b).	

L'eau est un élément essentiel au fonctionnement des établissements de santé, mais elle peut constituer une source d'infections graves, en cas de contamination particulièrement pour les patients les plus fragiles, et en particulier les personnes dialysées. [1]

En hémodialyse, l'eau constitue la matière première, le support d'échange, indispensable à chaque séance de dialyse, participant à l'épuration du sang du patient lors de son traitement. Elle compose à 95% du dialysat et constitue un élément essentiel dans le traitement de l'insuffisance rénale.

La qualité de l'eau utilisée pour diluer les solutions concentrées de dialyse constitue un élément essentiel de l'efficacité et de la sécurité de cette thérapie. L'eau utilisée pour cette préparation ne peut être simplement celle du robinet, car elle contient des substances organiques et inter-organiques néfastes, et sa composition saline est plutôt instable, puisqu'elle peut varier d'un jour à l'autre, influençant le comportement final de la solution de dialyse. [2]

La bonne qualité de l'eau qui arrive aux machines de dialyse est essentielle pour la sécurité des patients. Cette eau doit donc subir un traitement spécial avant d'arriver aux générateurs d'hémodialyse.[3]

Cette eau doit être d'une haute qualité physico-chimique et bactériologique dans la préparation de la solution de dialyse.

L'hôpital Frantz fanon de Blida possède un service d'hémodialyse, avec une chaîne de traitement pour la production d'eau pure. Alors la question qui se pose est : est-ce que ce service arrive à produire une eau pure conforme aux normes des eaux destinée pour l'installation d'hémodialyse?

L'objectif de notre étude a été d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la station de traitement au sein du service d'hémodialyse de l'hôpital Frantz-Fanon de Blida, en suivant son fonctionnement (surveillance et contrôle) et en analysant l'eau brute et l'eau traitée.

Dans cette optique, le travail est présente en deux parties essentielles :

- ✚ Une partie théorique, abordant, des généralités sur les eaux naturelles, ainsi que les procédés de traitement d'eau destinée pour l'installation d'hémodialyse.
- ✚ Une partie pratique, qui présente la chaine de traitement des eaux destinées à l'installation d'hémodialyse et une série d'analyses faites sur des échantillons prélevés en deux points différents (eau brute et eau traitée), puis l'interprétation des résultats trouvés.
- ✚ Enfin, une conclusion générale, présentant une synthèse des analyses physico-chimiques et bactériologiques.

L'eau est omniprésente sur la terre, sans elle la vie humaine serait impossible. Elle est nécessaire à la vie des végétaux, des animaux et aux activités humaines.

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des **eaux souterraines** (infiltration, nappes), des **eaux de surface** stagnantes (lacs, retenues de barrages) ou en écoulement (rivières, fleuves) et des eaux de mer. [4]

I.1. Généralités sur les eaux de surface :

Elles sont constituées par toutes les eaux circulant ou stockées à la surface des continents, il s'agit d'une ressource facilement accessible, mais malheureusement fragile et vulnérables à la pollution. [5]

I.1.1. Origine des eaux de surface :

Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues de barrages). [6]

I.1.2. Caractéristiques des eaux superficielles :

Une eau de surface peut être chargée de gaz dissous, issus de l'atmosphère : le dioxyde de carbone CO_2 , l'azote N_2 , l'oxygène O_2 ... Elle peut dissoudre des constituants minéraux contenus dans le sol, l'eau de surface est chargée de particules, matériaux divers, ... en suspension. [7]

- Le Tableau (I.1) présente les caractéristiques générales des eaux superficielles.

Caractéristique	Eaux de surface
Température	Variable (saisons)
Turbidité / MES vraies ou colloïdales	Variable (parfois élevée / crues, rejets de carrières, fortes pluies.
Couleur	Dépend essentiellement des MES, des acides humiques, des algues.
Goûts et odeurs	Fréquents.
Minéralisation globale/ Salinité	Variable (précipitations rejets, nature des terrains traverses, etc.)
Fe et Mn divalent dissous	Normalement absents.
CO₂agressif	Généralement absent.
O₂dissous	Variable (proche de la saturation dans les eaux propres / absent dans les eaux polluées)
H₂S	Absent.
NH₄	Seulement dans les eaux polluées.
Nitrates	Variable (normalement absent, parfois en quantité dans les zones d'excédent azoté).
Silice	Teneur normalement modérée.
Micropolluants minéraux et organiques	Surtout présents dans les eaux de régions industrialisées.
Solvants chlorés	Normalement absents.
Éléments vivants	Virus, bactéries, algues, protistes, etc. / Présence d'organismes pathogènes toujours possible.
Eutrophie	Possible, davantage si les eaux sont chaudes.

Tableau (I.1) : «caractéristiques générales des eaux superficielles».[8]

I.1.3.Potabilité des eaux de surface :

Les eaux de surface sont rarement potables sans aucun traitement et sont toujours plus ou moins polluées par divers rejets :

- D'origine urbaine : les rejets provenant de la collecte des ERU (eau résiduaire urbain), même après leur traitement en station d'épuration.
- D'origine industrielle : polluants et micropolluants organiques (hydrocarbures, solvants, produits de synthèse, phénols) ou inorganiques (métaux lourds, ammoniac, produits toxiques).
- D'origine agricole : engrais et produits pesticides (herbicides, insecticides, fongicides), entraînés par les eaux de pluie et le ruissellement ; dans les zones d'élevage intensif, rejets riches en composés de l'azote et du phosphore ainsi qu'en pollution organique.
- Pollution bactériologique d'origines humaine et animale. [6]

I.1.4.Le traitement des eaux de surface :

L'eau de surface présente habituellement une plus grande variabilité en ce qui concerne la qualité. Elle est également plus vulnérable à la contamination, autant biologique que chimique. Finalement, les installations de traitement de l'eau de surface sont souvent plus complexes que celles qui traitent l'eau souterraine. [5]

I.1.4.1.Les prétraitements :

Les prétraitements sont appliqués aux eaux chargées en particules de grande taille susceptibles de perturber la mise en œuvre des traitements ultérieurs.

1) Le dégrillage :

A son entrée dans l'usine de traitement d'eau potable, l'eau passe au travers de grilles qui arrêtent les corps flottants et les gros déchets.

2) Le tamisage :

Des tamis retiennent les déchets plus petits, le sable et le plancton.(Figure (I.1)) [9]

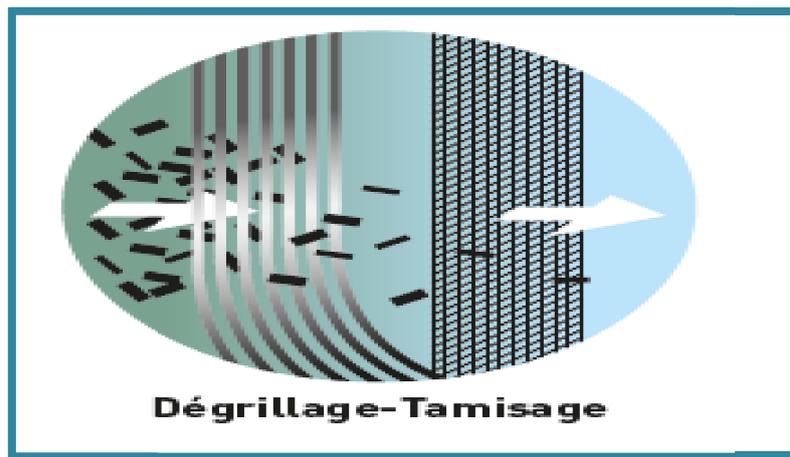


Figure (I.1) : « Dégrillage-tamissage ». [9]

3) pré-décantation :

Pour les eaux particulièrement chargées en particules, une pré-décantation est nécessaire pour séparer les matières en suspension (argile, limons...). Elle consiste à laisser déposer ces particules sous l'effet de la pesanteur.

4) La pré-oxydation :

L'oxydation par l'ozone permet d'éliminer l'azote ammoniacale, le fer et le manganèse, de réduire les goûts, les couleurs et les odeurs, d'améliorer les performances du traitement ultérieur de clarification.

[9]

I.1.4.2. Traitement de clarification :

Dans la clarification, on s'efforce de débarrasser l'eau brute de ses particules colloïdales et en suspension, après un traitement approprié :

Coagulation –floculation, décantation et filtration.

1) coagulation et Floculation :

Pour éliminer les matières colloïdales et les particules en suspension présentes dans les eaux brutes, on utilise des procédés couplés de coagulation et de floculation. Ils consistent à agréger les particules afin de les extraire plus facilement. [9]

L'introduction d'un coagulant, généralement un sel de fer ou d'aluminium, permet de réduire les forces de répulsion électrostatique qui existent entre les particules. Ces particules déstabilisées se rassemblent pour former de petits agrégats.

Après l'étape de coagulation, la floculation a pour objectif d'accroître la cohésion des particules par agitation de l'eau.

Elle conduit à la formation d'amas de plus en plus volumineux appelés "flocs", On peut rajouter un autre réactif appelé flocculant ou adjuvant de floculation pour faciliter la formation de flocs.

(Figure (I.2)) [9]



Figure (I.2) : « coagulation –floculation ». [9]

2) Décantation :

En laissant couler l'eau lentement dans de grands bassins, un résidu des boues et d'eau s'accumule au fond .ce résidu est ensuite recueilli et éventuellement stocké.

3) Filtration

Arrivée à ce stade, l'eau peut paraître trouble (on parle de turbidité) à cause de la présence de matière encore en suspension (algues, microorganismes, fer, substances utilisées dans les processus précédents,...).L'eau est alors filtrée par passage à travers des couches de matériaux divers (sable, gravier, charbon...). **(Figure (I.3)) [10]**

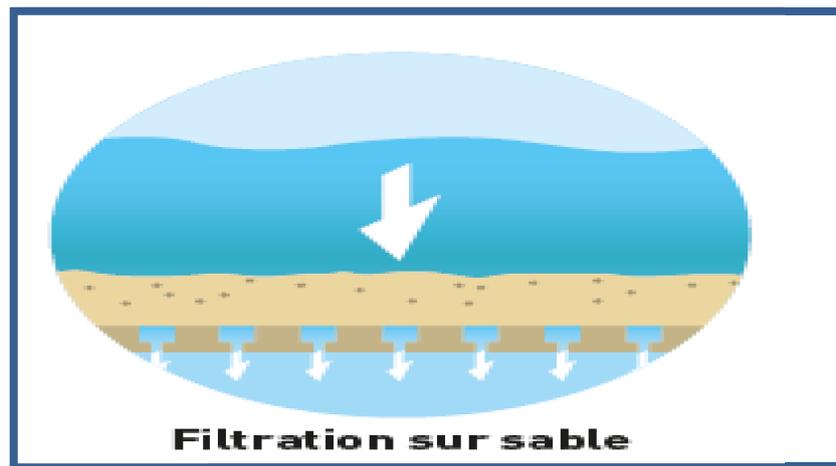


Figure (I.3) : «La filtration ». [9]

I.1.4.3. Traitement d'affinage :

L'affinage a pour but de dégrader les matières organiques et d'éliminer certains micropolluants. Il améliore les qualités organoleptiques de l'eau (saveur, odeur, limpidité).

1) adsorption sur charbons actifs :

L'adsorption est un traitement efficace pour enlever la matière organique, particulièrement quand la charge moléculaire est importante et la polarité est faible. Le charbon actif sera capable de fixer les composés organiques dissous qui ont échappé à la clarification ainsi que la majeure partie des hydrocarbures, pesticides, substances pharmaceutiques, métaux lourds. **(Figure (I.4))** [9]

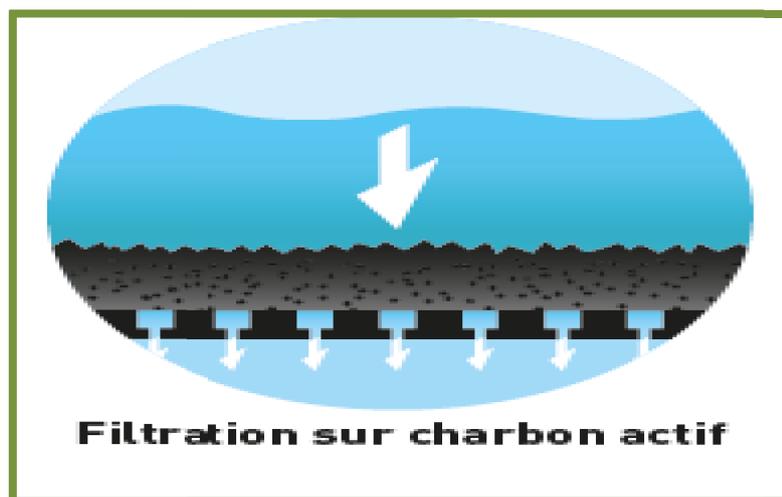


Figure (I.4) : «filtration sur charbon actif ». [9]

I.1.4.4. La désinfection :

L'objectif de ce traitement est d'éliminer les microorganismes présents dans les eaux, susceptibles d'être pathogènes (qui peuvent causer des maladies).

Pour cela, on utilise l'oxydation chimique, avec des oxydants comme le chlore, le bioxyde de chlore, l'ozone ou bien encore les rayonnements ultra-violetts. **(Figure (I.5)) [11]**

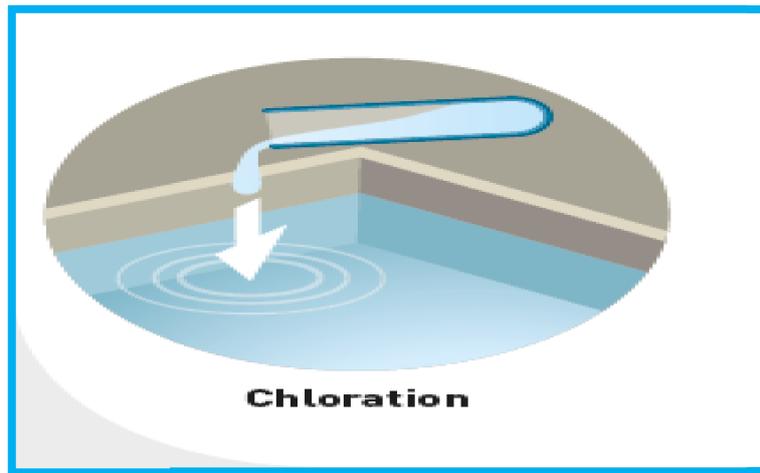


Figure (I.5) : « La désinfection ». [9]

I.1.4.5. Réservoir :

Pour pouvoir satisfaire à tout moment la demande en eau potable des abonnés, on crée des réserves qui permettent de gérer les pointes de consommation.

Elles peuvent être situées sur le lieu de traitement (ce sont souvent des bâches enterrées) ou en différents points du réseau, ce sont alors des bâches au sol, ou des réservoirs surélevés (châteaux d'eau). **(Figure (I.6)) [11]**



Figure (I.6) : «le stockage ». [9]

I.2.Généralités sur les eaux souterraines :

L'eau souterraine est omniprésente dans le sous-sol. Elle y remplit les interstices entre les particules du sol ou encore les crevasses et les fissures du roc. La formation de nappes d'eau souterraines ou « nappes phréatiques » résulte de l'accumulation d'eau infiltrée depuis la surface du sol suite, par exemple, à un épisode de pluie. L'accumulation de réserves souterraines se produit alors que l'eau ainsi infiltrée rencontre une couche géologique imperméable. [12]

I.2.1.Les différents types de nappes :

On appelle une nappe aquifère une zone de terrain poreux et perméable formant une roche magasin, la base de l'aquifère est appelée substratum qui est constitué par une formation hydrologique imperméable.

On peut distinguer différents types de nappes :

1) Nappe active (ou nappe libre) :

Nappe à surface libre, comprise dans un aquifère comprenant une zone non saturée surmontant la zone saturée.

La nappe est alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement. Le niveau de cette nappe fluctue en fonction de la quantité d'eau retenue.(**Figure (I.7))** [13]

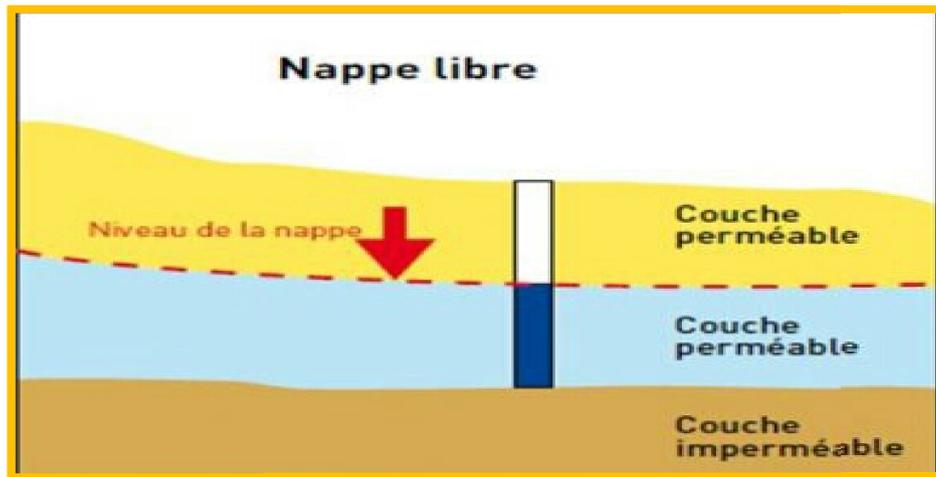


Figure (I.7) : « nappe libre ». [13]

2) Nappe captive :

Une nappe peut être **captive** si elle est emprisonnée entre deux couches de terrains imperméables, le substratum à la base et le toit au sommet.

Les nappes de ce type sont les plus fréquentes et généralement les plus profondes ; quand ce niveau se situe au-dessus de la surface du sol (d'où un jaillissement de l'eau lors d'un forage). **(Figure (I.8))**

[6]

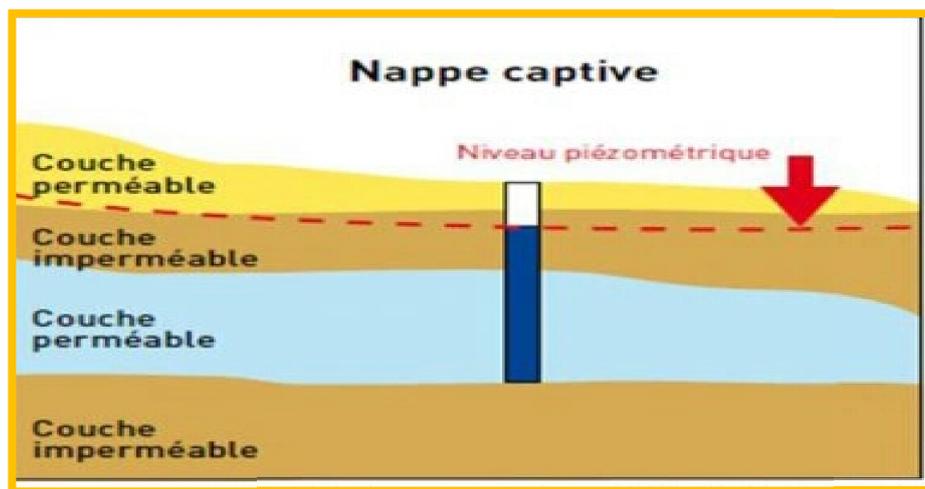


Figure (I.8) : « nappe captive ». [13]

3) Nappe alluviale :

Les plaines alluvionnaires sont souvent formées de matériaux détritiques, c'est-à-dire de débris très poreux et gorgés d'eau, il y'a une réserve importante à exploiter et qui est presque toujours entretenue par le débit des rivières ainsi que les précipitations. La qualité de ces eaux est alors directement influencée par la qualité de l'eau de la rivière. **(Figure (I.9))**

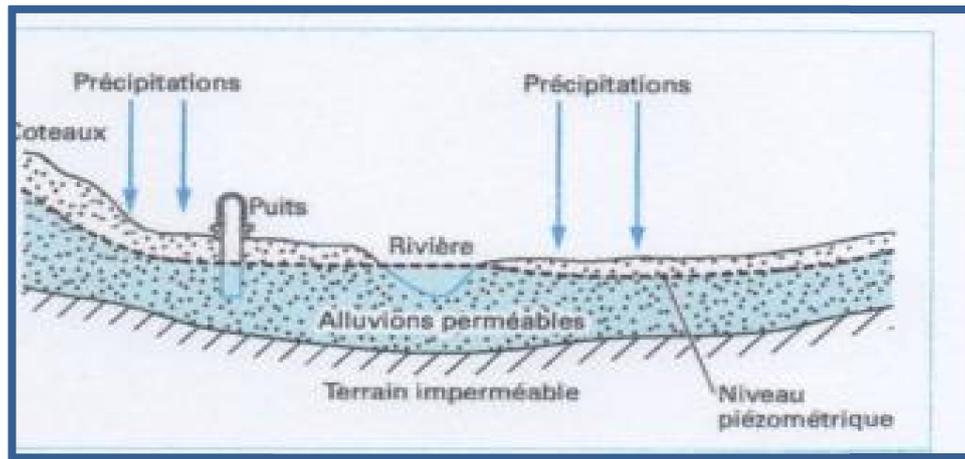


Figure (I.9) : « nappe alluviale ». [14]

4) Nappe phréatique :

Lorsque le profond imperméable est pratiquement horizontal et peu profond, il existe une nappe dite phréatique dans laquelle on peut creuser des puits.

Le niveau piézométrique de la nappe phréatique a toujours tendance à suivre régulièrement les variations de la pluviosité. En période de sécheresse, les puits se tarissent. **(Figure (I.10))[14]**

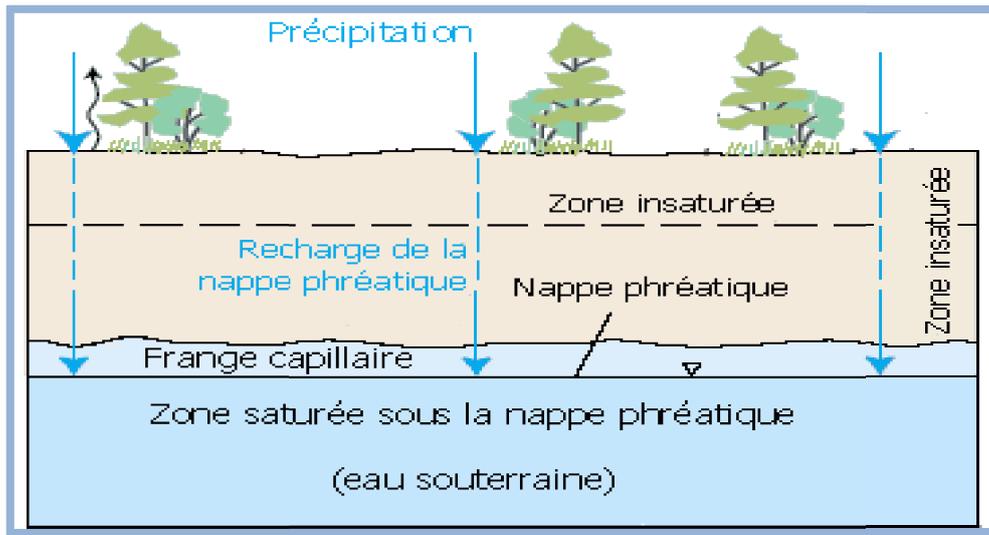


Figure (I.10) : «nappe phréatique ». [13]

I.2.2. Différents types d'eaux souterraines :

a) Les eaux minérales naturelles :

L'eau minérale naturelle est définie par sa pureté originelle et a pour obligation d'avoir une composition minérale stable, garantie tout au long de l'année. Elle peut présenter des minéralités particulières (richesse en calcium, magnésium, bicarbonates) qui lui confèrent des propriétés bénéfiques.

b) Les eaux sources :

Les eaux de sources sont les points où affleure l'eau souterraine contenue dans les formations géologiques aquifères. Elle est d'origine souterraine déterminée provenant d'une nappe ou d'un gisement souterrain bactériologiquement sain et protégé des risques de pollutions. Elle doit être apte à la consommation sans traitement. [15]

I.2.3. Caractéristiques des eaux souterraines:

La nature géologique du terrain a une influence déterminante sur la composition chimique de l'eau retenue. À tout instant, l'eau est en contact avec le sol dans lequel elle stagne ou circule, il s'établit un équilibre entre la composition du terrain et celle de l'eau. [6]

Les eaux circulant dans un sous-sol sablonneux ou granitique sont acides et peu minéralisées. Les eaux circulant dans des sols calcaires sont bicarbonatées calciques et présentent souvent une dureté élevée. [6]

- Le Tableau (I.2) présente les caractéristiques générales des eaux souterraines.

Caractéristique	Eaux souterraines
Température	Plutôt constante.
Turbidité / MES vraies ou colloïdales	Faible ou nulle.
Couleur	Dépend des acides humiques ou des précipitations Fe – Mn.
Goûts et odeurs	Rare sauf H ₂ S.
Minéralisation globale / Salinité	Généralement plus élevée que celle mesurée dans les eaux de surface sur le même territoire.
Fe et Mn divalent dissous	Présents.
O ₂ dissous	Absent.
H ₂ S	Présent.
NH ₄	Présence souvent sans rapport avec une pollution bactérienne.
Nitrates	Teneur parfois élevée.
Silice	Teneur élevée.
Micropolluants minéraux et organiques	Absents sauf suite d'une pollution accidentelle.
Solvants chlorés	Présents en cas de pollution de la nappe.
Éléments vivants	bactéries sulfato-réductrices et ferro bactéries surtout.
Eutrophie	Jamais.

Tableau (I.2) : « caractéristique générales des eaux souterraines ». [8]

I.2.4.Potabilité des eaux souterraines :

Les eaux souterraines ont, pendant longtemps, été synonymes « d'eaux propres » répondant naturellement aux normes de potabilité. Ces eaux sont en effet moins sensibles aux pollutions accidentelles. Une nappe libre, étant alimentée par toute la surface du sol située au-dessus d'elle, est plus sensible qu'une nappe captive. Les nappes alluviales sont aussi menacées sur toute leur surface et par l'ensemble des affluents de la rivière.

Lorsqu'une nappe souterraine a été polluée, il est très difficile de récupérer sa pureté originelle : les polluants ayant contaminé la nappe sont en effet non seulement présents dans l'eau, mais également adsorbés sur les roches et minéraux du sous-sol. [8]

Les eaux souterraines peuvent aussi contenir des éléments à des concentrations dépassant largement les normes de potabilité. Ceci est dû à la composition du terrain de stockage et, pour certains de ces éléments, au caractère réducteur de l'eau. On peut citer Fe, Mn, NH₄, H₂S.

Les eaux souterraines doivent être traitées avant distribution toutes les fois que la concentration d'un ou plusieurs de ces éléments dépasse la valeur autorisée par les règlements en vigueur.[6]

I.2.5.Traitement des eaux souterraines :

Les eaux souterraines sont, la plupart du temps, exemptes de germes pathogènes. Le traitement de désinfection qui leur est appliqué permet alors de prévenir tout risque de contamination dû à des infiltrations.

Pour que la désinfection soit efficace, il faut que la clarification ait permis une élimination parfaite des matières organiques, des métaux, etc. La désinfection peut être effectuée par des agents chlorés, par l'ozone.

I.2.5.1.Désinfection par des agents chlorés :

Le chlore est utilisé en désinfection sous forme de chlore gazeux ou "d'eau de Javel" (hypochlorite de sodium). L'utilisation d'agents chlorés exige une eau faiblement chargée en matière organique.[9]

Le traitement par le dioxyde de chlore est préféré dans certains cas car il ne laisse pas de goût désagréable contrairement au chlore gazeux.

1.2.5.2. Désinfection par L'ozone :

L'ozone, formé de trois atomes d'oxygène, est un désinfectant puissant, plus efficace que les agents chlorés. Il permet également l'oxydation de certains pesticides, l'élimination des phénols et des toxines algales, la réduction des goûts, couleurs et odeurs...

Il est inodore et rend biodégradable une partie de la matière organique. L'ozonation offre à l'eau une meilleure qualité gustative. [9]

1.3. Principaux critères de la qualité des eaux :

- **Critères organoleptiques :** ils correspondent à la sensation que procurent le goût, l'odeur, la vue de l'eau.
- **Critères physico-chimiques :**
Ils représentent les caractéristiques que l'eau brute peut acquérir lors de son cycle ou de traitements spécifiques.
- **Critères concernant les substances indésirables :** une certaine concentration de ces substances peut être acceptée, à condition toutefois de ne pas dépasser un certain seuil.
- **Critères concernant les substances toxiques.**
- **Critères microbiologiques. [16]**

1.3.1. Critères organoleptiques :

- **Odeur :** Le test de l'odeur ne constitue pas une mesure mais une appréciation et donc un caractère personnel.

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matière organique en décomposition.

- **Goût :** Elle peut être définie comme l'ensemble de sensation gustatives, olfactives et de sensibilité chimique perçue lorsque l'aliment est dans la bouche. [17]

- **Couleur** : bien qu'elle puisse satisfaire aux normes bactériologiques et chimiques. Une eau présentant une certaine coloration sans être dangereuse, est peu engageante et sera suspecte au consommateur.
- **La turbidité** : est déterminée par sa teneur en matières en suspension. La turbidité d'une eau de consommation humaine doit être maintenue inférieure à 5 NTU. [17]
 - Le Tableau (I.3) présente les normes Algériennes des eaux potables pour des paramètres organoleptiques.

Caractéristiques	Unité	Normes
Couleur	-	Au maximum 25
Odeur (seuil de perception à 25°C)	-	Au maximum 4
Turbidité	NTU	Au minimum 5

Tableaux (I.3) : « les Normes Algériennes des eaux potables pour des paramètres organoleptiques ».[18]

I.3.2. Critères physico-chimiques :

- **La température** : il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels. La température d'une eau à consommer ne doit pas dépasser 25 °C.
- **pH** : potentiel d'hydrogène d'une eau représente son acidité ou son alcalinité étant donné le pouvoir tampon de l'eau et sauf et dans le cas de rejets industriels particuliers, il est rare que le pH soit une contre-indication à la potabilité, c'est cependant l'un des paramètres parmi les importants de la qualité de l'eau.

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversée, il varie habituellement entre 6.5 et 8.3.

- **Conductivité électrique** : nous renseigne sur la concentration en sels dissout conducteurs présents dans l'eau, elle traduit la minéralisation ou la salinité globale d'une eau. En effet, la valeur de la conductivité est influencée par la force de l'électrolyte, la nature des ions libérés, leur concentration et la température de référence à laquelle se rapporte la mesure. [17]

- **TA** : le titre alcalimétrique, permet de connaître la teneur en hydroxyde (OH^-), la moitié des carbonates (CO_3^{2-}) et un tiers des phosphates présents dans eau, la concentration en (OH^-) étant faible, est négligeable.
- **TAC** : le titre alcalimétrique complet, il correspond à la teneur de l'eau en ions hydroxydes, carbonates et hydrogencarbonates alcalins (HCO_3^-) et alcalino-terreux « $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ».
- **TH** : la dureté totale de l'eau ou titre hydrométrique résulte de la présence du cation bivalent dont le calcium et le magnésium.

Nous déterminons aussi la teneur en calcium, magnésium, le potassium, le sodium et la teneur des chlorures et des sulfates.[17]

Les tableaux (I.4), (I.5), (I.6), (I.7) indiquent respectivement les paramètres physico-chimiques, les substances indésirables, les substances toxiques et la qualité microbiologique que ne doit pas dépasser les eaux potables.

- Le Tableau (I.4) présente les normes algériennes des eaux potables pour des paramètres physico-chimiques. [18]

Caractéristiques	Unité	Normes
pH	/	6,5 à 8,5
Conductivité (à 20°C)	$\mu\text{s}/\text{cm}$	Au maximum 2800
Dureté (TH)	mg/l	100 à 500
Chlorures(Cl)	mg/l	200 à 500
Sulfates (SO_4)	mg/l	200
Calcium(Ca)	mg/l	75 à 200
Magnésium(Mg)	mg/l	150
Sodium(Na)	mg/l	200
Potassium(k)	mg/l	20
Aluminium total	mg/l	0,2
Oxygène dissous	mg/l	5 à 8
Résidus secs après dessiccation à 180°C	mg/l	1500 à 2000

Tableau (I.4) : « Normes Algériennes des eaux potables pour les paramètres physico-chimiques ».

I.3.3. Critères concernant les substances indésirables :

La concentration des substances énumérées ci-dessous ne doit pas dépasser les normes.

- Le Tableau (I.5) présente les normes algériennes des eaux potables pour des substances indésirables.

Caractéristiques	Unité	Normes
Nitrates(NO ₃)	mg/l	Au maximum 50
Nitrites (NO ₂)	mg/l	Au maximum 0,1
Ammonium (NH ₄)	mg/l	Au maximum 0,5
Azote (N)	mg/l	Au maximum 1
Fluor (F)	mg/l	0,2 à 2
Fer(Fe)	mg/l	Au maximum 0,2
Manganèse(Mn)	mg/l	Au maximum 0,5
Cuivre(Cu)	mg/l	Au maximum 1,5
Zinc(Zn)	mg/l	Au maximum 5

Tableau (I.5) : «Normes Algériennes des eaux potables pour substances indésirables».[18]

I.3.4.Critères concernant les substances toxiques :

Les substances toxiques ont une action néfaste pour l'organisme humain. Il est souhaitable de ne pas en trouver dans l'eau potable.

- Le Tableau (I.6) présente les normes algériennes des eaux potables pour de substancestoxiques.

Caractéristiques	Unité	Normes
Arsenic(Ar)	mg/l	0,05
Cadmium(Cd)	mg/l	0,01
Cyanure(Cn)	mg/l	0,05
Chrome total (Cr)	mg/l	0,05
Mercure(Hg)	mg/l	0,004
Plomb(Pb)	mg/l	0,055
Sélénium(Se)	mg/l	0,01

Tableau (I.6) « Normes Algériennes des eaux potables pour des substances toxiques».[18]

I.3.5.Critères microbiologiques :

La présence des germes quelconque dans l'eau traitée relève en effet que le traitement a été inefficace ou qu'il y eu contamination après traitement ; l'objectif visé est l'absence de certaines germes dans l'eau. [16]

- Le Tableau (I.7) présente les normes algériennes de la qualité microbiologique de l'eau potable.

Paramètres	Normes
Coliformes totaux / 250ml	0 GT
Coliforme termotolérants / 250ml	0 GT
Streptocoques fécaux / 250ml	0 GT
Anaérobies sporulés sulfito-réducteur / 250ml	0 GT

Tableau (I.7) : « Normes algériennes de la qualité microbiologique de l'eau potable ». [18]

La qualité de l'eau utilisée pour diluer les solutions concentrées en hémodialyse constitue un élément essentiel de l'efficacité et de la sécurité de cette thérapeutique car l'eau représente 95 % de la composition de dialysat qui est mis en contact direct avec le sang du patient pour cela, il est nécessaire d'apporter une attention particulière à cette eau, c'est pourquoi il est indispensable qu'elle doit passer par une chaîne de traitement dont elle va subir des traitements spécifiques, afin d'améliorer sa pureté chimique et microbiologique.[1]

II.1. Généralités sur l'hémodialyse :

Les reins sont comme le filtre d'un aquarium. Lorsque celui-ci ne marche plus, tous les poissons commencent à aller mal. C'est la même chose avec les reins : quand ils ne fonctionnent plus, c'est tout l'organisme qui commence à se dérégler.

II.1.1. Qu'est-ce que l'hémodialyse ?

L'hémodialyse (rein artificiel) est une technique utilisée pour épurer le sang des patients souffrant d'insuffisance rénale sévère. Cette épuration est réalisée par des échanges entre le sang et un liquide appelé **dialysat** fabriqué par une machine appelée générateur, à travers un filtre nommé dialyseur.

(Figure (II.1)) [19]

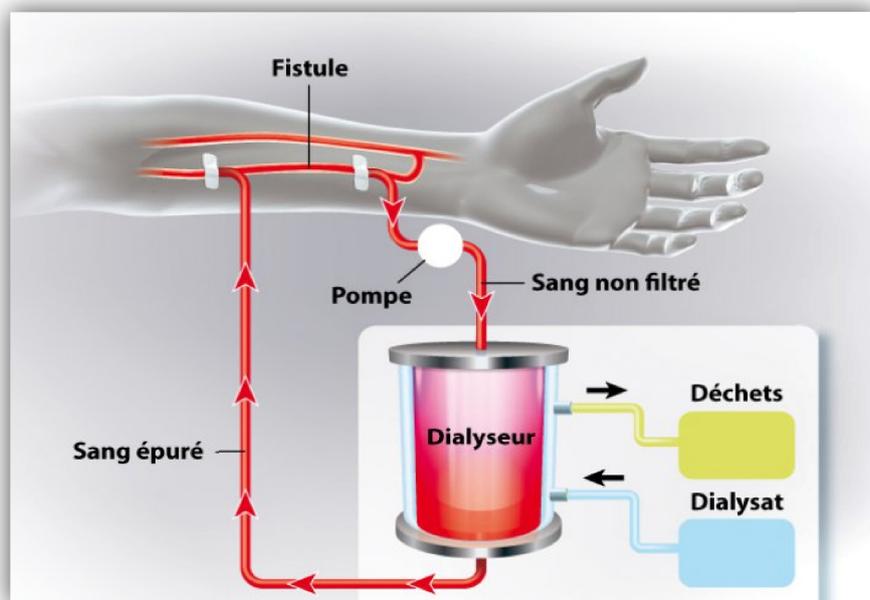


Figure (II.1) :« Principe de l'hémodialyse »[19]

II.1.2. Qu'est-ce que le dialysat ?

Le dialysat est le liquide qui est mis en contact avec le sang dont il est séparé par une membrane de dialyse. C'est un mélange **d'eau purifiée** avec **une solution de sel** qui peuvent comprendre du chlorure de sodium, du bicarbonate ou l'acétate de sodium, du chlorure de calcium, du chlorure de potassium et du chlorure de magnésium. Le dialysat contient environ **95 % d'eau purifiée**.

Le manque d'eau entraîne un arrêt immédiat du dialyseur. La qualité de vie d'un hémodialysé est influencée par la pureté bactériologique et chimique des solutés de dialyse. [19]

II.2. L'eau pour l'hémodialyse :

En hémodialyse, l'eau constitue la matière première, le support d'échange, indispensable à chaque séance de dialyse participant à l'épuration du sang du patient lors de son traitement. [2]

II.2.1. Effet d'une mauvaise qualité de l'eau en hémodialyse :

Les contaminants présents dans l'eau ingérée ne pourront entrer dans le sang que s'ils sont absorbés par le tube digestif, les patients hémodialysés sont extrêmement vulnérables aux contaminants présents dans l'eau en raison de leur incapacité à excréter par voie rénale des contaminants provenant du distillat, ils sont également exposés à de très grands volumes d'eau. Le volume d'eau ingéré par un individu sain est estimé à 2 litres par jour, soit 14 litres par semaine. En comparaison, un patient sous hémodialyse peut être exposé à 350 – 500 litres d'eau par semaine. [19]

a)- Effet d'une mauvaise qualité chimique :

Le tableau (II.1) présente Leseffets toxiques de certains éléments chimiques pour le patient.

Tableau (II.1) : « Les effets toxiques de certains éléments chimiques » [2]

Eléments	Concentration toxique	Effets
Calcium	88 mg/l	Nausée, vomissement ; Myalgie troubles tensionnels.
Cuivre	0,49mg/l	Nausée, Fièvre.
Fluore	1mg/l	Ostéoporose, ostéomalacie.
Nitrate	21mg/l	Hémolyse, hypotension, cyanose, nausée.
Sodium	300mg/l	Hypertension, insuffisance respiratoire, crise, coma, mort.
Sulfate	200mg/l	Nausée, vomissement.

b)- Effet d'une mauvaise qualité bactériologique d'eau :

A court terme, le passage de microorganismes ou produits de ces derniers dans le sang du patient peut être à l'origine de réactions pyrogènes (frissons, fièvre, nausée, hypotension) pouvant aller jusqu'au choc. [3]

➤ La bonne qualité de l'eau qui arrive aux machines de dialyse est essentielle pour la sécurité des patients. Cette eau doit donc subir un traitement spécial et compliqué avant d'arriver aux générateurs d'hémodialyse.[20]

➤ Pour cela, il est indispensable que diverses règles techniques et procédures soient respectées pour la conception, l'exploitation, la surveillance et le contrôle des installations.[21]

II.3. Les procédés de traitement d'eau destinée à l'hémodialyse :

Les principaux composants du traitement d'eau pour l'hémodialyse sont un prétraitement, un traitement par osmose inverse, une distribution de l'eau osmosée vers les salles d'hémodialyse. Le générateur de dialyse participe enfin au résultat final.[22]

II.3.1. Première étape du traitement = Prétraitement:

Il consiste à clarifier l'eau pour permettre une protection de l'installation située en aval (éviter le colmatage).

A)La filtration :

Des filtres destinés à retenir des particules insolubles sont disposés à différents niveaux de la chaîne de prétraitement. Leur porosité est décroissante depuis le filtre à sable jusqu'aux filtres à cartouche. Ils sont placés en amont de chaque constituant de la chaîne de prétraitement. [23]

❖ Lafiltration sur sable :

La filtration sur sable est un des procédés les plus répandus en traitement de l'eau , Le filtre à sable qui est constitué d'un lit de sable et de gravier, Son principe est de faire percoler l'eau à travers un massif de sable, et en traitement de l'eau pour l'hémodialyse, les filtres utilisés dit : « rapides ».

(Figure (II.2)) [24]

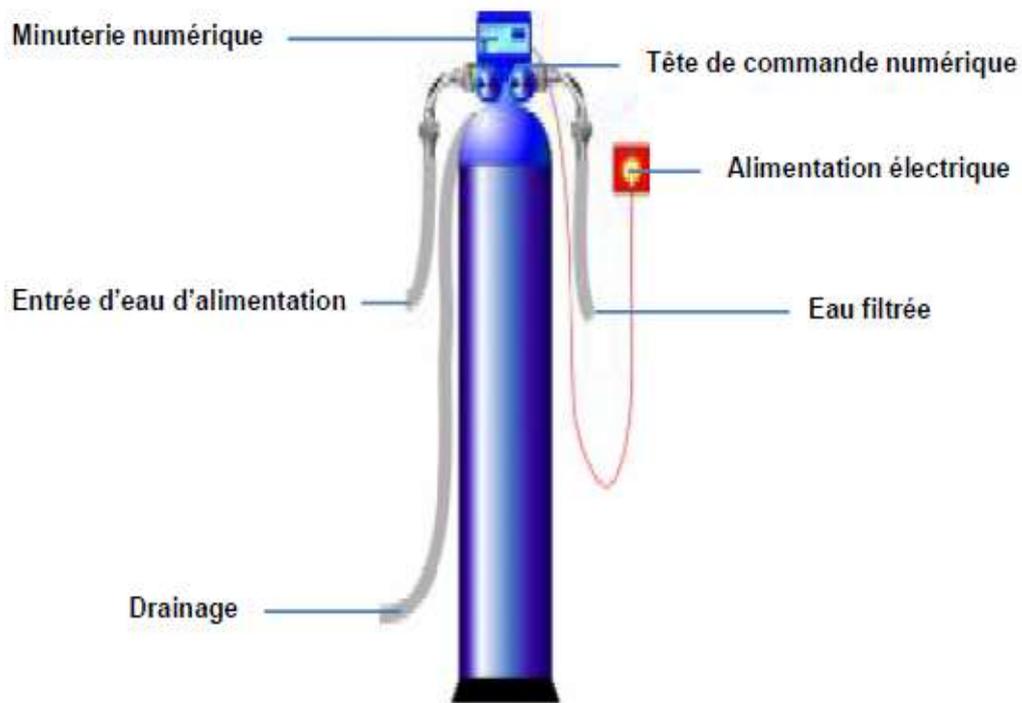


Figure (II.2) : « Schéma d'un Filtre à sable ». [2]

Principe Général du filtre à sable :

L'étape de filtration permet de séparer la phase continue, liquide, et la phase dispersée, solide. L'eau passe au travers d'un milieu filtrant poreux. [25]

L'efficacité d'un système de filtration d'eau par sable est fonction de la vitesse de passage de l'eau et surtout de l'épaisseur du sable utilisée. Ces filtres fonctionnent selon un principe très simple : l'eau brute est poussée par la pompe de filtration dans le filtre, puis est répartie sur la surface du sable grâce à un diffuseur. (Tableau (II.2)) [26]

Tableau (II.2) : « Fonctionnement du filtre à sable » [27]

	« Filtration sur sable »
Utilisation	Contre : Le fer. Le manganèse. La coloration de l'eau. Les grosses particules en suspension.
Fonctionnement	L'eau passe dans un réservoir qui contient du sable : celui-ci retient les particules présentes dans l'eau.
Installation	Le filtre sur sable doit être dimensionné en fonction des polluants à traiter et du débit de l'eau.
Maintenance	Simple changement de cartouche ou régénération du sable via un oxydant chimique.

Quand et pourquoi faire un lavage du filtre à sable ?

Le filtre à sable s'encrasse naturellement lors de son utilisation, Plus le filtre s'encrasse et plus la pression de l'eau augmente dans le filtre et moins le filtre est efficace. Lorsqu'il indique une pression élevée, il est temps de procéder au lavage du filtre pour éviter le colmatage. [28]

❖ La filtration sur charbon actif:

La deuxième étape, toujours considérée comme un prétraitement, est le passage de l'eau dans un filtre à charbon actif qui assure une élimination de différentes substances, en particulier les composés chlorés. [20]

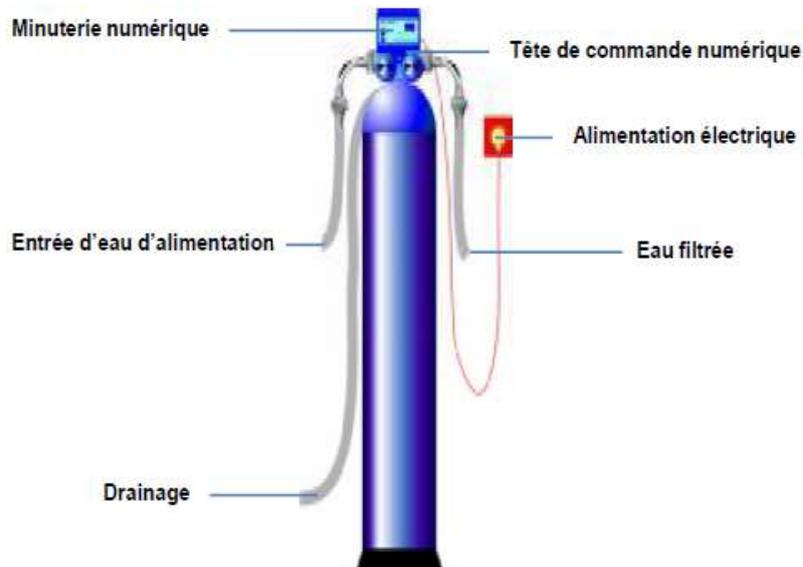


Figure (II.3) : « Schéma d'un filtre à charbon actif ». [2]

Principe de l'adsorption sur charbon actif :

Il s'agit d'un transfert d'une phase liquide (contenant des substances) vers une phase solide avec rétention des molécules en solution et en suspension dans l'eau sur la surface de contact du charbon actif. Elle peut se décomposer en 4 phases :

- ✓ Transfert de la particule (très rapide)
- ✓ Déplacement de l'eau liée jusqu'à être en contact avec le charbon (rapide),
- ✓ Diffusion de l'eau à l'intérieur du charbon sous l'influence du gradient de concentration.
- ✓ Adsorption des particules dans un micropore du charbon (très rapide). (Figure (II.4))

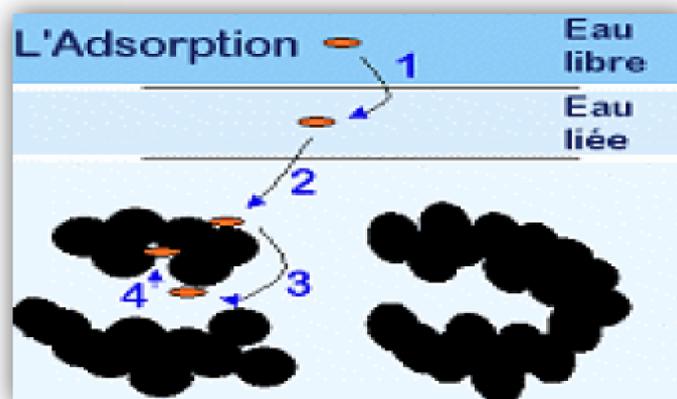


Figure (II.4) : « Principe de l'adsorption sur charbon actif » [27]

Facteurs qui influencent l'exécution du charbon actif dans l'eau :

- ✓ Le type de composés à supprimer (les composés qui ont un poids moléculaire élevé et une faible solubilité sont mieux adsorbés)
 - ✓ La concentration du composé à supprimer (plus la concentration est élevée, plus la consommation de charbon est grande)[27]
- Le charbon actif a trois actions vis à vis de l'eau à traiter :(Figure (II.5)) [29]

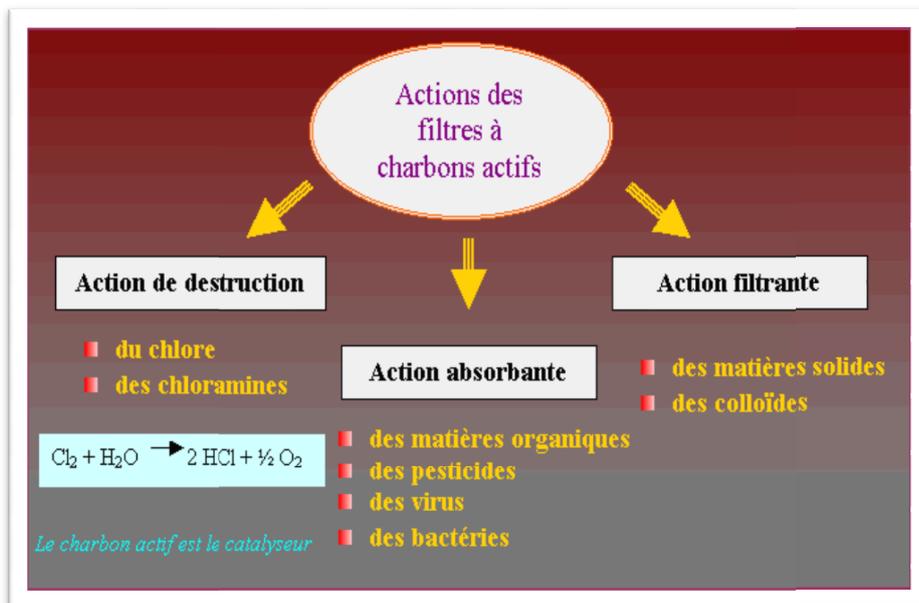


Figure (II.5) :« 3 actions des filtres à charbon actifs »

Action de destruction catalytique du chlore et des chloramines :

C'est l'action principale recherchée lors de l'utilisation du charbon actif pour la production d'eau de dialyse.

Action absorbante :

Le charbon actif permet de fixer une partie des contaminants " normaux " et " accidentels " de l'eau avec les risques que cela comporte notamment au point de vue relargage de ces impuretés.

Action filtrante :

Le charbon actif est un filtre pour les matières solides mais aussi pour les colloïdes. [21]

- Lorsque les filtres de charbon actif ne sont plus performants (perte de charge due au colmatage, diminution de la qualité du filtrat), les cartouches sont jetées et remplacées, il sera donc nécessaire de changer le charbon actif tous les deux ou trois ans.[30]

B)Adoucissement :

Il constitue un prétraitement permettant de protéger les membranes d'osmoseurs. (Figure (II.6)) [21]

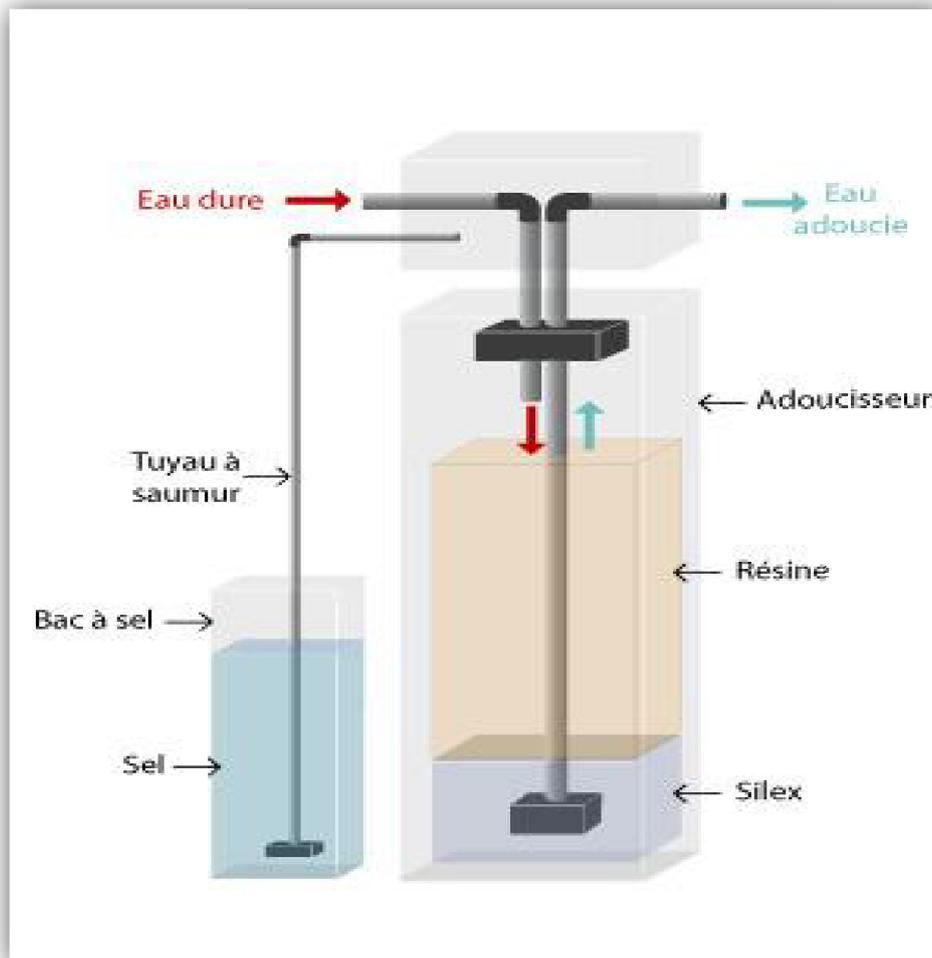


Figure (II.6) :« Schéma d'un adoucisseur ».[2]

Le principe de fonctionnement de l'adoucisseur :

L'adoucissement utilise le principe de déionisation qui consiste à échanger des ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) responsables de la dureté de l'eau contre des ions sodium (Na^+) : (Figure (II.7))

- $2(\text{R-SO}_3^-, \text{Na}^+) + \text{Ca}^{2+} = (\text{R-SO}_3^-)_2, \text{Ca}^{2+} + 2\text{Na}^+$
- $2(\text{R-SO}_3^-, \text{Na}^+) + \text{Mg}^{2+} = (\text{R-SO}_3^-)_2, \text{Mg}^{2+} + 2\text{Na}^+$

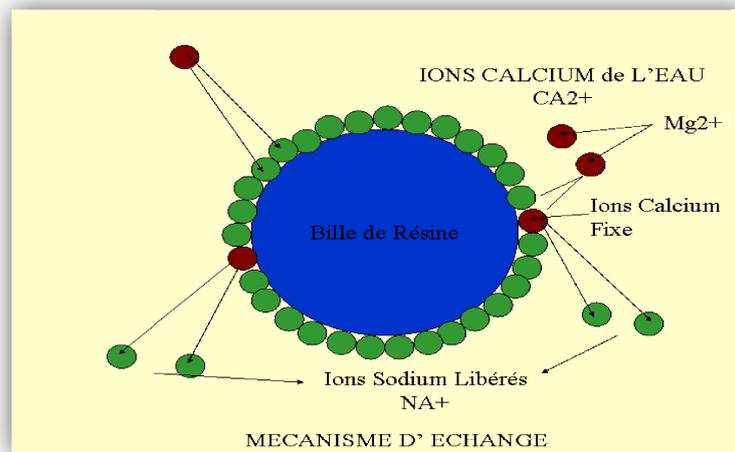


Figure (II.7) : « mécanisme d'échange en adoucissement ».

- Cet échange est réalisé sur des résines échangeuses d'ions (microbilles de résines cationiques sodiques) initialement chargées en ions sodium. (Figure (II.8)) [29]

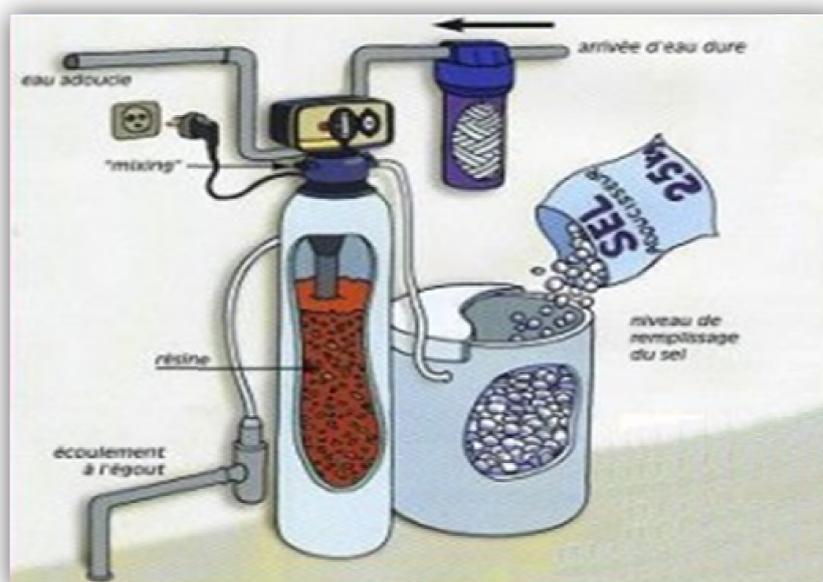


Figure (II.8) : « principe de l'adoucissement ». [31]

L'eau chargée passe sur des billes de résine sur lesquelles sont fixés des ions sodium (Na^+). Par échange d'ions, les ions sodium sont consommés et dilués dans l'eau, tandis que les ions calcium et magnésium sont évacués à l'égout avec les eaux de rinçage des billes. [32]

Nettoyage de la résine de l'adoucisseur :

Régénération des résines :

Nettoyer cette résine consiste en fait à la régénérer, lorsque la capacité d'échange de la résine est saturée. (Figure (II.9)) [33]

La résine saturée est régénérée par l'utilisation d'une solution concentrée de **NaCl**, selon la réaction :

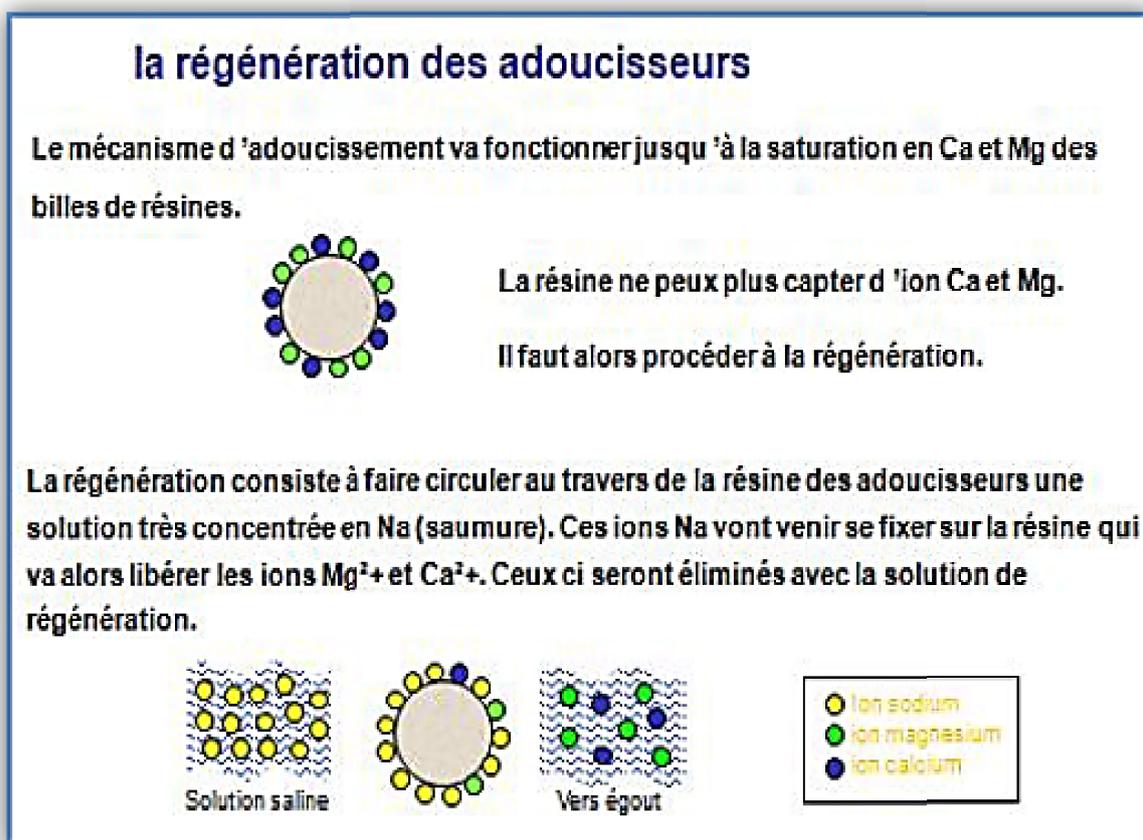


Figure (II.9) : « Principe de régénération des adoucisseurs » [33]

Chapitre (II): Les procédés de traitement d'eau destinée à l'hémodialyse

Pour la régénération de résine d'un adoucisseur d'eau, il faut passer par les étapes suivantes :

- ✓ Nous avons un détassage de l'adoucisseur à contre-courant. Il s'agit d'un processus qui permet à l'eau de passer du bas vers le haut. Les impuretés stockées au niveau de la bouteille seront débarrassées.
- ✓ L'aspiration se fait par injection de la saumure dans la bouteille, ainsi la résine va se charger d'ions sodium. Le système s'assure que les ions calcaires seront évacués à l'égout, et pour repositionner la résine, on effectue le rinçage.

La durée du processus dure en moyenne une heure et pour certains adoucisseurs, cela peut aller jusqu'à deux heures.

Le sel pour adoucisseur :

✓ Qualité du sel :

Les fabricants d'adoucisseurs et producteurs de résines échangeuses d'ions recommandent généralement un sel avec un minimum de 99% de pureté.



De plus, la granulométrie du sel de régénération est optimisée pour répondre aux besoins de ce type d'équipement, Seul un sel pour adoucisseur conçu spécifiquement pour l'adoucissement de l'eau doit être utilisé. [33]

II.3.2. Deuxième étape du traitement = Le traitement par l'osmose inverse:

L'osmose inverse est un procédé de séparation en phase liquide par perméation à travers des membranes semi-sélectives sous l'effet d'un gradient de pression.[35]

1) Principe de l'osmose inverse :

Si on considère un système à deux compartiments(A) et (B) séparés par une membrane semi-sélective et contenant deux solutions de concentrations différentes,

L'osmose qui est équivalent des gradients de concentration entre 2 solutions (A) et (B) à travers les membranes hydrophiles et semi-perméables, par contre l'osmose inverse est l'application (sur la solution concentrée en sels minéraux (B)) d'une pression mécanique largement supérieure à la pression osmotique de la solution (A).

Il s'en suit un passage de l'eau de la solution la plus concentrée (B) vers la moins concentrée (A).(Figure (II.10))

L'osmose inverse assure donc une purification de l'eau (le perméat) et dérive vers l'égout tous les contaminants (le concentrat).[29]

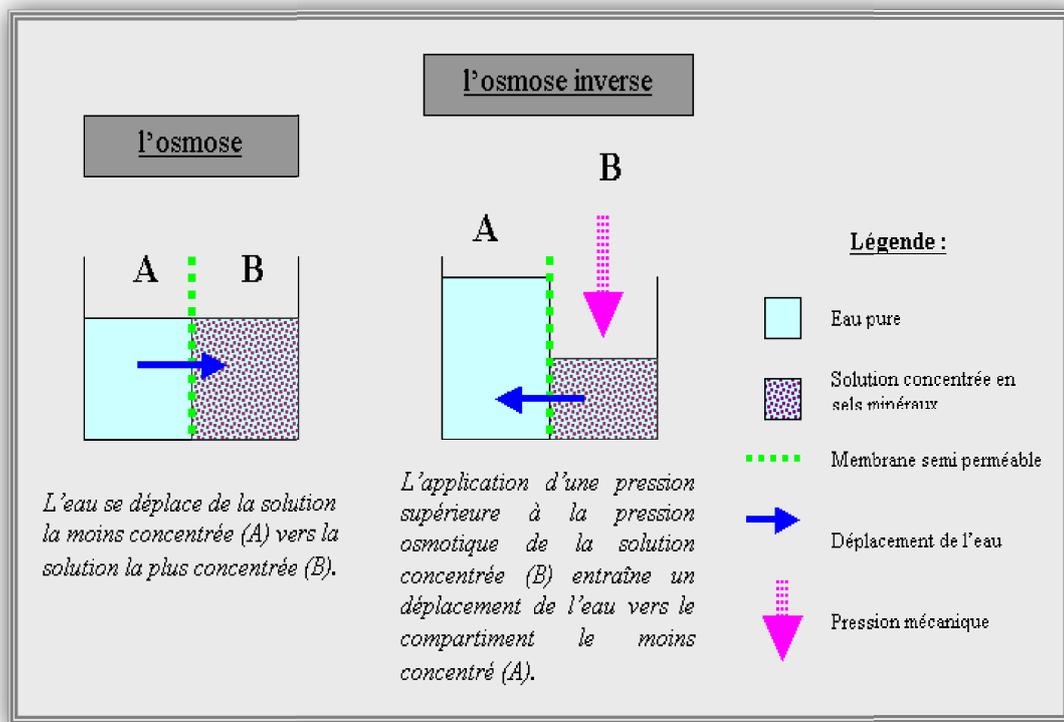


Figure (II.10) : « Le principe d'osmose et d'osmose inverse ».[29]

On peut montrer que la pression osmotique d'une solution est donnée par la relation suivante :

Avec:

$$\Pi = i * C * R * T$$

Π : la pression osmotique est exprimée (en bar).

i : le nombre d'espèces d'ions constituant le soluté.

C : la concentration molaire du soluté (mol.m^{-3}).

R : la constante des gaz parfait ($R = 8,314 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$).

T : la température (en K). [29]

- Le colmatage est possible en osmose inverse. On peut atteindre la limite de solubilité des sels au niveau des membranes et avoir une formation de tartre [35]

2) Les membranes d'osmose inverse :

Les membranes d'osmose inverse hydrophiles et semi-perméables, laissent passer de façon privilégiée les molécules d'eau et quelques molécules organiques très voisines (faible masse molaire) et retiennent d'une part par phénomène de filtration les molécules ou les particules de taille suffisante, et d'autre part, par phénomène de solubilisation-diffusion les particules ionisées. (Figure (II.11))

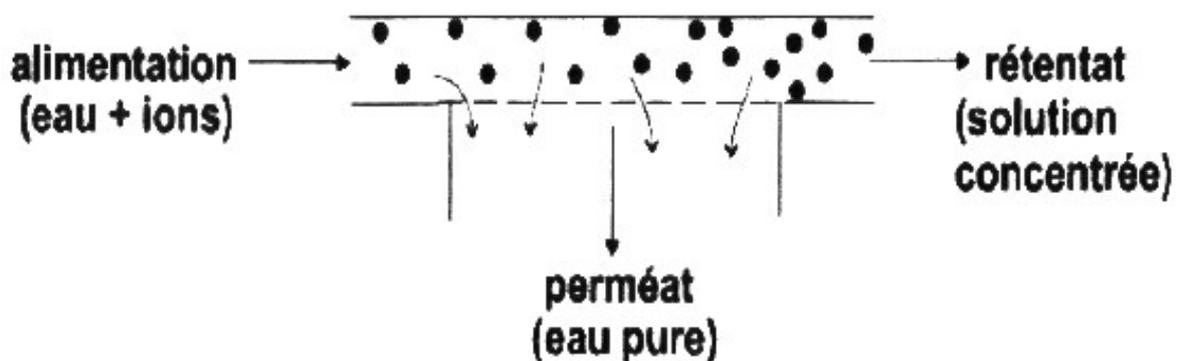


Figure (II.11) : « Ecoulement du fluide à travers une membrane d'osmose inverse » [36]

❖ **Caractérisation des membranes :**

Le taux de conversion et la sélectivité des membranes sont les deux grandes notions qui permettent de caractériser les membranes.

➤ **Le taux de conversion :**

La solution à traiter (débit Q_0) se divise au niveau de la membrane en deux parties de concentrations différentes :

- une partie qui passe à travers la membrane ou perméat (débit Q_p) ;
- une partie qui ne passe pas à travers la membrane, appelée concentrat ou rétentat (débit Q_c), et qui contient les molécules ou particules retenues par la membrane.

La fraction de débit qui traverse la membrane est le taux de conversion Y défini par :

$$Y = Q_p / Q_0$$

➤ **La sélectivité :**

La sélectivité d'une membrane est, en général, définie par le taux de rejet (appelé aussi taux de rétention) de l'espèce (sel, macromolécule, particule) que la membrane est censée retenir :

$$TR = \frac{C_0 - C_p}{C_0} = 1 - \frac{C_p}{C_0}$$

Avec :

C_0 = concentration de l'espèce à retenir dans la solution.

C_p = concentration de la même espèce dans le perméat.

❖ **Classification des membranes :**

➤ Selon la structure des matériaux nous distinguons trois types de membranes :

- ✓ Les membranes isotropes, elles ont des propriétés structurales constantes sur toute Leur épaisseur.
- ✓ les membranes anisotropes, leur structure composite varie de la surface de lamembrane vers l'intérieur. [36]

➤ Selon la nature des matériaux constitutifs des membranes, on trouve:

a) Les membranes organiques:

Elles sont fabriquées à partir de polymères organiques (acétate de cellulose, polysulfones, polyamides, etc.). Les qualités de ces matériaux leur confèrent une grande adaptabilité aux différentes applications. Environ 90 % des membranes d'ultrafiltration et de microfiltration sont constituées de membranes organiques.

b) Les membranes minérales ou inorganiques :

Ces membranes sont composées de corps entièrement minéraux (matières céramiques, métal fritté, verre). Leur arrivée a permis de travailler dans des conditions extrêmes de température et d'agression chimique.

c) Les membranes composites:

Elles sont caractérisées par une structure asymétrique dont la peau est beaucoup plus fine que celle des membranes classiques non composites et par une superposition de plusieurs couches différenciées. Elles peuvent être organiques (superposition de polymères organiques différents), organo-minérales ou minérales (association de carbone ou d'alumine comme support et de métaux tels l'alumine et le titane). [36]

4) Modules d'osmose inverse :

Pour être mises en œuvre, les membranes doivent être montées sur des supports appelés modules. Il existe quatre types de modules:

▪ Module tubulaire :

Un module tubulaire contient plusieurs tubes qui peuvent être en série ou en parallèle. L'eau à traiter circule à l'intérieur des tubes et le perméat est recueilli à l'extérieur des tubes (**Figure (II.12)) [37]**

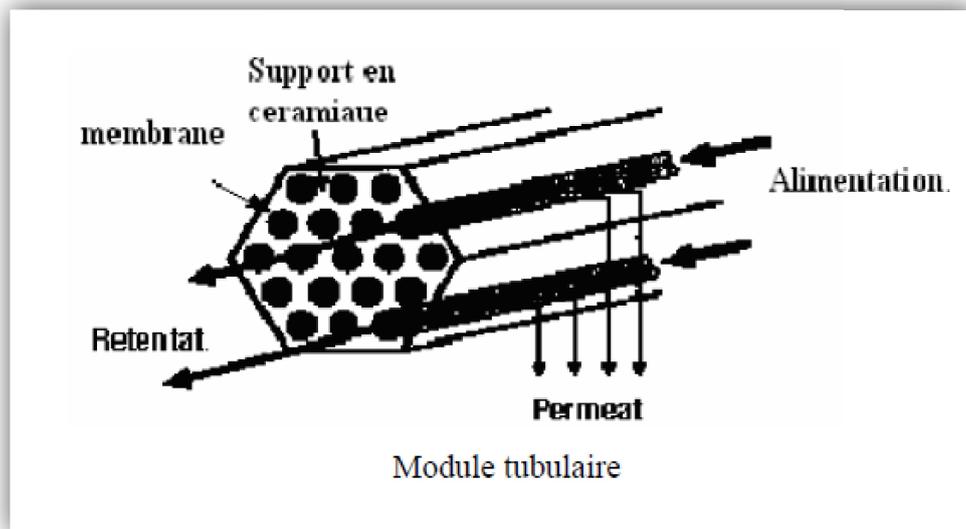


Figure (II.12) :« module tubulaire »

▪ **Module plan :**

Les modules plans sont les plus anciens et les plus simples : les membranes sont empilées en millefeuilles séparées par des cadres intermédiaires qui assurent la circulation des fluides.(Figure (II.13))

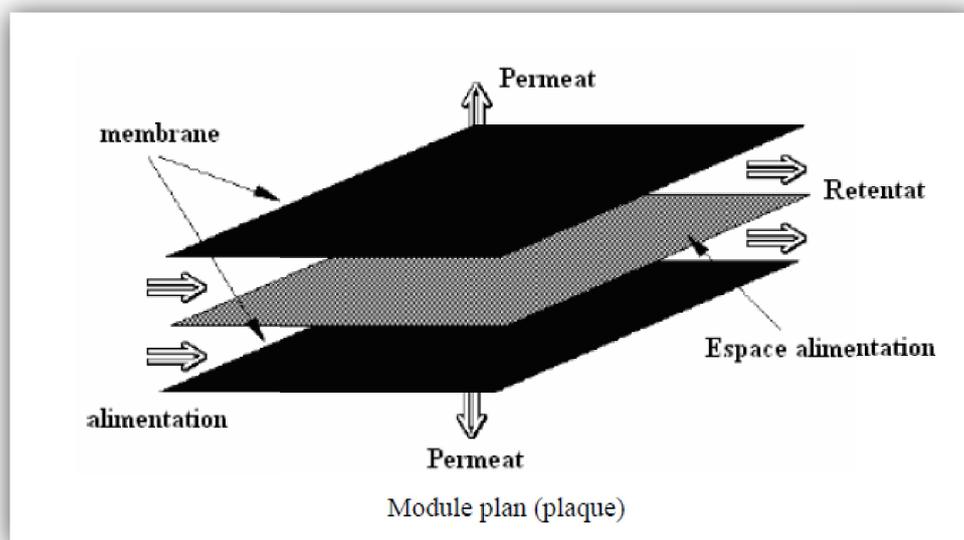


Figure (II.13) :« module plan ». [37]

▪ **Module spirale :**

Au sein des modules spirales, une membrane plane est enroulée sur elle-même autour d'un tube poreux qui recueille le filtrat. On obtient ainsi un cylindre multicouche où le perméat s'écoule selon un chemin spiralé vers le tube poreux tandis.(Figure (II.14))

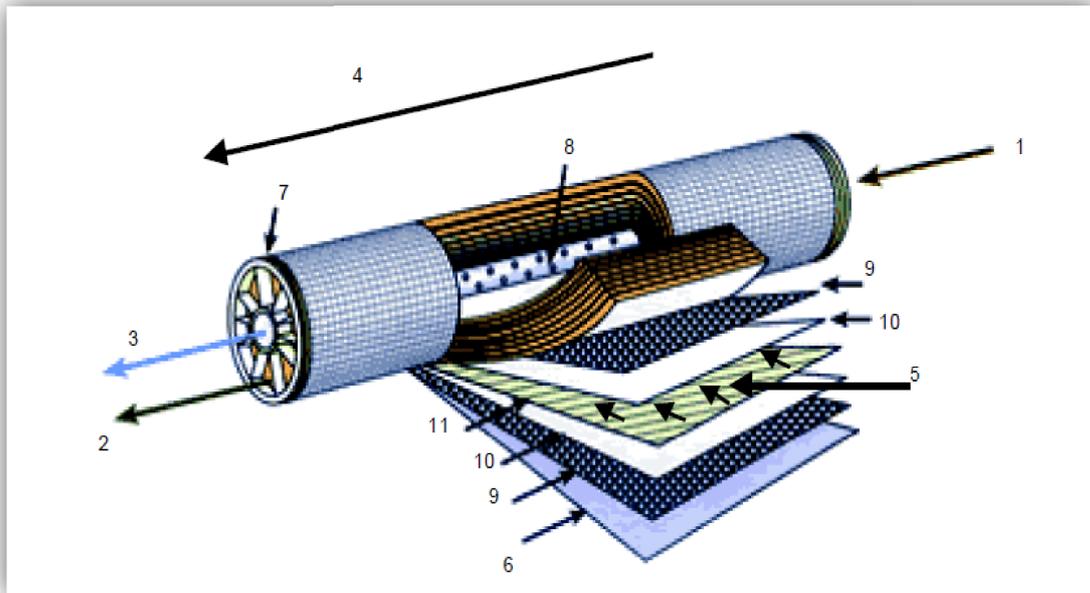


Figure (II.14) :« module spirale »

- 1 Entrée d'eau.
- 2 Sortie de concentrat.
- 3 Sortie de perméat.
- 4 Sens d'écoulement de l'eau brute.
- 5 Sens d'écoulement du perméat.
- 6 Matériau de protection.
- 7 Joint d'étanchéité entre module et enveloppe.
- 8 Perforations collectant le perméat.
- 9 Espaceur.
- 10 Membrane.
- 11 Collecteur de perméat. [37]

▪ **Les modules fibres creuses :**

Les fibres en U sont mises en faisceau et assemblées de façon à réaliser l'étanchéité aux deux extrémités du module. Le liquide à traiter circule perpendiculairement à l'axe des fibres tandis que le concentrât est recueilli dans une enceinte qui enveloppe le faisceau et permet son évacuation à des extrémités du module. Le perméat s'écoule à l'intérieur de chacune des fibres puis dans un collecteur. (Figure (II.15))

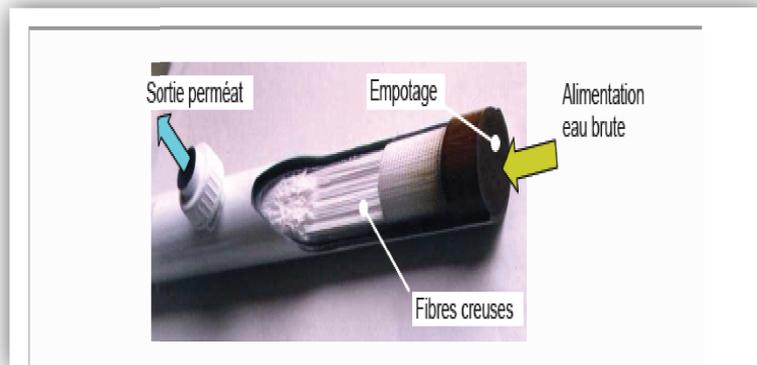


Figure (II.15) : « Module fibre creuse ». [37]

5) Les facteurs influençant l'efficacité des modules d'osmose inverse :

Le Tableau (II.3) présente les facteurs influençant l'efficacité des modules d'osmose inverse.

Facteurs influençant l'efficacité des modules d'osmose inverse	Leurs effets
Pression	Augmentation du débit : (si pression >30 bars, les membranes ne peuvent être utilisées).
Température	Effet sur la viscosité de l'eau et donc sur le débit de l'eau épurée.
Agents chimiques divers	Fragilisation des membranes.
Calcium et magnésium	Entartrage des membranes par les carbonates insolubles de calcium et du magnésium.
Nature de la membrane	<u>Polyamide</u> : perméabilité élevée. <u>Membranes composites</u> : bonne résistance au chlore.

Tableau (II.3) : « Facteurs influençant l'efficacité des modules d'OI » [2]

6) Les critères de choix d'un module d'O-I :

Le choix d'un module se fait sur la base de :

- ✓ la compacité (exprimée par le rapport de la surface filtrante au volume du module).
- ✓ la facilité de démontage et de remplacement.
- ✓ la facilité de nettoyage.
- ✓ l'adaptation au produit à traiter. [37]

II.3.3. Troisième étape du traitement = Distribution :

Le captage de l'eau de la boucle se fait, par une vanne puis la distribution à un générateur se réalise par un tuyau allant de la vanne à la machine. L'eau continue de circuler dans la boucle 24 heures sur 24 heures.

II.3.4. Désinfection de l'installation de traitement d'eau :

Plus l'eau est pure, plus le traitement est sûr. Les impuretés présentes dans l'eau de dialyse sont de plus en plus considérées comme des facteurs de risque susceptibles de nuire à la santé et à la qualité de vie du patient. Sans une désinfection préventive efficace du circuit de distribution.

Les contaminations biologiques laissent des dérivés qui traversent les membranes des dialyseurs et passent dans le sang du patient, ce qui provoque des problèmes de santé (frissons, fièvre, hypotension, etc.....)

La désinfection de l'installation doit comprendre la désinfection des générateurs et celle de la chaîne de traitement, et la boucle de distribution, Elle est réalisée grâce à différents moyens :

- **Désinfection chimique** : par l'emploi d'une solution désinfectante (hypochlorite de sodium, acide per acétique...).
- **Désinfection thermique** : par la circulation d'eau portée à la température de 90-125°C.
- **Désinfection thermochimique** : élévation de la température en présence d'un produit chimique. [2]

Le Tableau (II.4) présente les avantages et les inconvénients des différents types de désinfection.

	Types de désinfection		
	Chimique	Thermique	Thermochimique
Avantages	Efficacité prouvée Coût d'exploitation moindre	Efficacité prouvée Aucun risque polluant pour l'environnement ni toxique pour le patient. Absence de nécessité de rinçage.	Renforce l'effet désinfectant,
Inconvénients	Nécessité d'adjonction d'agent chimique. Rinçage obligatoire. Risques toxiques.	Consommation importante d'énergie. Risque thermique (brûlures).	Combine les inconvénients de la désinfection chimique et celle thermique

Tableau (II.4) : « Avantages et inconvénients des différents types de désinfection » [2]

II.4. Qualité de l'eau pour dilution des solutions concentrées pour hémodialyse :

L'eau pour l'hémodialyse est caractérisée par son utilisation massive, Elle doit présenter une qualité physico-chimique constante et une innocuité totale. Il est recommandé que la contamination bactérienne soit la plus faible possible : une concentration de zéro germe par ml est souhaitable. Donc, la maîtrise de la qualité de l'eau au niveau de la production est indispensable pour assurer la sécurité du patient.

Les normes de qualité sont généralement présentes sous formes chiffrées, elles sont nécessaires pour les définitions légales et servent de guide pour l'interprétation des résultats analytiques. [38]

II.4.1 Principaux critères de la qualité :

✓ Critères physico-chimiques :

Ils correspondent aux caractéristiques de l'eau telles que le pH, la température et la conductivité. Ils concernent donc tout ce qui est relatif à la structure naturelle de l'eau et délimitent des concentrations maximales pour un certain nombre d'éléments, notamment des ions comme les chlorures, le potassium et les sulfates.

Le tableau(II.5) indique les caractéristiques physico-chimiques et les normes que ne doit pas dépasser pour les eaux d'une installation d'hémodialyse.

Tableau (II.5) : « caractéristiques physico-chimiques et les normes des eaux destinées pour l'hémodialyse »[39]

Caractéristiques	Unité	Normes	Comparaison avec les normes d'eau potable
PH	/	≈ 7	6.5 - 8.5
Conductivité	μS/cm	≤ 50	2800
Turbidité	NTU	<2	5
TH	°F	0	100 à 500
calcium	mg/l	2	75 à 200
magnésium	mg/l	1.2	150
Aluminium	mg/l	0.01	0.2
Sulfates	mg/l	5	200
nitrate	mg/l	0.2	50
nitrite	mg/l	0.005	0.1
l'ammonium	mg/l	0.2	0.5
sodium	mg/l	5	200
potassium	mg/l	2	20
chlorures	mg/l	50	200 à 500
phosphates	mg/l	5	-
zinc	mg/l	0.05	5
M. Organiques	mg/l	<0.5	-

✓ Critères microbiologiques :

C'est par la recherche de la présence éventuelle ou non de certains germes tests, facile à identifier, que l'on peut avoir une idée de la qualité bactériologique d'une eau. La mise en évidence de ces germes est alors l'indice d'une contamination d'origine fécale et doit déclencher les mesures de protection nécessaires.

Les germes-tests à rechercher, sont les suivants :

- L'absence de parasites et de micro-organismes pathogènes.
- Recherche et dénombrement des Coliformes avec identification des E. Coli
- Recherche et dénombrement de Clostridium sulfito-réducteurs.
- Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux D.

Les normes tolérées sont mentionnés dans le tableau (II.6) :

Tableau (II.6) : «les valeurs fixées pour la qualité microbiologique d'une eau destinée pour l'hémodialyse ». [40]

Paramètres	Normes
Coliformes totaux à 37 ⁰ C/100ml	0germes (GT)
Coliforme fécaux à 44 ⁰ C/100ml	0germes (GT)
Streptocoques fécaux, groupe D/100ml	0 germes (GT)
Clostridium sulfito-réducteurs/20ml	0germes (GT)

II.5. Maintien de la qualité de l'eau :

Une contamination même minime de l'eau pour l'hémodialyse, donc du dialysat, met en péril les patients. Pour garantir leur sécurité, la mise en place d'une assurance qualité globale de la chaîne d'hémodialyse permet d'optimiser l'entretien, la surveillance et le contrôle des installations de traitement d'eau.

Les points faibles de la chaîne de traitement d'eau de dialyse sont généralement les adoucisseurs, les filtres et les membranes d'osmose ainsi que les points de piquage ou les raccords sur la boucle. [23]

II.5.1. Désinfection des adoucisseurs :

En principe, un adoucisseur d'eau doit être désinfecté préventivement une fois par an. Habituellement, on utilise un désinfectant et nettoyant chimique à base de chlore et acide phosphorique. Le nettoyeur de résine est un liquide qui est coulée dans le réservoir de sel de l'adoucisseur. Pendant la régénération, la colonne de résine est nettoyée et désinfectée automatiquement. [31]

II.5.2. Changement des cartouches de charbon actif :

Les cartouches de charbon actif ne peuvent pas être régénérées et doivent être changées une fois saturées. La présence de chlore à la sortie de la cartouche est une preuve de saturation.

La désinfection et l'entretien du circuit en amont du filtre et le changement régulier du filtre luttent contre la prolifération bactérienne. [23]

II.5.3. Le contrôle d'efficacité de l'osmose inverse :

Il est important que l'osmoseur soit équipé d'un système automatique pour le rinçage de la membrane. Cette automatisation est préférable au procédé manuel pour éviter au maximum l'incrustation bactérienne et minérale de la membrane, mais aussi pour des raisons de surveillance de la qualité de l'eau.

Les systèmes disposent en général d'un conductimètre, permettant de contrôler à tout moment la qualité de l'eau osmosée et de savoir à quel moment changer la membrane. [35]

II.5.4. Désinfection de la boucle de distribution :

Dans une chaîne de traitement d'eau pour hémodialyse, le principal " point critique " est représenté par le système de distribution de l'eau osmosée vers les générateurs de dialyse. C'est à ce niveau qu'il convient de concevoir une boucle de circulation de l'eau osmosée: qualité des matériaux, procédé de désinfection permettent de prévenir toute dégradation de ses qualités physico-chimiques et microbiologiques. [23]

Chapitre (III): Présentation de la chaîne de traitement d'eau

III.1. But du projet :

Le principal objectif de notre projet est le suivi du fonctionnement de la surveillance et du contrôle de la station de traitement des eaux destinées pour diluer les solutions concentrées pour l'hémodialyse et d'étudier la qualité de l'eau brute et de l'eau traitée à travers des analyses physico-chimiques et bactériologiques.

III.2. Historique de l'hôpital Frantz-fanon :

L'hôpital Frantz fanon se situe au nord de la ville de blida, c'est le premier hôpital spécialisé en psychiatrie dans le territoire algérien, grâce à son fondateur : Frantz fanon (1925-1961). Cet hôpital offre de grande capacité grâce à sa superficie, en ce qui concerne les diverses activités et aussi un plateau technique remarquable, permettent d'assumer plusieurs fonctions pour une population diverse et nombreuse.



III.3. Présentation du service d'hémodialyse de l'hôpital Frantz fanon :

L'hôpital a ouvert un centre d'hémodialyse en décembre 2000, il représente l'unité de service médecine interne et cardiologie, le service prend en charge 45 patients par jour, et réalise 120 séances de dialyse par mois. (Figure III.1)



Figure (III.1) : « Service d'hémodialyse ».

III.3.1. La capacité d'accueil :

Le centre peut accepter, 15malades par jour dont Chacun doit bénéficier de 3 séances d'hémodialyse par semaine. (Figure III.2)



Figure (III.2) :« Salle d'hémodialyse ».

III.3.2. Objectif du traitement d'eau (service d'hémodialyse) :

Les objectifs majeurs d'une installation de traitement d'eau pour l'hémodialyse seront :

- ✓ Eliminer au maximum les sels dissous.
- ✓ Absence de toxicité pour le patient.
- ✓ Maintien de la constance physico-chimique de la solution diluée avec une bonne qualité bactériologique.

Chapitre (III): Présentation de la chaîne de traitement d'eau

III.3.3. La station de traitement d'eau (service d'hémodialyse) :

La station de traitement de l'eau de l'hôpital Frantz fanon, service d'hémodialyse est composé des sections suivantes ;(**Figure III.3**) :

- Pompage de l'eau brute.
- Cuve de stockage.
- Microfiltration de l'eau par un filtre à cartouche.
- Filtration de l'eau à l'aide d'un filtre à sable.
- Filtration à l'aide d'un filtre à charbon actif.
- Deux adoucisseurs avec bac de sel.
- Un filtre à cartouche avant l'osmoseur.
- Poste d'osmose inverse.
- Une boucle d'alimentation en PVC.

Chapitre (III): Présentation de la chaîne de traitement d'eau

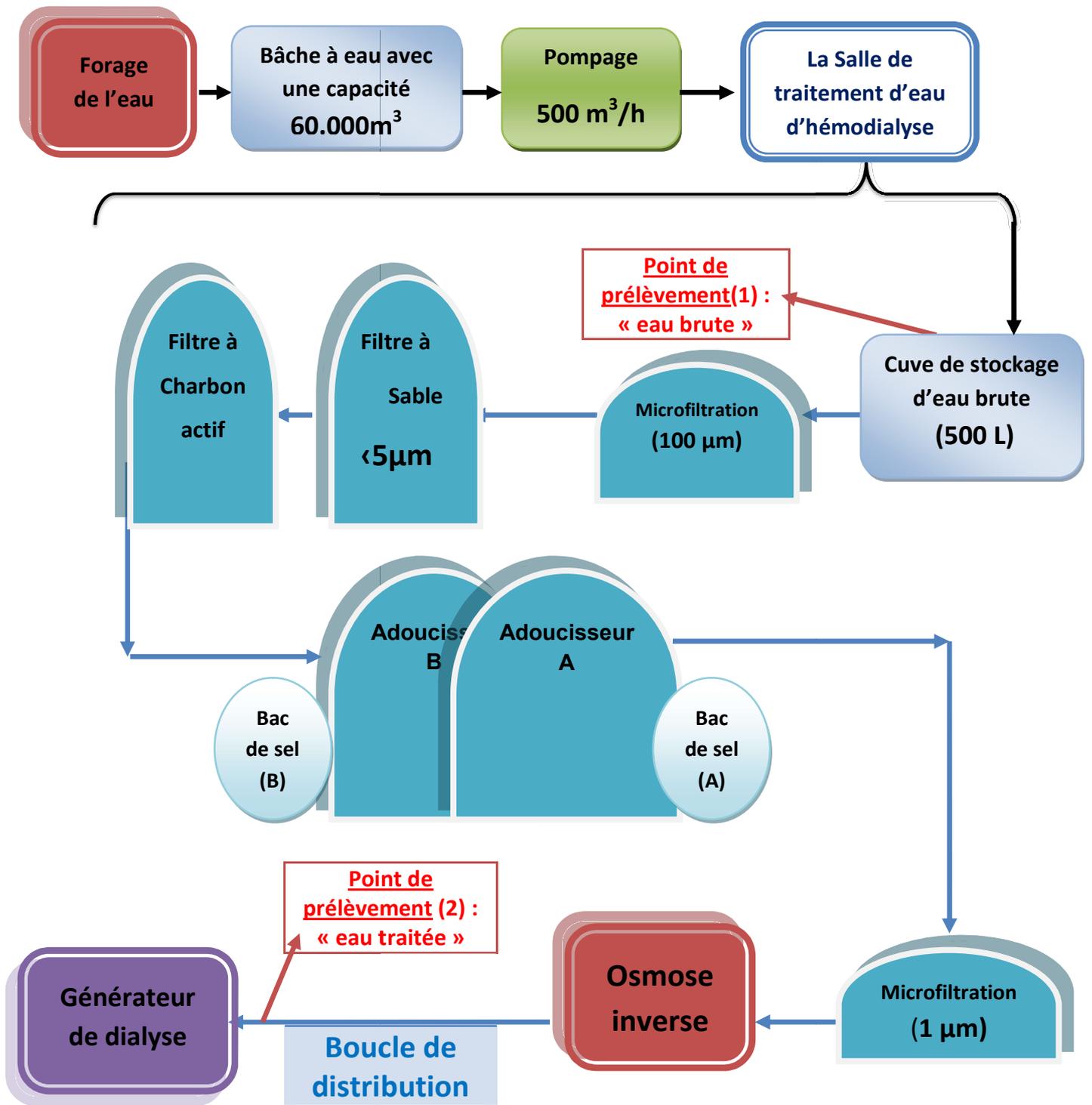


Figure (III.3) : « Schémagénéral de la chaîne de traitement de l'eau pour l'installation d'hémodialyses de l'hôpital Frantz fanon ».

Chapitre (III): Présentation de la chaîne de traitement d'eau

III.3.4. Descriptions de la chaîne de traitement d'eau :

Le circuit du traitement d'eau en hémodialyse débute avec l'eau de forage qui alimente l'hôpital Frantz fanon avec **180 m** de profondeur, et **300mm** à **400mm** de diamètre.

L'eau doit subir un traitement spécifique quel que soit sa provenance, dans le cas de l'hôpital Frantz fanon, afin d'améliorer sa pureté microbiologique.

L'utilisation d'hypochlorite de sodium comme désinfectant, permet alors de prévenir tout risque de contamination dû à des infiltrations. Et pour stocker cette eau désinfectée, nous utilisons un château d'eau. **(Figure III.4)**



Figure (III.4): « Château d'eau de l'hôpital Frantz fanon ».

III.3.4.1. Captage et pompage de l'eau :

Le captage d'eau au niveau de l'unité d'hémodialyse de l'hôpital Frantz fanon, se fait par une prise directe d'une bache à eau, qui fait agglomérer l'eau de forage.

Pour lequel, il sera installé une pompe de **500m³/h** de débit qui va pomper l'eau vers une cuve de stockage; d'où se trouve la chaîne de traitement d'eau destinée à l'hémodialyse. **(Figure III.5)**



Figure (III.5) : « La chaîne de traitement d'eau destinée à l'hémodialyse ».

III.3.4.2. La cuve de stockage :

L'eau arrive dans une cuve, non corrosive en polyéthylène, la cuve d'eau doit être rincée et nettoyée. La pompe de reprise, installée dans la cuve sert à stabiliser la pression de l'eau d'alimentation à une valeur de 5 bar vers les équipements de traitement. **(Figure III.6)**

La pompe se met automatiquement en marche l'interrupteur sur l'écran de contrôle est sur "ON". et lorsque la pression dans la cuve est inférieure à 3.5 bars 'il n'y a pas de consommation d'eau la pompe s'arrête automatiquement. **(Figure III.7)**

➤ Deux détecteurs sont installés dans la cuve :

- ✓ Le détecteur inférieur, correspond au niveau bas, protège la pompe de reprise du fonctionnement sans eau.
- ✓ Le détecteur supérieur contrôle l'électrovanne d'arrivée permet le remplissage d'eau dans la cuve, il enclenche la fermeture de l'électrovanne de remplissage.
- ✚ De même existe un manomètre, qui s'appelle « Clapetanti retour », qui sert à éviter le retour de l'eau vers la bache à eau.



Figure (III.6) : « La cuve de stockage » **Figure (III.7) :** « La pompe de captage »

III.3.4.3. Les étapes principales du traitement d'eau en hémodialyse :

Selon l'étude effectuée, au niveau du service d'hémodialyse, l'eau passe par trois étapes de traitement qui sont :

A) Les prétraitements : ce sont la première étape du traitement de l'eau.

Ils consistent à clarifier l'eau pour permettre une protection de l'installation située en aval, l'eau brute passe par :

- ✓ Un filtre à cartouche.
- ✓ Un filtre à sable.
- ✓ Un filtre à charbon actif.
- ✓ Deux adoucisseurs par résine échangeuse d'ion.
- ✓ Un filtre à cartouche avant l'osmoseur.

Chapitre (III): *Présentation de la chaîne de traitement d'eau*

❖ La microfiltration :

L'eau entrant est filtré à travers un filtre à cartouche qui élimine les impuretés jusqu'à une taille de **100 μm** . **(Figure III.8)**

Le filtre doit être lavé régulièrement afin d'éviter une chute de pression trop importante sur les filtres.



Figure (III.8): « Filtre à cartouche 100 μm ».

❖ Le filtre à sable :

L'eau d'alimentation est filtrée ensuite à travers un filtre à sable, qui élimine les impuretés les plus fines, et les particules de diamètre inférieur à **5 μm** . Ce filtre est en inox, avec une hauteur de **1,3m** et un diamètre de **54 cm**, un volume de **105L**, avec une pression de **10 bars**. **(Figure III.9)**

Les plus grandes particules de sable sont placées en bas du filtre, les particules fines en haut.

(Figure III.10)



Figure (III.9) : « Filtre à sable » **Figure (III.10) :** « Boite de contrôle électrique »

Le filtre à sable s'encrasse naturellement lors de son utilisation. Plus le filtre s'encrasse et plus la pression de l'eau augmente dans le filtre nous avons une diminution de la pression en sortie et le filtre est moins efficace ; Ceci est due à l'agglomération des matières en suspensions. Les filtres sont nettoyés automatiquement.

❖ L'adsorption sur charbon actif :

L'eau passe ensuite dans un filtre à charbon actif, sous forme de cylindre en INOX de même taille que le filtre à sable, dont le matériau filtrant se compose de particules de charbon actif, qui adsorbent les substances organiques et le chlore. (Figure III.11)



Figure (III.11) : « Filtre à charbon actif »

Ce filtre est constitué d'une couche de gravier filtrant, une seconde couche de sable et d'une dernière couche de charbon actif en poudre.

Lorsque les filtres de charbon actif ne sont plus performants (perte de charge due au colmatage, diminution de la qualité du filtrat) ; le lit subit un lavage à contre-courant, ce qui permet de décolmater le filtre, et de lui restituer ses performances. L'eau coule à grand débit sans résistance vers le haut à partir du distributeur.

❖ **L'adoucissement** :

Les adoucisseurs réduisent la dureté de l'eau, pour empêcher le « syndrome de l'eau dure » chez les patients dialysés, et aussi pour protéger les membranes d'osmose inverse très fragiles.

Chapitre (III): Présentation de la chaîne de traitement d'eau



Figure (III.12) :« Les adoucisseurs »

Il existe deux adoucisseurs fonctionnant en alternance constitués d'une résine cationique cédant ses ions sodium pour retenir les ions calcium, et les ions magnésium. Quand tout le sodium a été échangé, la résine est dite saturée et doit être régénérée au moyen d'une solution concentrée de chlorure de sodium NaCl. **(Figure III.12)**

➤ **L'adoucisseur est composé des éléments suivants :**

- Deux bonbonnes en fibre de verre contenant une résine cationique fort d'échange d'ion, chaque bonbonne est munie d'une tête de contrôle centrale, et d'une soupape d'électrovanne sur la ligne de sortie.
- Une unité de contrôle électronique :

L'unité de contrôle électronique sert à contrôler le fonctionnement du système d'adoucissement, ce dispositif décrit le fonctionnement alternatif des adoucisseurs (A et B), un seul est en opération pendant que l'autre est en régénération. **(Figure III.13)**



Figure (III.13) : « Boite de contrôle électrique »

- Un débitmètre générateur d'impulsion :

Un compteur d'eau à impulsions, installé sur la ligne de sortie d'eau adoucie, des adoucisseurs donne une impulsion tous les **100 litres**, et quand le volume (correspondant à **5 impulsions**) à travers le compteur, l'unité de contrôle ferme l'électrovanne de sortie du filtre en fonctionnement et ouvre celle de l'autre. (**Figure III.14**)



Figure (III.14) : « Un débitmètre générateur d'impulsion »

Chapitre (III): Présentation de la chaîne de traitement d'eau

- **La régénération :**

Afin de restituer à la résine son état initial, un processus appelé « régénération » sera mis en place, pendant ce processus, la résine est immergée dans une solution de chlorure de sodium de 8 à 10% également appelé saumure, le cycle de la régénération dure **120min**.

- **Système de saumurage :**

La consommation de sel est déterminée par la quantité d'eau. (1litre = 0.45 kg de sel).

(Figure III.15)



Figure (III.15) : « La cuve de saumurage »

- ❖ **Lamicrofiltration :**

L'eau est ensuite filtrée à travers un filtre à cartouche, situé avant l'osmoseur, qui élimine les impuretés de 1 μm . Le filtre doit être changé régulièrement, après une période de fonctionnement d'un mois. (Figure III.16)



Figure (III.16): « Filtre à cartouche-1 μm »

B) Le traitement par l'osmose inverse :

La seconde étape du traitement de l'eau consiste à faire passer osmoseur.

Dans un osmose inverse est une technologie membranaire de séparation, qui présente de maintenir une qualité adéquate, du liquide de dialyse. **[Figure III.17 (1, 2)]**



Figure (III.17.1) :« Poste d'osmose inverse fermé »

Dans l'unité d'osmose inverse, il existe deux membranes, Tel que l'eau d'entrée se divise en deux volets. La solution d'alimentation est la solution à traiter. Elle est injectée dans la membrane par l'intermédiaire d'une pompe.

Le concentrât est la solution qui est rejetée et qui n'a pas traversé la membrane ; elle est chargée en soluté (sels, matières organiques).

Le perméat est la solution qui a traversé la membrane, qui est purifiée. Elle est collectée dans le tube central et recueillie en sortie de la membrane.

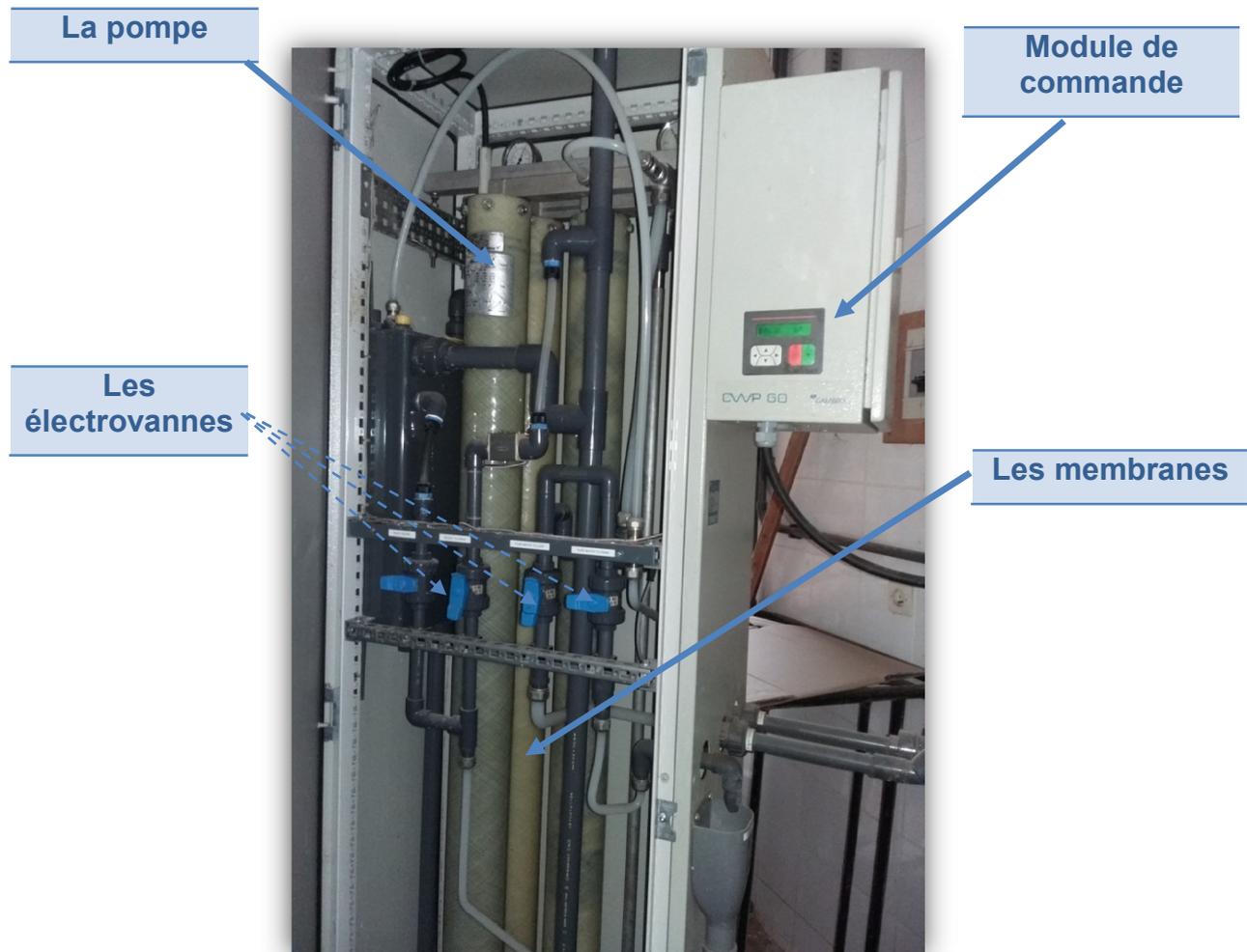


Figure (III.17.2) : «Poste d'osmose inverse ouvert »

➤ Caractéristiques techniques :

La porosité des filtres utilisés est inférieure à **0.1nm**, les membranes ont une configuration spiral, de nature polyamide modifié, composite en couche mince, avec **400 mm** pour la profondeur, **810mm** largeur, et **2000mm** pour la hauteur.

- Débit d'entrée = **13 l/min.**
- Débit de rejet = **8 l/min**

Chapitre (III): Présentation de la chaîne de traitement d'eau

➤ Procédure de décalcification :

Le module d'osmose inverse passe par trois phases :

- **Phase 1** : circulation interne et addition de désinfectant.

Le service de dialyse utilise l'acide citrique comme désinfectant ; la quantité mise est de 1kg .la solution désinfectante est ajoutée dans le réservoir d'eau brute qui se trouve au niveau de l'osmoseur, avec un temps d'aspiration d'1 min et un temps de repos de **5 min** (opération alternatif), La durée de cette phase est de **30 min**. (**Figure III.18**)



Figure (III.18) : «Réservoir de la solution désinfectante »

- **Phase 2** : Temps de contact

Laisser l'acide citrique agir dans les membranes de l'osmoseur pendant **2 heures**.

- **Phase 3** : rinçage avec de l'eau pendant **4 heures**.

➤ Module de commande :

L'osmose inverse est commandée par le module de commande situé sur le côté droit. Ce module sert aussi pour obtenir des informations sur les alarmes et pour les réglages .l'afficheur du terminal donne des informations sur l'état opérationnel du système. (**Figure III.19**)

Chapitre (III): Présentation de la chaine de traitement d'eau

Il permet d'afficher :

- ✚ La conductivité de l'eau brute en $\mu\text{S}/\text{Cm}$
- ✚ Le mode de désinfection par un code spécial
- ✚ L'heure exacte.



Figure (III.19) : « Module de commande »

➤ Maintenance :

Le débit de rejet doit être contrôlé régulièrement, un réglage incorrect risque d'augmenter l'encrassement des membranes du module d'OI.

S'il y avait une augmentation signification de la conductivité de l'eau pure ou une diminution du débit, l'appareil a besoin d'être nettoyer.

Alors la qualité d'eau osmosée est vérifiée par la mesure de sa conductivité et comparaison avec la conductivité de l'eau d'alimentation.

- ✚ **Si** : la conductivité $<25 \mu\text{S}/\text{Cm}$: bonne qualité de l'eau = la décalcification se fait une fois par mois.
- ✚ **Si** : la conductivité $<50 \mu\text{S}/\text{Cm}$: moyenne qualité= tous les 15 jours.
- ✚ **Si** : la conductivité $>50 \mu\text{S}/\text{Cm}$: mauvaise qualité= chaque semaine

Chapitre (III): Présentation de la chaîne de traitement d'eau

C) Distribution :

La dernière étape du traitement de l'eau est la distribution du perméat, à partir de l'unité d'osmose inverse au service d'hémodialyse.

C'est le captage de l'eau de la boucle par une vanne de distribution à un générateur par un tuyau allant de à la machine.

L'eau continue de circuler dans la boucle 24 heures sur 24, afin d'éviter la stagnation de l'eau et ainsi la prolifération bactérienne, la boucle de distribution doit être la plus continue possible, et ne doit pas comporter des bras ou d'angles droits. Une désinfection chimique par le chlore se fait une fois par an.

III.3.5. Eau pour dilution des solutions concentrées d'hémodialyse :

Le service d'hémodialyse de l'hôpital Frantz fanon utilise une solution concentrée de nature acétate-bicarbonate, c'est une solution de sel qui comprend du **chlorure de sodium**, du **bicarbonate** ou **del'acétate de sodium**, du **chlorure de calcium**, du **chlorure de potassium** et du **chlorure de magnésium**, le tableau (III.1) représente sa composition :

Tableau (III.1) : « Composition de la solution concentrée en g/l »

NaCl	KCl	MgCl ₂ (6H ₂ O)	CaCl ₂ (2H ₂ O)	CH ₃ COOH
214,8	5,22	7,12	9,00	6,30

L'unité d'hémodialyse de l'hôpital Frantz fanon, prépare le dialysat en utilisant un mélange d'acétate et de bicarbonate dilué dans **34L** d'eau ultra pure, le but est d'obtenir une solution isotonique qui, au contact de la membrane de dialyse, permet les échanges diffusifs souhaités avec le sang.

Le dialysat préparé par le générateur est transportée vers le dialyseur sous un débit de **500 ml/min**. Le débit de dialysat est contrôlé à l'aide de débitmètre placé en amont de l'hémodialyseur. Le générateur de dialyse doit être désinfecté régulièrement après chaque séance d'hémodialyse, le soir et en fin de semaine. (Figure III.20)

Chapitre (III) : Présentation de la chaîne de traitement d'eau

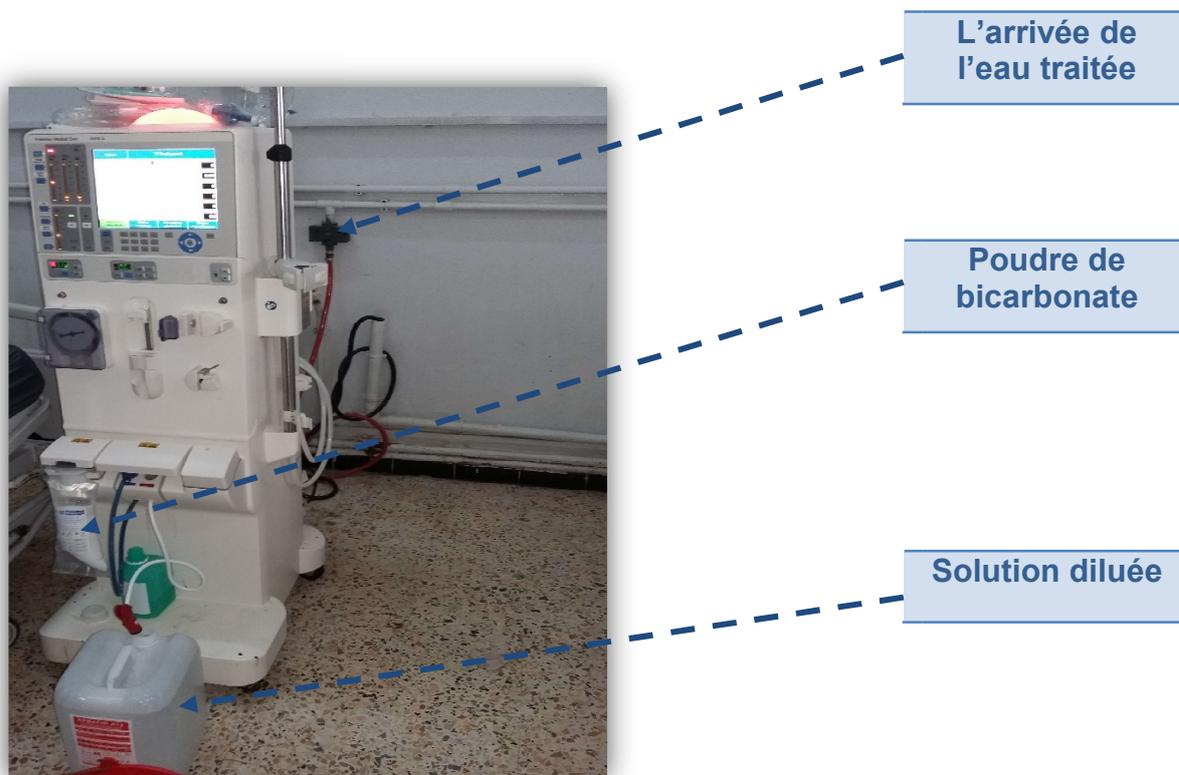


Figure (III.20) : « Générateur d'hémodialyse ».

Notre travail a été réalisé au sein de l'hôpital «Frantz fanon» de la wilaya de Blida au service d'hémodialyse, au niveau de la station de traitement d'eau, durant une période qui s'est étalée du mois de mars jusqu'au mois de mai 2017.

Notre étude repose sur un nombre de prélèvement d'eau en amont (eau brute), et en aval après l'osmoseur (eau traitée), afin de pouvoir réaliser des analyses physico-chimiques et bactériologiques de cette eau destinée à la dilution des solutions concentrée pour l'hémodialyse.

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au niveau de laboratoire de l'ADE-Chiffa (Blida), et les analyses bactériologiques au niveau du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida.

IV.1. Echantillonnage :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate, à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et leurs interprétations, l'échantillon doit être homogène, représentatif et être obtenue sans modifier les caractéristiques physico-chimiques ou microbiologiques.

IV.2. Prélèvements :

➤ Pour les analyses physico-chimiques, les prélèvements ont été faits de la manière suivante :

- La prise d'eau est effectuée dans des bouteilles en verre de 200 ml.
- Laisser couler l'eau pendant 10 min.
- Rincer les bouteilles de la prise d'eau 3 fois avec l'eau à analyser.
- Remplir les bouteilles, puis indiquer le nom, la date, et l'heure du prélèvement sur la bouteille (Le transport des échantillons est fait sous obscurité et ils ont été conservés à 4°C). [17]

- Pour l'analyse bactériologique, nos prélèvements ont été faits de la manière suivante :
- La prise d'eau est faite dans des flacons stériles, en verre de 200 ml.
 - Avant d'effectuer le prélèvement, laver soigneusement les mains, les rincer à l'alcool, puis les laisser sécher.
 - Faire passer un coton contenant de l'alcool sur le robinet.
 - Flamber le robinet et laisser couler 3 à 5 min avant de faire le prélèvement.
 - Flamber le sommet du flacon et le remplir presque entièrement.
 - Flamber à nouveau et mettre le bouchon.
 - Le prélèvement est terminé, étiqueter, nommer, et numéroter les flacons.
 - Après le prélèvement, on maintient l'échantillon à 4°C. [17]
- Une série d'analyses ont été faites sur des échantillons prélevés en deux points différents, qui sont indiqués dans le tableau (IV.1).

Tableau (IV.1) : « Les points de prélèvement des échantillons d'eaux du service d'hémodialyse »

Echantillons	Points de prélèvement des échantillons d'eaux
(1)	Eau brute (eau de forage).
(2)	Eau traitée (Après l'osmoseur).



IV.3. Matériels :

IV.3.1. Appareillages :

A) Les analyses physico-chimiques : [Voir Annexe (a)]

- PH-mètre.
- Conductimètre.
- Turbidimètre.
- Agitateur magnétique
- Balance analytique.
- Plaque chauffante.
- Spectrophotomètre.

B) Les analyses bactériologiques : ([Voir Annexe (b)])

- Bec benzène.
- Etuve à 37⁰C
- Etuve à 44⁰C.
- Bain marie.

IV.3.2. Verreries :

A) Les analyses physico-chimiques :

- Béchers.
- fioles et pipettes.
- Burette.

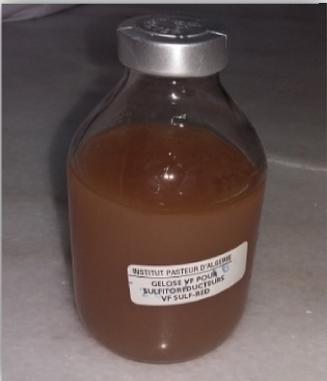
B) Les analyses bactériologiques :

- Les tubes à essais.
- Des flacons.
- Des portes tubes.

IV.3.3. Les réactifs utilisés :

Les analyses physico-chimiques	
Mesure du pH	Les solutions Tampons (PH =4, PH=7. PH=9) pour l'étalonnage de l'appareil « PH-mètre ».
Mesure de la conductivité	Les solutions Tampons (1413 (μS/cm).) pour l'étalonnage de l'appareil « Le conductimètre».
La dureté totale	<ul style="list-style-type: none"> • Solution tampon PH=10(ammoniacal). • Indicateur noir d'erichrome. • Solution standard EDTA.
Dosage du calcium et magnésium (Ca²⁺ et Mg²⁺)	<ul style="list-style-type: none"> • Solution d'hydroxyde. • Indicateur Murexide. • Solution standard EDTA.
Détermination de l'alcalinité	<ul style="list-style-type: none"> • Réactif phénophtaléine. • Acide chlorhydrique (HCl). • indicateur bromocrésol vert et méthyle orange.
La matière organique	<ul style="list-style-type: none"> • Acide sulfurique [H₂SO₄]. • Le permanganate de potassium (KMnO₄). • Oxalate de sodium(Na₂CO₄) à5mol/l.
Dosage des chlorures	<ul style="list-style-type: none"> • Chromate de potassium (k₂CrO₄). • Solution de nitrate d'argentAgNO₃.
Dosage des nitrates (NO₃⁻)	<ul style="list-style-type: none"> • Solution d'hydroxyde de Sodium. • Solution de Salicylate de sodium. • Acide sulfurique.
Dosage des nitrites (NO₂⁻)	<ul style="list-style-type: none"> • Ammoniaque pure (d=0,928). • Réactif de Zambelli.
Dosage des sulfates (SO₄²⁻)	<ul style="list-style-type: none"> • Solution stabilisante. • Chlore de baryum.
Dosage de l'ammonium (NH₄⁺)	<ul style="list-style-type: none"> • Réactif de Dichloroisocyanurate de sodium. • Réactif coloré (130 g de salicylate de sodium et 130 g de citrate trisodique di hydrate dans l'eau contenue dans une fiole de 1000ml, ajouter 0,97 g de nitroprussiate de sodium et compléter à 1000ml avec de l'eau distillée).

Les analyses bactériologiques

<p>Coliformes totaux à 37 °C/100ml. Coliforme fécaux à 44°C/100ml</p>	<p>Bouillon pourpre de bromocrésol BCPL (D/C) et (S/C)</p> 	<p>Milieu Schubert</p> 	<p>Réactif (Kovacs)</p> 
<p>Streptocoques fécaux, (groupe D) /100ml</p>	<p>Milieu Roth (D/C) et (S/C)</p> 	<p>Milieu Evalitsky</p> 	
<p>Clostridium sulfito-réducteurs/20ml</p>	<p>Gélose viande foie (VF)</p> 		

IV.4. Méthodologie :

IV.4.1. Les analyses physico-chimiques :[Voir Annexe (a)]

1) Mesure du pH :

Le potentiel d'hydrogène correspond, pour une solution diluée, à la concentration d'ions hydrogènes. Il mesure l'acidité ou la basicité d'une eau, c'est un paramètre très important pour la détermination de l'agressivité de l'eau.

➤ Principe :

La mesure du pH d'une solution s'appuie sur la mesure du potentiel d'une électrode à hydrogène plongée dans la solution.

2) Mesure de la conductivité :

La mesure de conductivité est un procédé simple à mettre en œuvre pour déterminer et surveiller la concentration totale en sels dans les eaux.

➤ Principe :

La conductivité d'une solution est définie comme la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité électrique est exprimée en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

3) Mesure de la turbidité :

La turbidité de l'eau vient de la présence de diverses matières en suspension telles que les argiles, le limon, la matière organique et minérale en fines particules, le plancton....etc.

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute.

➤ Principe :

La turbidité est mesurée par un turbidimètre de lecteur direct. L'unité est le « NTU », les mesures s'effectuent simplement après calibrage de l'appareil. [17]

4) La dureté totale (TH) :

Le TH appelé aussi le titre hydrométrique d'une eau correspond essentiellement à la présence des sels de calcium et de magnésium, ces deux éléments sont responsables de la dureté de l'eau.

➤ Principe :

La dureté totale ou le titre hydrométrique (TH) d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas elle est surtout due ions Ca^{2+} et Mg^{2+} .

5) Dosage du calcium et magnésium (Ca^{2+} et Mg^{2+}) :

Le calcium est un métal alcalino-terreux, extrêmement répandu dans la nature. Il est considéré comme le composant majeur de la dureté. Le magnésium aussi est un élément significatif de dureté de l'eau.

➤ Principe :

Titration des ions calcium en solution aqueuse de sel de sodique d'EDTA. Le murexide qui forme un complexe avec le calcium, est utilisé comme indicateur coloré.

6)- Détermination de l'alcalinité :

L'alcalinité d'une eau, correspond à la présence d'ions hydroxydes OH^- , de carbonates et de bicarbonates HCO_3^- .

Le titre alcalimétrique TA, et la titre alcalimétrique complet TAC, traduisent l'alcalinité d'une eau. La connaissance de ces valeurs est essentielle pour l'étude de l'agressivité d'une eau,

Le TA et le TAC mesurent respectivement les concentrations en OH^- et CO_3^{2-} ; et l'ensemble des anions HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^-

➤ Principe :

On évalue l'alcalinité d'une eau par le dosage acidimétrique des carbonates CO_3^{2-} et d'hydrogénocarbonates HCO_3^- . [17]

7)-Dosage des chlorures (Cl) :

L'eau contient toujours des chlorures, mais en proportion très variable. En effet, les eaux prévenant des granitiques sont pauvres en chlorures, alors que les eaux des régions sédimentaires en contiennent d'avantage, La teneur en chlorures d'une eau dépend de l'origine de l'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse.

➤ Principe :

Les chlorures sont doses en milieu neutre par une 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.

8)- Dosage des sulfates (SO₄²⁻):

En générale, les sulfates sont rencontrés sous forme de sulfates magnésiens ou calcique dans les eaux dures à forte concentration ; ils peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux, ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable.

➤ Principe :

Les ions sulfates sont précipités et dosés à l'état de sulfate de baryum suivant la réaction :



9)- Les paramètres de pollutions : (MO, PO₄³⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻) :

Toute présence excessive de ces paramètres (MO, PO₄³⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻) dans l'eau de consommation est néfaste pour la santé, car leur présence est un signe de pollution, qui doit être traité avant la distribution au consommateur. [17]

✓ La matière organique (MO) :

➤ Principe :

Chauffage d'un échantillon dans une plaque chauffante en présence d'une quantité connue de permanganate de potassium et d'acide sulfurique pendant une période donnée (10 min).

Réduction d'une partie du permanganate par les matières oxydables de l'échantillon et

Détermination de l'excès de permanganate par addition d'un excès d'une solution d'oxalate, suivi par un titrage de l'oxalate en excès par le permanganate.

✓ Dosage des phosphates (PO_4^{3-}) :

➤ Principe :

C'est une réaction des ions ortho phosphates avec une solution acide contenant des ions molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate.

✓ Dosage de l'ammonium (NH_4^+) :

➤ Principe :

Mesure spectrométrique des NH_4 par les ions salicylate en présence de nitroprussiate de sodium.

✓ Dosage des nitrates (NO_3^-) :

➤ Principe :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

✓ Dosage des nitrites (NO_2^-) :

➤ Principe :

Le principe du dosage repose sur la formation d'un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.[17]

IV.3.2. Les analyses bactériologiques :[Voir Annexe (b)]

1) Recherche et dénombrement des bactéries coliformes (totaux et fécaux) :

Les coliformes totaux sont des bâtonnets, à Gram négatif, facultatifs, non sporulés. L'absence de coliformes totaux ne signifie pas nécessairement que l'eau ne présente pas de risque pathogène.

Les coliformes fécaux se distinguent des coliformes totaux par leur température de prolifération qui est de 44°C, L'espèce la plus fréquemment associée aux coliformes fécaux est l'Escherichia coli, qui est une bactérie spécifiquement d'origine fécale. Les coliformes fécaux sont donc des organismes indicateurs de la qualité de l'eau.

a) Principe :

Cette méthode consiste à la recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermo tolérants et des Escherichia Coli en milieu liquide par la technique de nombre le plus probable (NPP).[Voir Annexe (b)]

b) Lecture :

Les résultats sont positifs, les tubes présente à la fois :

- ✓ Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche) et trouble microbien accompagne d'un virage du milieu au jaune.
- ✓ Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par Echerichia coli après l'utilisation de 2 à 3 gouttes du réactif KOVACS.

2) Recherche et denombrement des streptocoque fécaux (groupe D) :

Les streptocoques fécaux appartiennent à un groupe de streptocoques qui ne sont pas tous d'origine fécale (groupe D). Toutefois, leur recherche associée à celle des coliformes fécaux constitue un bon indice de contamination fécale.

a) Principe :

Leur recherche utilise un milieu de présomption de Roth et un autre de confirmation de l'Evalitsky en cas d'obtention d'un résultat positif dans le premier test. [40]

b) Lecture :

Les résultats sont positifs, les tubes présente à la fois :

- ✓ Un trouble microbien (l'objet d'un repiquage sur le milieu Evalitsky dans le but d'être justement confirmé).
- ✓ Pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes, (l'objet d'un repiquage sur le milieu Evalitsky).

c) Recherche et dénombrement des spores d'anaérobies sulfito-réducteurs :

Les clostridium sulfito-réducteurs sont des germes capables de se reproduire et de se maintenir très longtemps dans l'eau sous une forme végétative.

Leur absence dans une nappe souterraine ou une nappe alluviale est un signe d'efficacité de la filtration naturelle.

a) Principe :

La recherche de Clostridium se fait selon la méthode suivante : La méthode générale sur gélose viande-foie à 37°C.

b) Lecture :

Après l'incubation, on comptera les colonies noires, chacune étant issue d'une bactérie anaérobie sulfito-réductrice ou d'une spore de Clostridium sulfito-réducteur. **[40]**

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats des analyses physico-chimiques, et bactériologiques effectuées respectivement au niveau du laboratoire de L'ADE-Chiffa, et du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida.

L'interprétation de ces résultats sera faite par rapport aux normes des eaux destinées à l'hémodialyse.

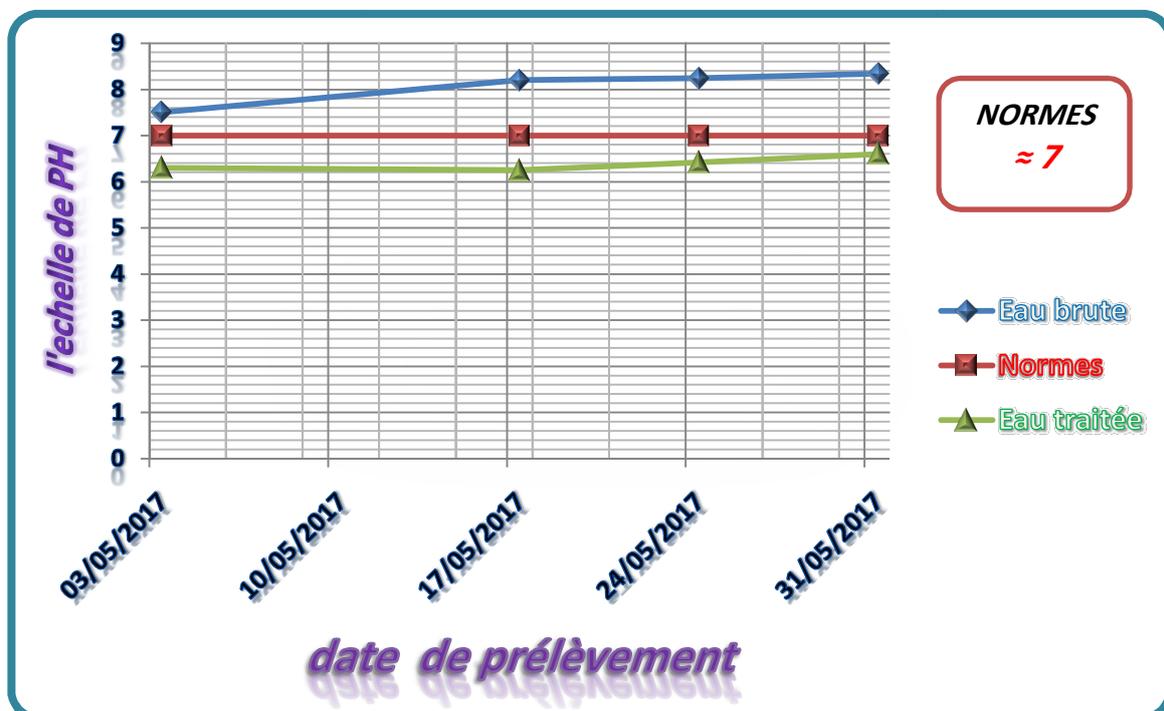
V.1. Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques :

Le tableau (N°1) représente les résultats des analyses physico-chimiques pour les quatre prélèvements effectués de l'eau brute (EB). [Voir Annexe (a)]

Le tableau (N°2) représente les résultats des analyses physico-chimiques pour les quatre prélèvements effectués de l'eau traitée (ET). [Voir Annexe (a)]

V.1.1. variation du pH :

- La figure (V.1) représente la variation du pH des différentes eaux.



Figure(V.1) : «Variation du pH en période d'analyse».

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés, il varie habituellement entre 6.5 et 8.5.

Pour l'eau brute, on remarque que les valeurs allant de 7.5 à 8.34, et cette augmentation est due à l'injection de l'hypochlorite de sodium, qui fait augmenter légèrement le pH :



Et pour l'eau traitée, le pH diminue à cause de la rétention des ions HCO_3^- par les membranes. D'après les résultats obtenus, l'eau traitée est conforme aux normes des eaux destinées à l'hémodialyse.

V.1.2. variation de la conductivité :

- La figure (V.2) représente la conductivité des eaux différentes.

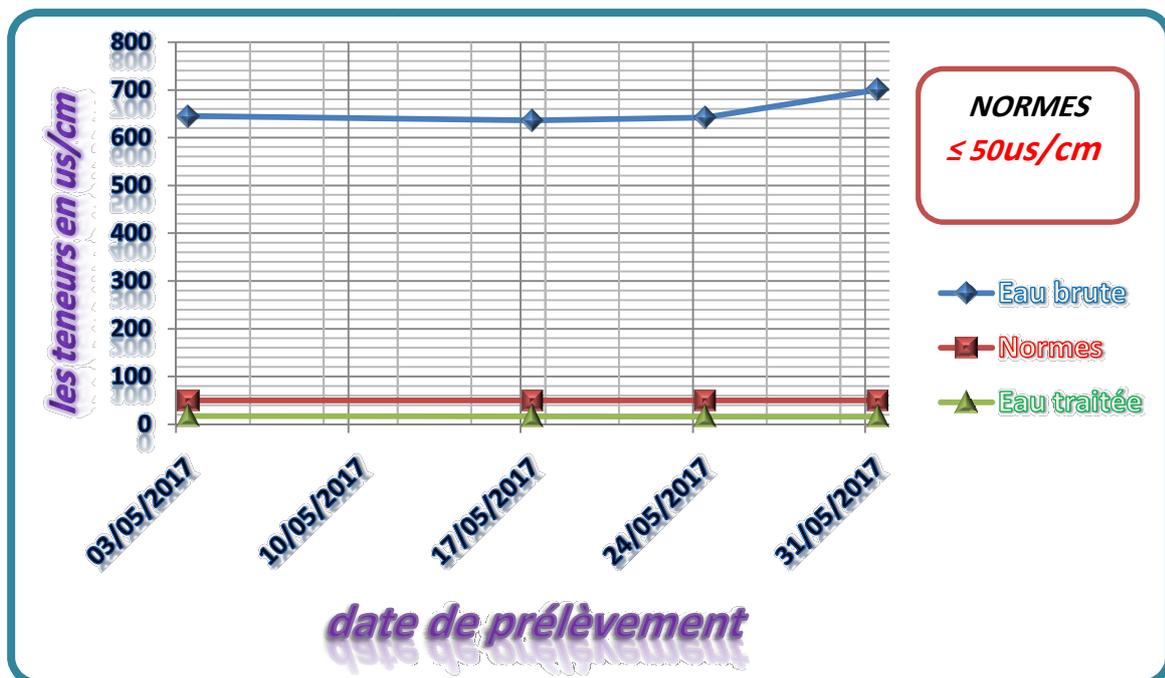


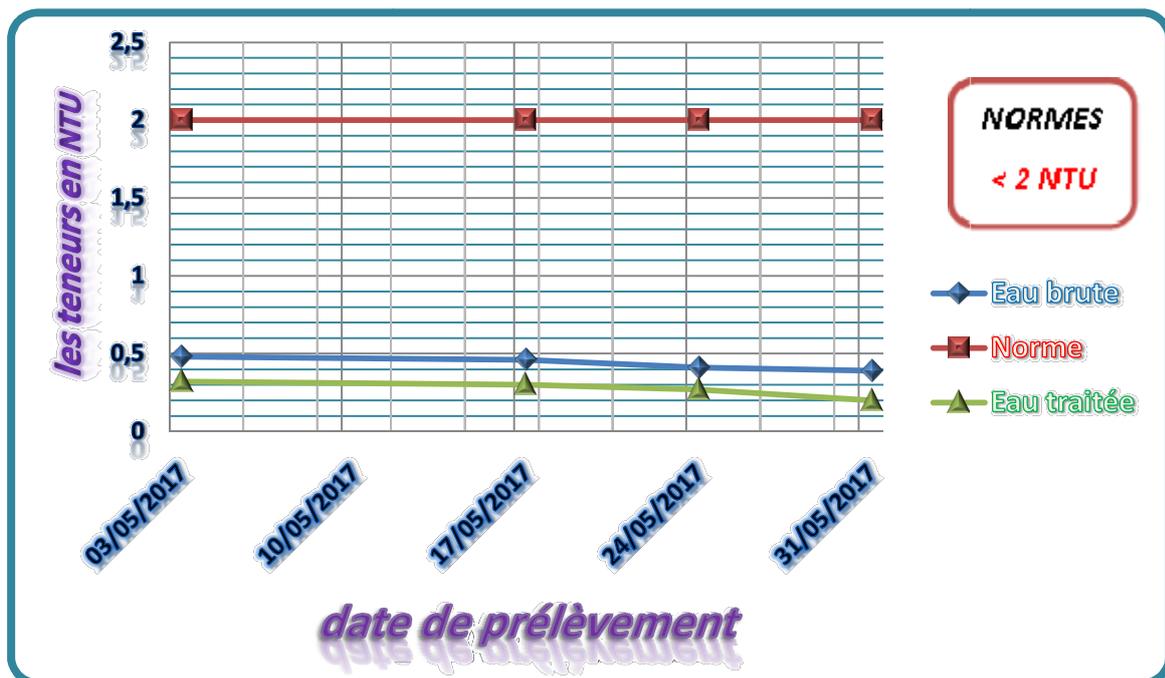
Figure (V.2) : «Variation de la conductivité en période d'analyse».

Pour l'eau brute, il apparaît sur le graphe une certaine variation des valeurs comprise entre 600 et 700 $\mu\text{s}/\text{cm}$, cela indique que l'eau brute représente une eau d'une minéralisation moyenne.

Pour l'eau traitée, après passage de l'eau par les différents équipements de traitement, les valeurs se trouvent dans un intervalle de [15 à 16µs/cm], cette chute importante reflète le bon fonctionnement de cette chaîne de traitement, donc à partir des résultats obtenues, l'eau traitée est conforme aux normes des eaux destinées pour l'hémodialyse.

V.1.3. Variation de la turbidité :

- La Figure(V.3) représente la turbidité des différentes eaux.



Figure(V.3):«Variation de la turbidité en période d'analyse».

La turbidité de l'eau a pour origine la présence des matières en suspension qui donnent un aspect trouble à l'eau. Dans notre cas, l'eau brute est une eau souterraine, ces eaux sont caractérisées par une faible turbidité à cause de l'infiltration de ces eaux à travers des couches de la terre (absence de colloïdes, microorganismes, et micro polluants organiques ou minérales).

D'après les analyses effectuées sur la turbidité de l'eau traitée, les valeurs sont très faibles, elles sont inférieures à 0,5NTU. Ainsi cette eau est conforme aux normes des eaux destinées pour l'hémodialyse.

V.1.4. Variation du TH :

- La Figure (V.4) représente la variation de la dureté des différentes eaux.

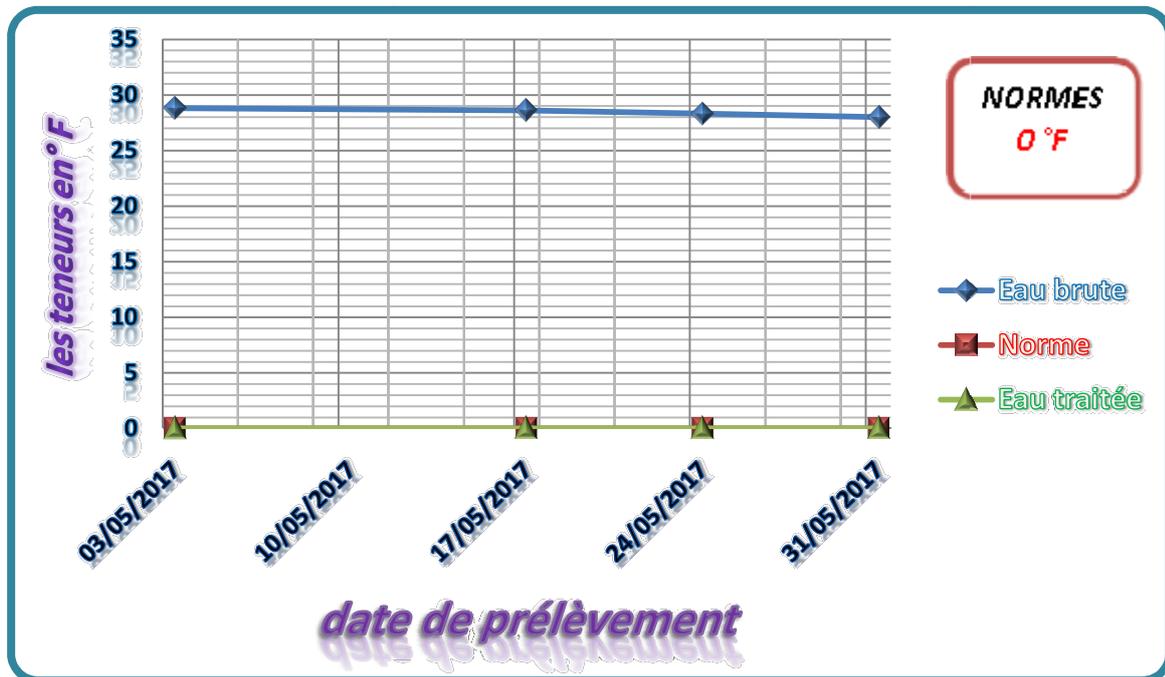


Figure (V.4) : «Variation de la dureté en période d'analyse ».

On remarque que l'eau brute a un TH estimé approximativement à 28⁰F, cette valeur indique que l'eau brute est moyennement dure.

Par contre pour l'eau traitée, le TH est nul, à cause du passage de l'eau dans les adoucisseurs ; celle-ci élimine les cations (Ca^{2+} , Mg^{2+}) qui sont responsables de la dureté de l'eau.

V.1.5. Variation de la concentration du calcium et du magnésium :

- LaFigure (V.5)représente la variation de la concentration en calcium et en magnésium.

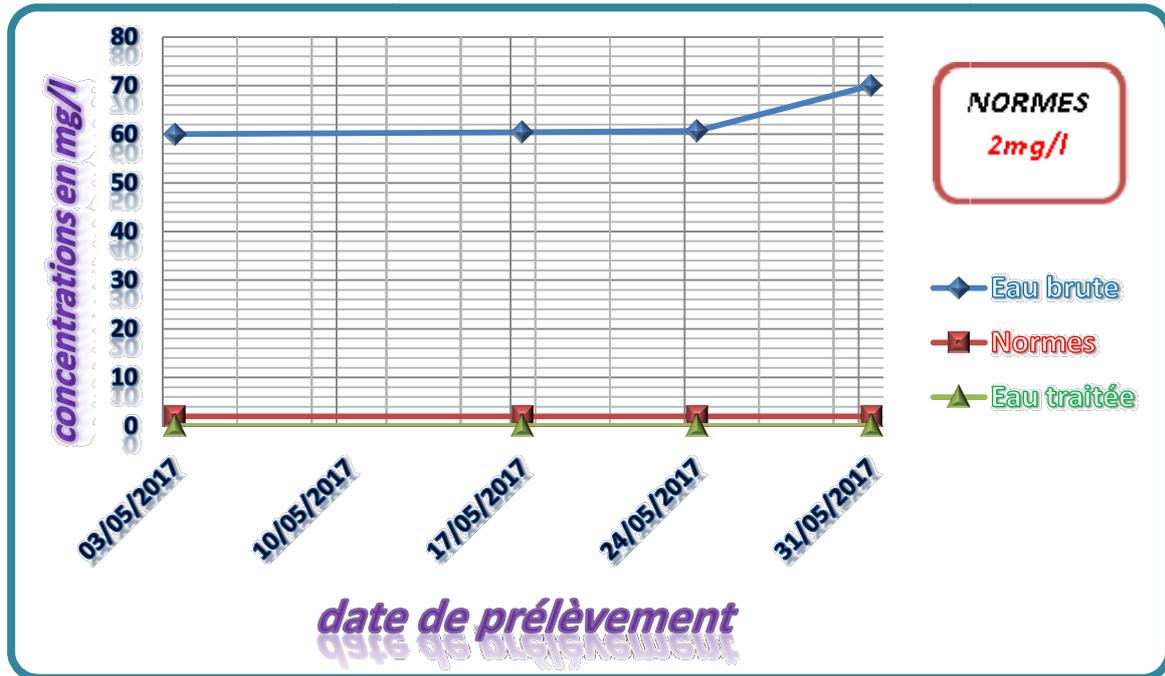
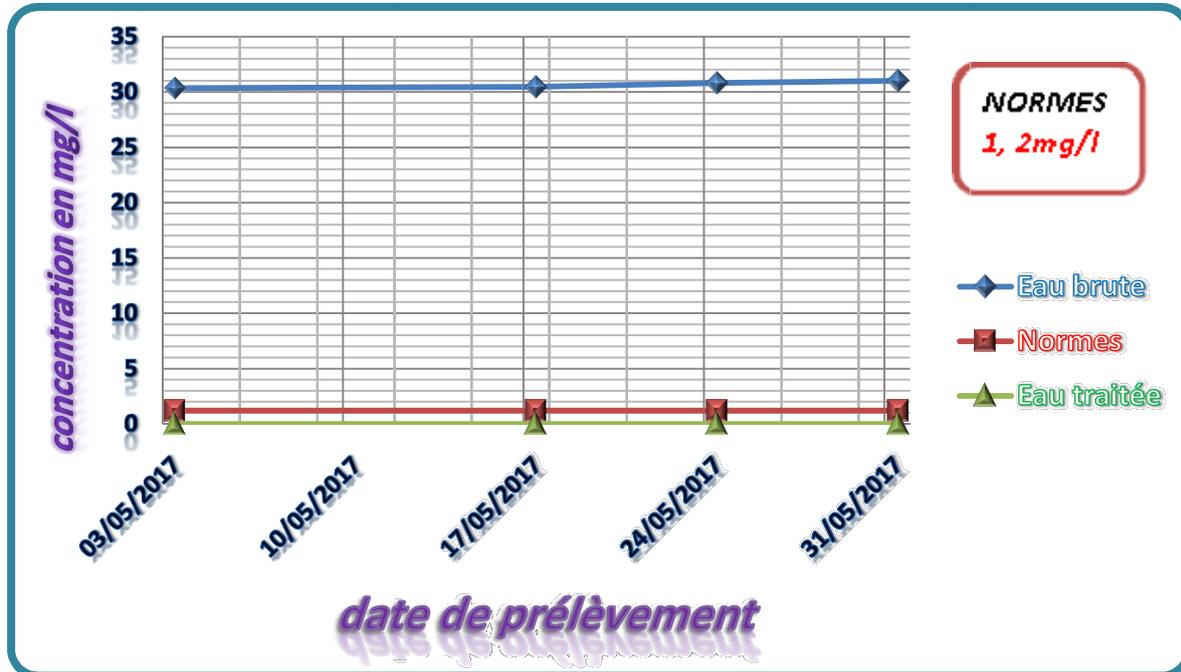


Figure (V.5.1) :« Variation de la concentration en calcium en période d’analyse».



Figure(V.5.2) :« Variation de la concentration en magnésium en période d’analyse».

D'après la figure, a une concentration en Ca^{2+} comprise entre **60 et 70mg/l**, et une concentration en Mg^{2+} comprise entre **30 et 31 mg/l**. Cette eau est une eau de forage, elle présente des caractéristiques relativement constantes, et les teneurs varient essentiellement suivant la nature des terrains traversés.

Mais pour l'eau traitée, les valeurs des concentrations en calcium et en magnésium sont nulles ceci est justifié, car l'eau est traitée dans des adoucisseurs et le bon fonctionnement des résines, et les membranes d'osmose inverse, Alors on peut conclure que cette eau traitée est de bonne qualité physico-chimique.

V.1.6. Variation de l'alcalinité:

- La Figure (V.6) représente la variation du TAC pour les différentes eaux.

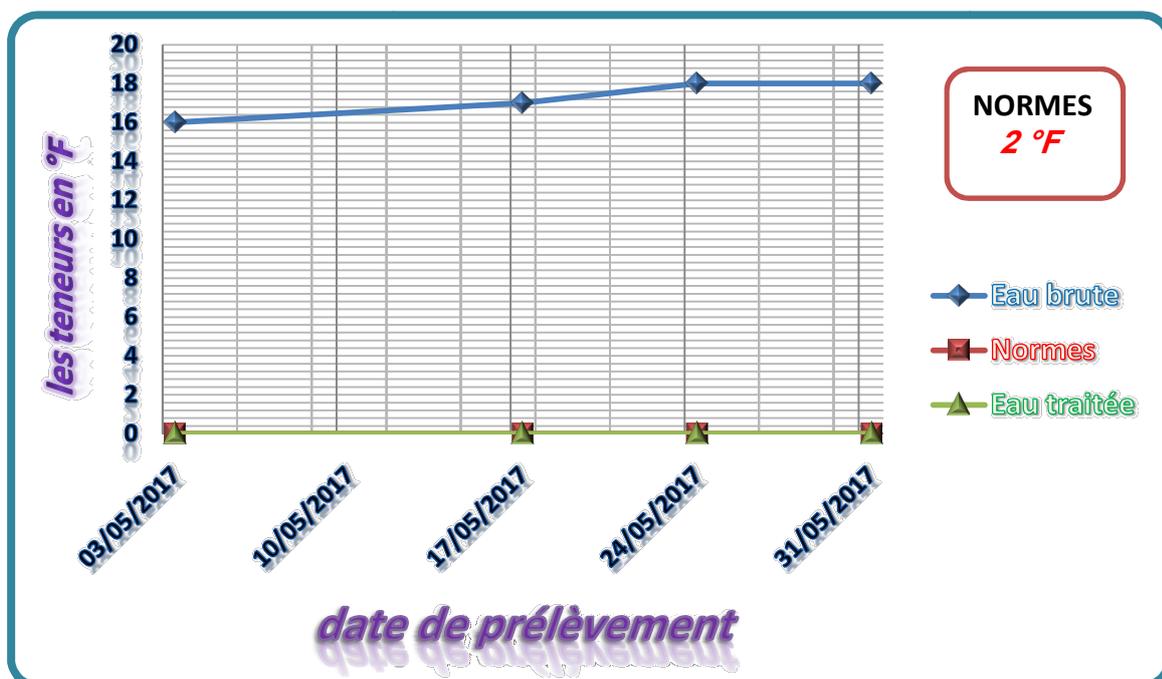


Figure (V.6) : «Variation du TAC en période d'analyse».

Pour l'eau brute étudiée, la variation du **pH** est comprise entre **7.5 et 8.3**, et cela explique la présence du bicarbonate HCO_3^- , avec des teneurs de **195 à 226mg/l**, et de CO_3^{2-} , OH^- de l'ordre de 0mg/l.

Le TAC est estimé approximativement à **18°F**, concernant le TA, il représente une teneur égal à zéro.

D'après les résultats des analyses effectuées, nous avons remarqué que le TAC et le TA est nul, pour l'eau traitée, c'est-à-dire, la concentration des ions CO_3^{2-} est nulle. Par contre, la teneur des bicarbonates est comprise entre 6 à 17mg/l, cette diminution est due au bon fonctionnement de la chaîne de traitement d'eau destinée pour l'hémodialyse.

V.1.7. Variation des sulfates:

- La Figure (V.7) représente la variation de concentration des sulfates pour les différentes eaux.

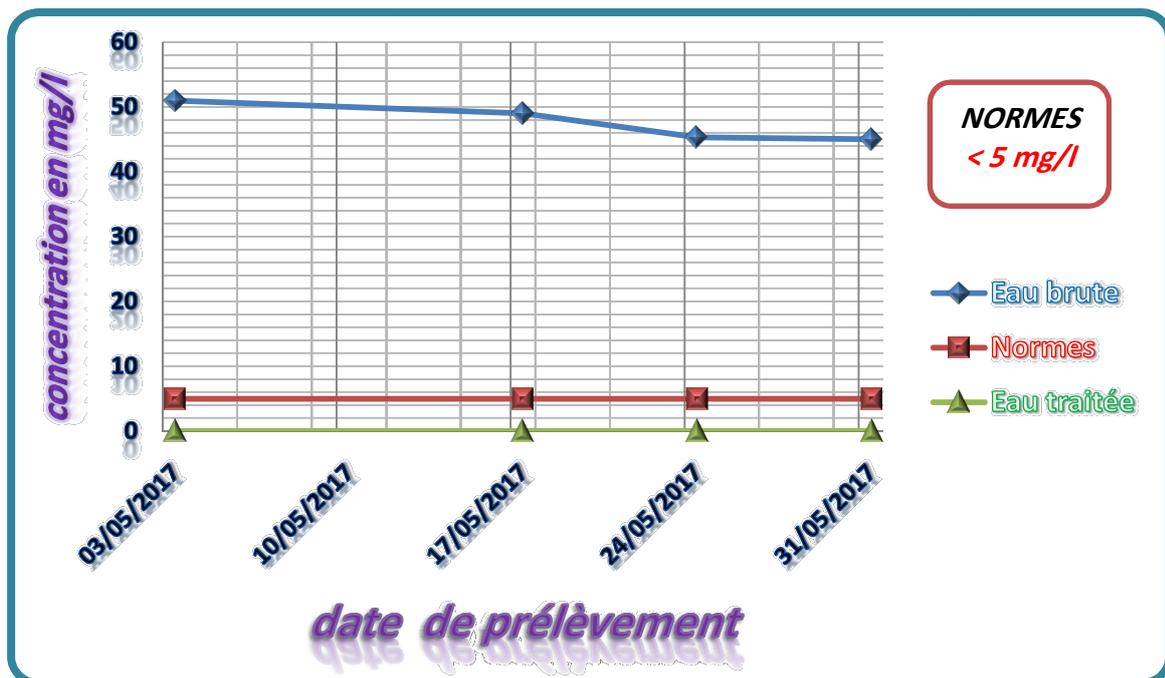


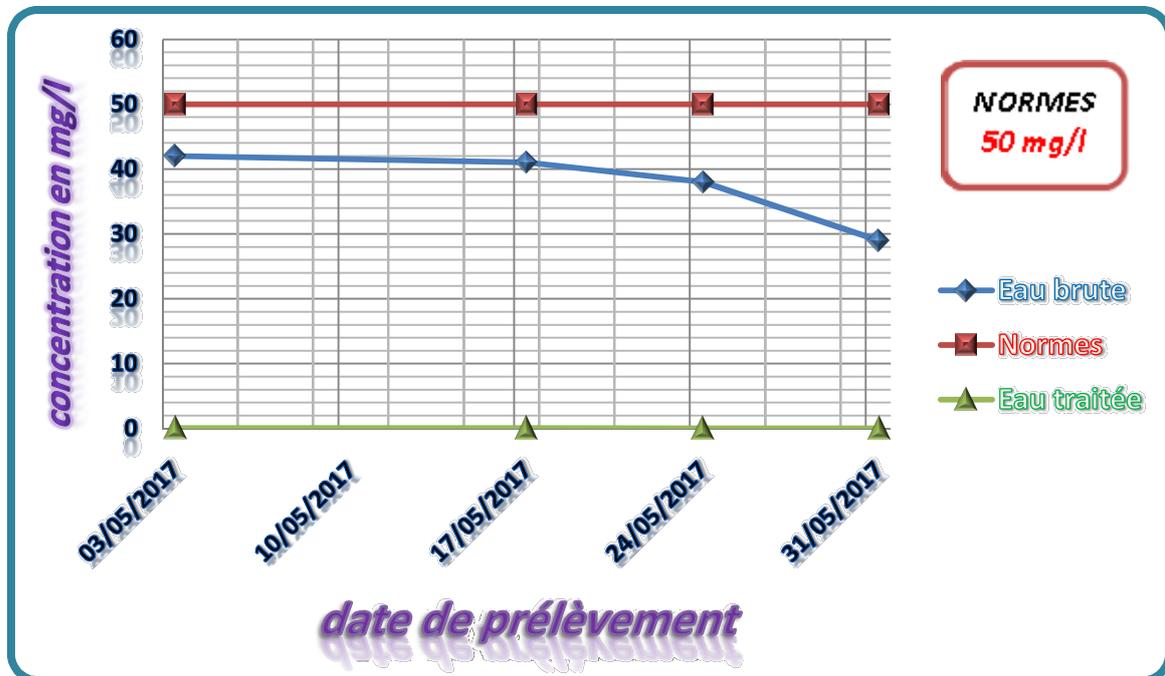
Figure (V.7) : «Variation de la concentration des sulfates en période d'analyse».

Les eaux naturelles contiennent pratiquement toujours des sulfates en proportion très variable, leur présence résulte, des roches gypseuses, une teneur excessive des sulfates dans l'eau, provoque des troubles gastro-intestinaux, ainsi qu'une saveur désagréable pour des valeurs > à 200mg/l.

Par contre, la représentation graphique de l'eau traitée, montre que la concentration des sulfates est égale 0 mg/l, qui montre la bonne rétention des sulfates par les membranes d'osmose inverse.

V.1.8. Variation des chlorures:

- LA Figure (V.8) représente la variation de concentration en chlorures des différentes eaux.



Figure(V.8) :«Variation de la concentration des chlorures en période d'analyse».

Selon les valeurs qu'on a trouvées après les analyses effectués pour l'eau brute (eau de forage), les teneurs en chlorure sont comprise entre **29 et 42mg/l**, la comparaison de ces concentrations en chlorures avec les normes algériennes (**200-500mg/l**) indique que notre eau est conforme aux normes.

D'après les résultats des analyses effectuées pour l'eau traitée, et après le passage de cette eau dans la chaîne de traitement (adsorption sur charbon actif), les concentrations des ions chlorures ont diminuées.

V.1.9. Variation des paramètres de pollutions : (MO, PO₄³⁻, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻) :

- La Figure (V.9.1) représente la variation de la M. organique des différentes eaux.

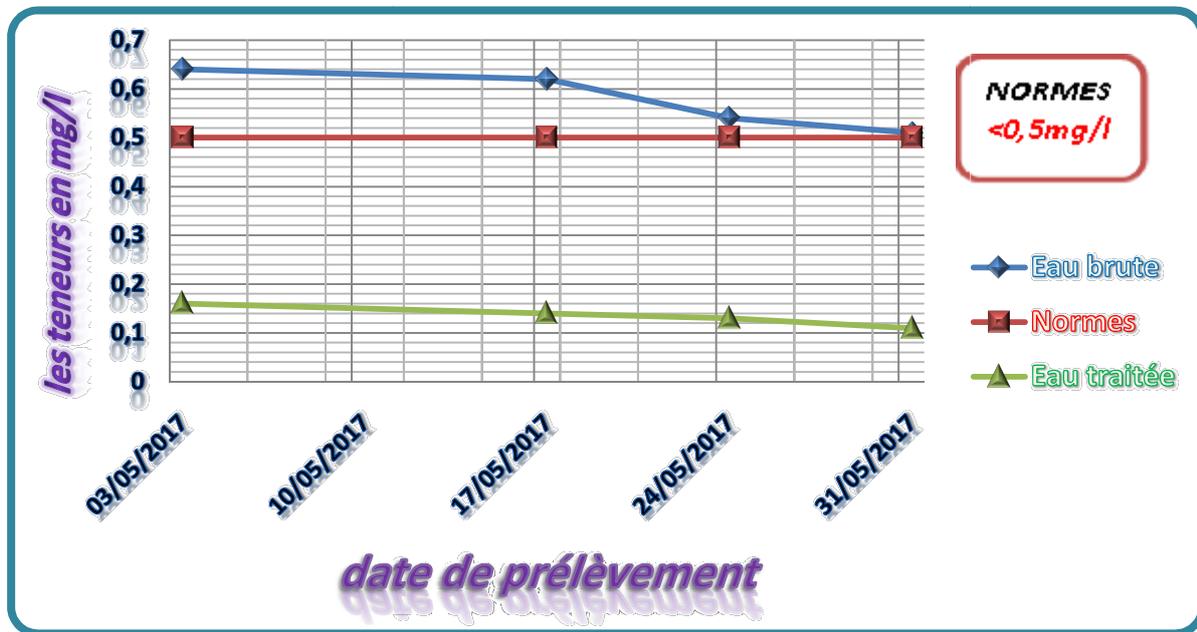


Figure (V.9.1) : «Variation des teneurs des M. organiques en période d’analyse».

- La Figure (V.9.2) représente la variation de la concentration des phosphates des différentes eaux.

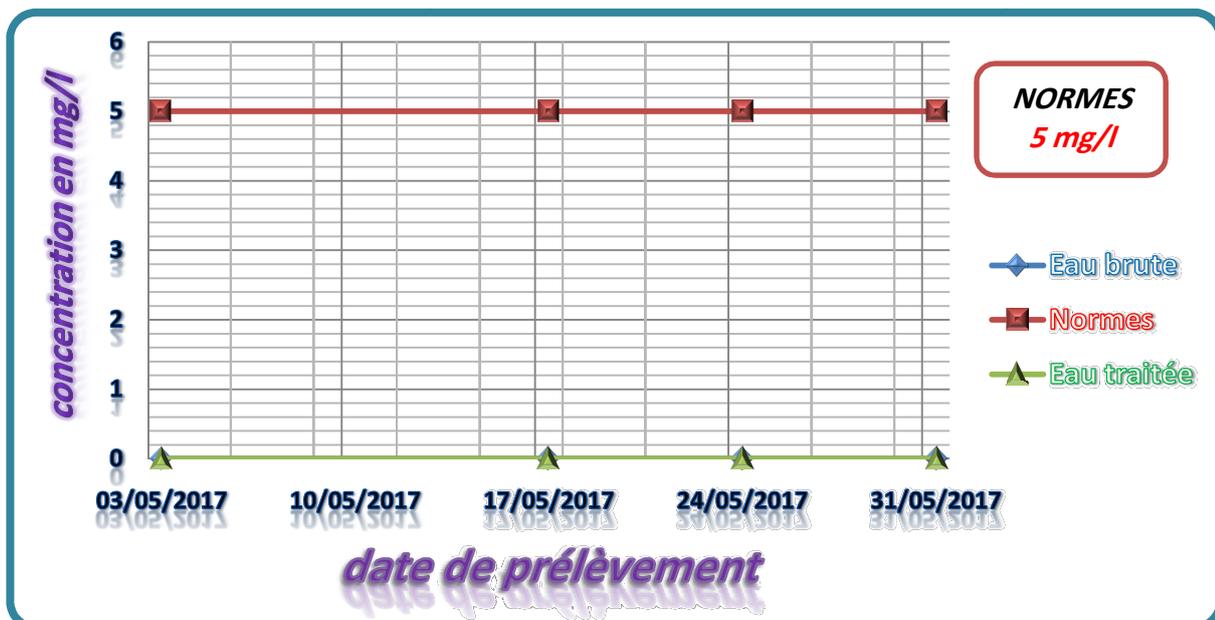


Figure (V.9.2) : «Variation de la concentration des phosphates en période d’analyse».

- La Figure (V.9.3) représente la variation de la concentration d'ammonium des différentes eaux.

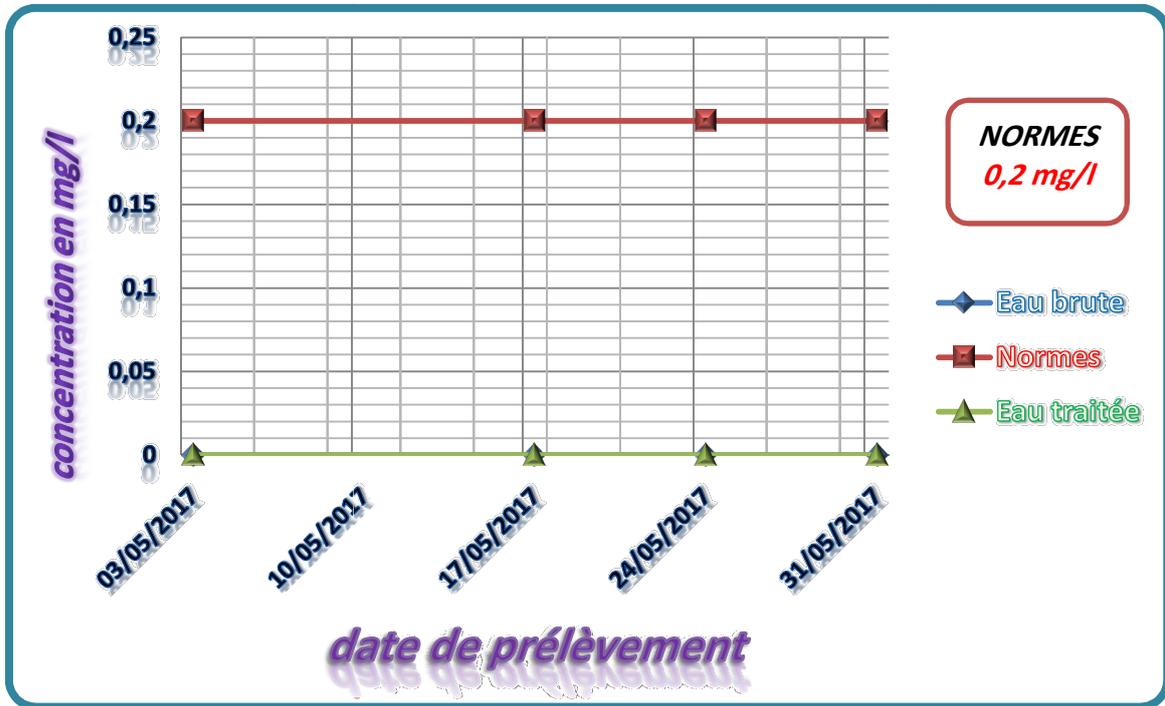


Figure (V.9.3) : «Variation de la concentration d'ammonium en période d'analyse».

- La Figure (V.9.4) représente la variation de la concentration des nitrates des différentes des eaux.

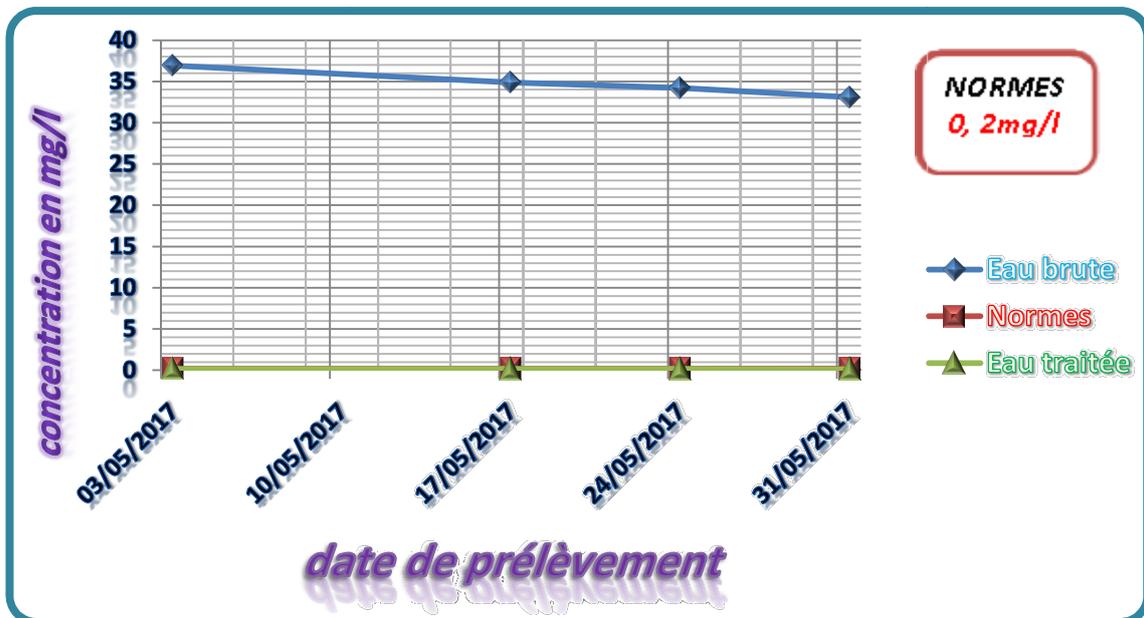


Figure (V.9.4) : «Variation de la concentration des nitrates en période d'analyse».

Pour l'eau brute, nous on remarquons une absence presque totale de ces paramètres de pollution, car la région de forage se trouve loin des industries, des zones urbanises ou agricole, nous avons une absence des rejets urbains, industriels ou agricoles.

D'après les résultats obtenus pour ces paramètres de pollution pour l'eau traitée, on peut affirmer que cette eau est protégée contre tout risque de pollution et elle est conforme aux normes des eaux destinée pour l'hémodialyse.

V.2. Résultats et interprétations des analyses bactériologiques :

Durant notre stage pratique on a effectuée 10 analyses bactériologiques qui ont été réalisée au niveau du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida.

- Le Tableau (V.1) résume les résultats bactériologiques de l'eau brute.

Tableau (V.1) : «Résultats bactériologiques de l'eau de brute».

Paramètres microbiologiques	Les dates de prélèvements (EB)										Normes selon JORA
	22/03/2017	27/03/2017	03/04/2017	12/04/2017	17/04/2017	24/04/2017	30/04/2017	08/05/2017	14/05/2017	29/05/2017	
Coliformes totaux à 37°C/100ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0 germes
Coliforme fécaux à 44°C/100ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0 germes
Streptocoques fécaux, groupe D/100ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0 germes
Clostridium sulfito-réducteurs/20ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0 germes

- Le Tableau (V.2) résume les résultats bactériologiques de l'eau traitée.

Tableau (V.2) : «résultats bactériologiques de l'eau traitée».

Paramètres microbiologiques	Les dates de prélèvements (ET)										Normes selon JORA	
	22/03/2017	27/03/2017	03/04/2017	12/04/2017	17/04/2017	24/04/2017	30/04/2017	08/05/2017	14/05/2017	29/05/2017		
Coliformes totaux à 37 ⁰ C/100ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0 germes
Coliforme fécaux à 44 ⁰ C/100ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0 germes
Streptocoques fécaux, groupe D/100ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0 germes
Clostridium sulfito-réducteurs/20ml	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	0 germes

La contamination bactérienne de l'eau brute (eau de forage) est très faible, le long séjour dans le sol, la filtration naturelle ne favorise pas le développement des bactéries.

Durant notre stage, au sein du laboratoire d'hygiène, et après avoir effectué une série d'analyse bactériologique, de l'eau brute et l'eau traitée. Les dix prélèvements réalisées, ont donné des résultats qui montrent une absence totale, des micro-organismes (les coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux, les clostridium).

Cette absence des microorganismes dans l'eau brute s'explique par le pouvoir désinfectant de l'hypochlorite de sodium injecté au niveau du réservoir d'alimentation (bâche à eau), avec la source qui est naturellement saine, bien protégée. et les équipements de captage et les conduites sont conçus pour conserver cette qualité.

En ce qui concerne l'eau traitée, les dix prélèvements effectués ont montré une absence totale des microorganismes, ce résultat prouve l'efficacité du traitement au service, ainsi que la bonne rétention des bactéries et les endotoxines par les membranes d'osmose inverse.

V.3. Discussion générale :

La conformité de l'eau destinée à l'hémodialyse est évaluée, en comparant les résultats obtenus lors de l'analyse d'un échantillon, avec l'ensemble des paramètres physico-chimiques, et bactériologiques rentrant dans la préparation de la solution concentrée pour hémodialyse, ces paramètres sont associés à des valeurs prises comme une référence de qualité.

Les analyses effectuées sur l'eau brute et l'eau traitée révèlent :

- Que la conductivité de l'eau brute et de l'eau traitée représente une eau moyennement minéralisée.
- Que la dureté totale de l'eau brute et l'eau traitée représente une eau moyennement dure.
- Que tous les paramètres de pollution par rapport aux nitrates, nitrites, phosphates, matières organiques, sont absents dans l'eau brute et l'eau traitée ce qui peut être expliqué par l'absence des effluents agricoles, industriels et urbains au niveau de zone de forage.
- Et pour terminer ; les résultats trouvés pour l'analyse bactériologiques, de l'eau brute et l'eau traitée sont conformes à la norme (coliformes, streptocoques, clostridium sulfite-réducteurs), ce qui prouve la grande pureté biologique de l'eau de forage, et l'efficacité de l'osmose inverse pour éliminer les microorganismes recherchés dans l'eau.

Conclusion générale

En hémodialyse, l'eau constitue la matière première, le support d'échange, indispensable à chaque séance d'hémodialyse.

La qualité de l'eau utilisée pour diluer les solutions concentrées en hémodialyse constitue un élément essentiel de l'efficacité et de la sécurité de cette thérapeutique, car l'eau représente 95% de la composition du dialysat, qui est mis en contact direct avec le sang du patient.

Notre travail a été de suivre le fonctionnement de l'installation de traitement d'eau (exploitation-surveillance et contrôle) et de déterminer la qualité de l'eau produite au niveau de la station de traitement de l'eau pour l'installation d'hémodialyse de l'hôpital Frantz fanon ; en amont (eau brute) et en aval (eau traitée) de la chaîne de traitement, par le biais des analyses physico-chimiques et bactériologiques, afin d'assurer le bon fonctionnement de la station de traitement des eaux.

Après les analyses pratiques au niveau de laboratoire, sur l'eau brute et l'eau traitée, et suivant les résultats obtenus on a trouvé :

- Une très faible **turbidité** due à l'absence des matières en suspension elles sont inférieurs à **0,5 NTU**.
- Un **pH** neutre, les valeurs entre **6,30-6,60**, donc conforme aux normes des eaux destinée à l'hémodialyse(≈ 7).
- La **conductivité** est stable, les valeurs se trouvent dans un intervalle de [**15 à 16 μ s/cm**], représente une eau moyennement minéralisée.
- les valeurs des concentrations en **Ca²⁺** et en **Mg²⁺** et les **SO₄²⁻** sont nulles par contre les concentrations des ions **Cl** ont diminuées, les valeurs entre **0,01** et **0,08 mg/l**.
- La concentration des ions **CO₃²⁻** est nulle. Par contre, la teneur des bicarbonates **HCO₃⁻** est comprise entre **6 à 17mg/l**, sont conforme aux normes des eaux destinée à l'hémodialyse
- Tous les paramètres de pollution par rapport aux nitrates **NO₃⁻**, nitrites **NO₂⁻**, phosphates **PO₄³⁻**, matières organiques **MO**, sont **absents** dans l'eau brute et l'eau traitée.

Les résultats des analyses physico-chimiques ont permis de montrer la stabilité pour la majorité des paramètres (**pH, turbidité, Ca²⁺, Mg²⁺,.....**) de l'eau brute et l'eau traitée et aussi l'absence des polluants chimiques indésirables.

De même, la qualité bactériologique révèle l'absence de germes (**bactéries coliformes, streptocoques fécaux et clostridium sulfito-réducteurs**) dans l'eau brute et l'eau traitée.

Finalement, afin d'assurer un traitement des eaux dans de bonnes conditions, il est nécessaire de prendre les mesures de fonctionnement, d'entretien adéquats de la station de traitement d'eau et de vérifier périodiquement la qualité de l'eau.

Références bibliographiques

- [1] : HARTEMANN Philippe-1995-« L'eau dans les établissements de santé »- Comité technique régional de l'environnement hospitalier-France-page (118).
- [2] : DAHRI Souad-2012-« l'eau en hémodialyse »-doctorat en médecine-université sidi Mohamed ben Abdellah–Maroc-page (115).
- [3] : SARDI Keltoum-2014--« Contrôle de la qualité de l'eau de la station d'hémodialyse »- MASTER en chimie-Université des Sciences et Technologie d'Oran, Mohamed Boudiaf-page (64).
- [4] : KOUIDRI Zohra-2006--« Etude de traitement de l'eau du barrage DJORF-ELTORBA de la wilaya de BECHAR par filtration sur sable »-MASTER: Eau et environnement-Université Hassiba Ben Bouali de chlef-page (119).
- [5] : BESSEDIK Madani-2015-« Traitement de l'eau » -MASTER : Eau et environnement- université Abou Baker Belkaïd – Tlemcen-page (82).
- [6] : « Les eaux naturelles »-Disponible sur : <https://www.suezwaterhandbook.fr>.
- [7] : RAGEOT éditeur-1992- « les eaux douces : abondances, sécheresse et conflits » -Paris-page(178).
- [8] : DEGREMONT SUEZ-2005(10ème édition)-« Mémento technique de l'eau Tome 1 » -Paris.
- [9] : EDELIN-1988-« L'épuration physico-chimique des eaux résiduaires, Théorie et technologie » - Paris-page(98).
- [10] : « Alimentation en eau potable »- disponible sur : www.prenons-soin-de-leau.fr.
- [11] : « Traitement d'eau potable »-disponible sur : [http:// www.cieau.com/traitements](http://www.cieau.com/traitements) de l'eau potable.
- [12] : COSANDEY Claude -2003-« Les eaux courantes, Géographique et environnement »-édition Belin- Paris-page (239).

- [13] :« Les eaux souterraines »-disponible sur : WWW.eau-adour-garonne.fr.
- [14] :LANDRY, Bruno et Michel MERCIER-1992-« Notions de géologie »-édition Modulo, Mont Royal,3^{ème} édition-page (565).
- [15] :« Les eaux souterraines »-disponible sur :http://www.eau –adour-garonne.fr.
- [16] :JEAN-LUC POTELON-1996-« Le guide des analyses de l'eau potable »- Paris.
- [17] :JEAN RODIER-1996--« L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème édition »-éditeur Dunod-France-page (1384).
- [18]:Journal Officiel de la République Algérienne N°51,2006 (JORA).
- [19] : Disponible sur : http://www.nephro-liegechr.be/objets/guide_hemodialyse.fr.
- [20] :Disponible sur :https://www.nephrohug.traitement-de-leau-en-hemodialyse.fr.
- [21] :Lucien ABENHEIM- Juin 2000- « recommandationspour la production d'eau pour la dialyse des patientsinsuffisants rénaux »-Paris-page (256).
- [22] :Disponible sur : https://www.srlf.org/wp-content/uploads/2015/11/0907-Reanimation.fr.
- [23] :Yassin El YEMLAHI-2012--« Gestion des risques dans le centre d'hémodialyse»- Licence en HSE (hygiène sécurité environnement)- Université Abdelmalek Essaàdi ; faculté des sciences Tétouan Maroc-page (115).
- [24] : Disponible sur : http://www.wikiwater.fr/e21-le-traitement-de-l-eau-par.html
- [25] :Disponible sur :http://www.enseeiht.fr.
- [26] :Disponible sur :http://www.une-eau-pure.com/purification-de-l-eau/filtration-et-filtre-sable.html.
- [27] :Disponible sur :https://traitement-eau.ooreka.fr/comprendre/sable-charbon-actif.
- [28] :Disponible sur : http://piscineinfoservice.com/entretien/pourquoi-comment-nettoyer-filtre-sable.

- [29]** : COZIC -2007-« Analyse de risque du traitement d'eau en hémodialyse »-MASTER :
Management des Technologies en Santé- France-page (150).
- [30]** : Elisa RIBETON- 2014-« traitement de l'eau en dialyse »-Paris-page (162).
- [31]** :Disponible sur : <http://www.adoucisseur-eau.org/pourquoi-recourir-a-un-adoucisseur-d'eau>.
- [32]** : « Les adoucisseurs d'eau »- organisation mondiale de la santé (OMS)-juillet 2011
- [33]** :Disponible sur :
<https://www.minimax.be/adoucisseur/foire-aux-questions/service-et-utilisation/esperance-de-vie-resines>.
- [34]** : BARNOUX Céline-1997-« Contrôle de l'eau pour hémodialyse »- Fondation Hôpital Saint Joseph -Service d'hémodialyse– Marseille-page (78).
- [35]** :Disponible sur : http://eduscol.education.fr/rnchimie/gen_chim/triboulet/rtf/osmose_inverse.
- [36]** : Jean-Marc BERLAND et Catherine JUERY- 2002-« Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau »- ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales - document technique-page (71).
- [37]** : METAICHE Mehdi -2014-« TECHNOLOGIE MEMBRANAIRE »-Faculté des Sciences Appliquées- Université de Bouira-page (83).
- [38]** : GUIGAZ-1998-« L'eau dans les établissements de santé »-Comité Technique régional de l'environnement hospitalier-France-page (132).
- [39]** : JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 30- 2002 (JORA)
- [40]** : JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35- 1998 (JORA).

:

Annexe **a** Analyses physico-chimiques

➤ Appareillages :



«pH mètre » « Conductimètre » « Agitateur magnétique »



«Turbidimètre» « Balance analytique ».



« Plaque chauffante ».



« Le spectrophotomètre ».

Annexe **a** Analyses physico-chimiques

- **Méthodologie** :

1) **Mesure du pH** :

❖ **Etalonnage de l'appareil** :

- ✓ Allumer le pH mètre.
- ✓ Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- ✓ Prendre dans un petit bécher, la solution tampon pH=7.
- ✓ Régler l'agitation a faible vitesse.
- ✓ Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH=7.
- ✓ Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2.
- ✓ Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.
- ✓ Etalonner de la même manière avec les solutions tampon pH=9 ou pH=4
- ✓ Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.

❖ **Mode opératoire**:

- ✓ Prendre environ 50 ml. l'eau à analyser.
- ✓ Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- ✓ Tremper l'électrode dans le bécher.
- ✓ Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- ✓ Puis noter le pH.

2) **Mesure de la conductivité** :

❖ **Mode opératoire** :

- ✓ Etalonner d'abord le conductimètre avec la solution 1413 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).
- ✓ Plonger l'électrode dans l'eau et attendre que la valeur se stabilise pour noter la
Ce qui s'exprime en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).
- ✓ L'électrode doit être rincée abondement avec l'eau distillée après chaque mesure.

3) Mesure de la turbidité :

❖ Mode opératoire :

- ✓ Mettre l'appareil en marche en pressant sur « POWER ».
- ✓ Remplir le tube avec l'eau à analyser.
- ✓ Le mettre dans son compartiment (précautions à prendre déjà mentionnées).
- ✓ Presser sur « READ ». Au bout de quelques secondes le résultat en NTU s'affiche sur l'écran.

4) La dureté totale :

❖ Mode opératoire :

- ✓ Mettre 100ml d'eau de source dans un erlenmeyer de 250ml.
- ✓ Ajouter 10ml de la solution tampon PH=10(ammoniacal)
- ✓ Ajouter 3 gouttes de l'indicateur noir d'erichrome (couleur rose)
- ✓ Mettre le bécher sur une agitation magnétique pour mélanger continuellement l'échantillon
- ✓ Titre avec la solution standard EDTA 0.05N jusqu'au virage bleu stable.

➤ Expression des résultats :

$$TH : (V_E * C(EDTA) * 1000) / V_s$$

TH : titre hydrométrique exprimé en degré français.

TH(F) : TH (mmol)*10.

VE : volume d'EDTA du titrage de l'échantillon en ml.

C_{EDTA} : concentration d'EDTA en mol/

V_s : volume d'échantillon à analyser en ml.

5) Dosage du calcium et magnésium :

❖ Mode opératoire :

Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde 2 N et une pincée d'indicateur (Murexide). Bien mélanger le tout.

Titre avec la solution d'EDTA, en versant lentement. Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette.

➤ Expression des résultats :

Calculer la concentration de calcium, dans l'échantillon en mg/l, en utilisant l'équation suivante :

$$[\text{Ca}^{2+}] = (1000 \cdot A \cdot V_e \cdot C_{\text{EDTA}}) / V_s$$

V_e : Volume d'EDTA de titrage en ml.

C_{EDTA} : concentration d'EDTA en mol/l.

V_s : Volume de l'échantillon en ml.

A : masse molaire du calcium en g/mol (40.8).

• Détermination de la dureté Magnésienne Mg²⁺ :

La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésienne de l'eau analysée.

6) Détermination de l'alcalinité :

❖ Mode opératoire :

1. Détermination du titre alcalimétrique (TA) :

- ✓ Mettre 100 ml d'échantillon dans un erlenmeyer.
- ✓ Ajouter 2 gouttes de phénophtaléine.
- ✓ Si la couleur ne doit pas rose : TA = 0.
- ✓ Si la couleur rose apparaît titrer avec HCl jusqu'à la disparition complète de la couleur.

Annexe **a** Analyses physico-chimiques

2. Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC) :

- ✓ Ajouter à la solution 2 gouttes de l'indicateur bromocrésol vert et méthyle orange.
- ✓ Continuer de titrer par HCl jusqu'à la couleur rose pale.

➤ Mesures et calcul du résultat :

Le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC), exprimés en mg/l par litre sont donnés respectivement par les expressions :

$$TA = (V1 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des carbonates} / V$$

$$TAC = (V2 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des bicarbonates} / V$$

- Masse molaire des bicarbonates = 61mg.
- Masse molaire des carbonates = 60mg.
- Si l'eau contient des bicarbonates seulement donc :

$$TA = 0 \text{ et } TAC = (\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} = V1 \times 61.$$

- Si l'eau contient des carbonates et des bicarbonates donc :

$$TA = (\text{CO}_3^{2-}) \text{ mg/l} / 2 \quad \text{et} \quad TAC = (\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} + 2TA.$$

Où ;

V : est le volume en millilitres, de la prise d'essai (100) ml.

V1 : est le volume de la solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0,01 N versé dans la burette.

V2 : est le volume d'acide chlorhydrique en millilitres.

N : est la normalité de la solution d'acide chlorhydrique = 0.01N.

7) La matière organique :

❖ Mode opératoire :

- ✓ Prendre 25ml de l'échantillon et ajouter 5ml d'acide sulfurique [H₂SO₄] à mol/l, mélanger et mettre sur plaque chauffante pendant 10min à 97±3°C .
- ✓ Après 10min ; ajouter 5ml de la solution fille KMnO₄ à 2mmol/l, la couleur devient rose, chauffer une deuxième fois sur la plaque chauffante (10min)
- ✓ Après 10min, ajouter 5ml de la solution fille d'oxalate de sodium(Na₂CO₄) à 5mol/l, la couleur devient transparente
- ✓ Titrer avec KmNO₄ jusqu' au virage de la couleur à la rose pale.

➤ **Expressions des résultats :**

$$[(V_e - V_{t1})/V_{t2}]$$

V_e : volume d'échantillon

V_{t1} : volume titré la première fois

V_{t2} : volume titré la deuxième fois

8) Dosage des chlorures :

❖ **Mode opératoire :**

- ✓ Mettre 100ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 250ml
- ✓ Ajouter 1ml de chromate de potassium (K₂CrO₄).
- ✓ Titrer avec la solution standard de AgNO₃ 0.02N jusqu'au virage jaune orange
- ✓ Mettre le bécher sur un agitateur magnétique pour mélanger continuellement l'échantillon.

➤ **Expression des résultats :**

La concentration en chlorure Cl⁻ exprimée en milligrammes par litre, est donnée par formule :

$$[Cl^-] = (V_s - V_b) / V_a * C * F$$

[Cl⁻] : est la concentration en milligramme par litre de chlorure.

V_a : est le volume, en millilitres de l'échantillon pour essai (maximum 100 ml ; les dilutions doivent être prises en compte).

V_b: est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de du blanc.

V_s: est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de l'échantillon.

C: est la concentration réelle exprimée en moles d'AgNO₃ par litre, de la solution de Nitrate d'Argent.

F : est le facteur de conversion $f=35453$ mg/mol

9) Dosage des nitrates :

❖ Mode opératoire :

- ✓ Introduire 10ml d'eau à analyser
- ✓ Ajouter 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de Sodium.
- ✓ Ajouter 1 ml de solution de Salicylate de sodium.
- ✓ Evaporer à sec dans l'étuve 75 - 88°C ;
- ✓ Prendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique concentré.
- ✓ Laisser reposer 10 minutes.
- ✓ Ajouter 15 ml d'eau distillée.

➤ Mesure et calcul du résultat :

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l des nitrates.

10) Dosage des nitrites :

❖ Mode opératoire :

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.

➤ Mesure et calcul du résultat :

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l des nitrites.

11) Dosage des sulfates :

❖ Mode opératoire :

- ✓ Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- ✓ Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- ✓ Ajouter 2 ml de chlore de baryum.
- ✓ Agiter énergiquement pendant 1 min.

➤ Mesures et calcul du résultat :

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en SO₄-2 mg/L.

12) Dosage des phosphates :

❖ **Mode opératoire :**

Introduire 40 ml d'échantillon, ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2mL de réactif mélange dans une fiole jaugé de 50 ml. Compléter le volume.

Effectuer parallèlement au dosage, un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités de réactif mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

➤ **Mesures et calcul du résultat :**

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l des phosphates.

13) Dosage de l'ammonium:

❖ **Mode opératoire :**

Prélever 40 ml d'échantillon à analyser, ajouter dans l'ordre:

- ✓ 4 ml du réactif coloré homogénéisé.
- ✓ 4 ml du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium, et homogénéiser.

Après au moins 60 mn, attendre le développement de la couleur. Effectuer les mesures spectrophotométriques.

➤ **Mesures et calcul du résultat :**

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l d'ammonium.

Annexe **a** Analyses physico-chimiques

- Les résultats des analyses physico-chimiques :

Tableau N°1 : « les résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques pour l'eau brute ».

Les paramètres	Eau brute (EB)			
	03/05/2017	17/05/2017	24/05/2017	31/05/2017
PH	7.5	8.2	8.24	8.34
Conductivité ($\mu\text{s/cm}$)	645	636	642	700
Turbidité (NTU)	0.48	0.46	0.41	0.39
TH ($^{\circ}\text{F}$)	28.8	28.6	28.3	28
Ca^{2+} (mg/l)	60	60.4	60.64	70
Mg^{2+} (mg/l)	30.33	30.46	30.8	31
TA ($^{\circ}\text{F}$)	0	0	0	0
TAC ($^{\circ}\text{F}$)	16	17	18	18
CO_3^{2-}	0	0	0	0
OH^-	0	0	0	0
HCO_3^-	226	235	214	195
Cl^- (mg/l)	42	41	38	29
SO_4^{2-} (mg/l)	50.95	49	45.3	45
M. Organiques (mg/l)	0.64	0.62	0.54	0.51
PO_4^{3-} (mg/l)	0	0	0	0
NO_3^- (mg/l)	36.92	34.87	34.22	33.1
NO_2^- (mg/l)	0	0	0	0
NH_4^+ mg/l	0	0	0	0

Annexe **a** Analyses physico-chimiques

Tableau N°2 : « les résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques pour l'eau traitée ».

Les paramètres	Eau traitée (ET)				Les normes des eaux destinées à l'hémodialyse
	03/05/2017	17/05/2017	24/05/2017	31/05/2017	
Date de prélèvement	03/05/2017	17/05/2017	24/05/2017	31/05/2017	
PH	6.3	6.25	6.42	6.6	≈ 7
Conductivité (µs/cm)	16.86	16.24	15.9	15.6	≤ 50
Turbidité (NTU)	0.32	0.30	0.27	0.2	<2
TH (°F)	0	0	0	0	0
Ca ²⁺ (mg/l)	0	0	0	0	2
Mg ²⁺ (mg/l)	0	0	0	0	1.2
TA (°F)	0	0	0	0	0
TAC (°F)	0	0	0	0	2
CO ₃ ²⁻	0	0	0	0	0
OH ⁻	0	0	0	0	0
HCO ₃ ⁻	6	9	15	17	< 50
Cl ⁻ (mg/l)	0.08	0.05	0.03	0.01	50
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	0	0	0	0	<5
M. Organiques (mg/l)	0.16	0.14	0.13	0.11	<0.5
PO ₄ ³⁻ (Mg/l)	0	0	0	0	5
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0.16	0.14	0.14	0.12	0.2
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0	0	0	0	0.005
NH ₄ ⁺ mg/l	0	0	0	0	0.2

Annexe **(b)** Analyses bactériologiques

➤ Appareillages :



« Bec benzène ».



« Etuve ».



« Bain marie ».

Annexe **(b)** Analyses bactériologiques

➤ Méthodologie :

1) Recherche et dénombrement des bactéries coliformes (totaux et fécaux)

• Mode opératoire :

La recherche et dénombrement des bactéries coliformes en milieu liquide par la technique du NNP, se fait en deux étapes :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes totaux (CT).
- Le test de confirmation : réservé à la recherche des coliformes thermo tolérants et Escherichia Coli, c'est les coliformes fécaux (CF).

➤ Test de présomption : (pour la recherche des coliformes totaux)

A partir de l'eau à analyser :

- ✓ 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL (D/C) munie d'une cloche de Durham. (la cloche de Durham permet de recueillir les gaz produits).
- ✓ 5 fois (10 ml) dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL (D/C) muni d'une cloche de Durham.
- ✓ 5 fois (1 ml) dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL (S/C) muni d'une cloche de Durham.

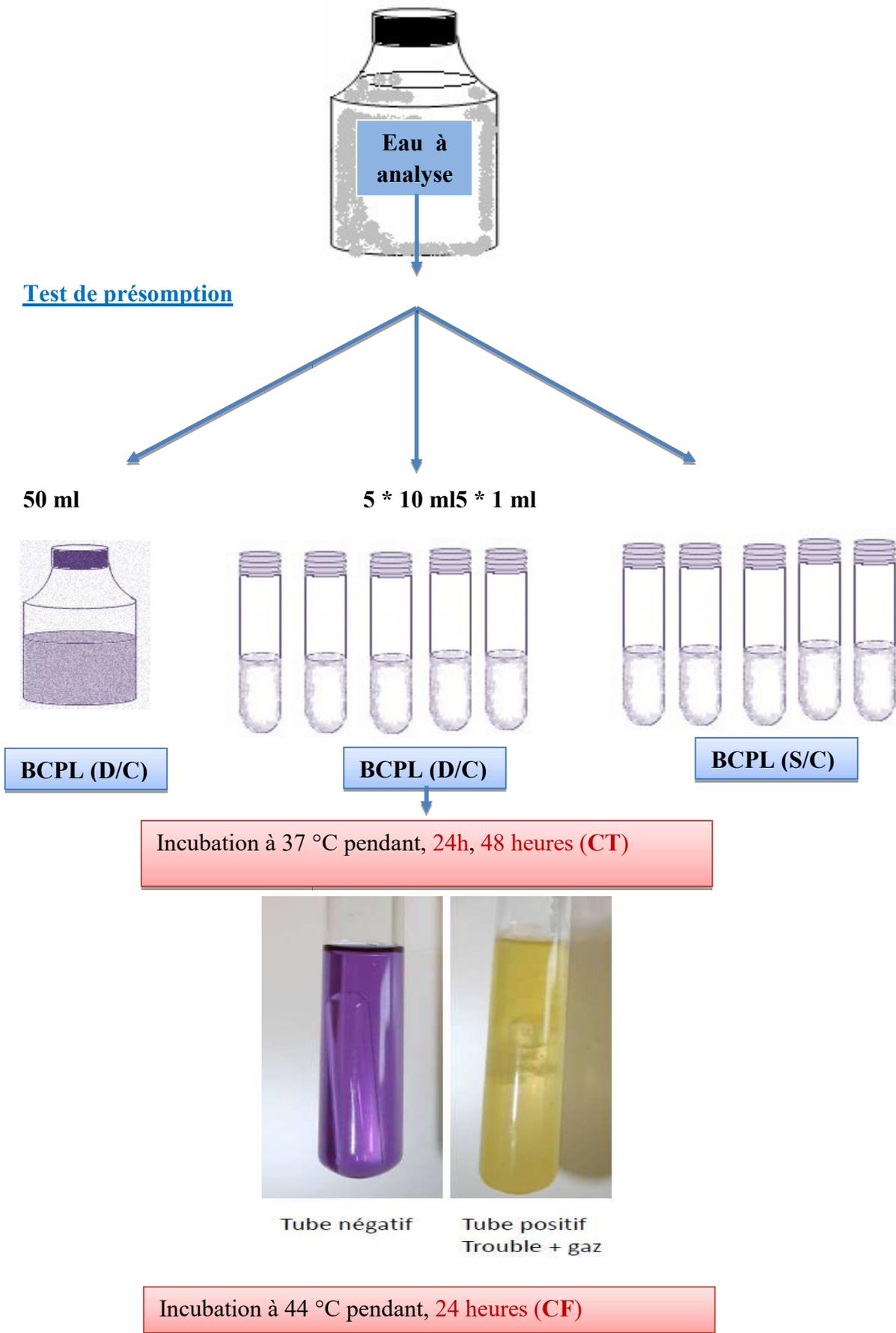
Et l'incubation se fait à 37⁰C pendant 24 à 48 heures dans l'étuve.

➤ Test de confirmation :(pour la recherche des coliformes fécaux)

Le test de confirmation est basé sur la recherche des coliformes fécaux (la présence d'Escherichia Coli, ces coliformes ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes totaux mais à 44⁰C.

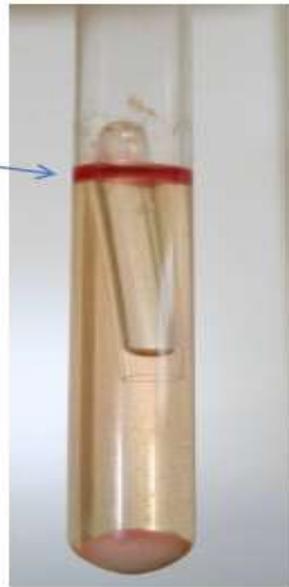
Les tubes de BCPL trouvé positifs lors du dénombrement feront l'objet d'un repiquage dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham. et bien mélanger le milieu, et l'incubation se fait à 44⁰C pendant 24 heures.

Annexe **(b)** Analyses bactériologiques



Annexe **(b)** Analyses bactériologiques

Anneau rouge après ajout du réactif de Kovacs



Tube positif : trouble + gaz + anneau rouge

Figure N°1 : « recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux .

➤ Les résultats d'analyses des coliformes:

Figure N°2 : «résultats des coliformes **Figure N°3** : «résultats des coliformes l'eau traitée» pour l'eau brute

»



Annexe **(b)** Analyses bactériologiques

2) Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (groupe D) :

- Mode opératoire :

La recherche et le dénombrement des streptocoques du groupe D dans les eaux en milieu liquide par la technique du NNP, se fait en deux étapes :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des streptocoques.
- Le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des streptocoques du groupe D.

➤ Test de présomption : A partir de l'eau à analyser :

- ✓ 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE (D/C).
- ✓ 5 fois (10 ml) dans 5 tubes contenant 10 ml de ROTHE (D/C).
- ✓ 5 fois (1 ml) dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE (S/C).
- ✓ Bien mélanger le milieu, et l'incubation se fait à 37⁰C pendant 24 à 48 heures dans l'étuve.

➤ Test de confirmation :

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques du groupe D éventuellement présent dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE positifs feront l'objet d'un repiquage par le milieu Evalitsky (la confirmation à partir des tubes positifs : virage, trouble du milieu). Et l'incubation se fait cette fois à 37⁰C pendant 24 heures.

Annexe **(b)** Analyses bactériologiques

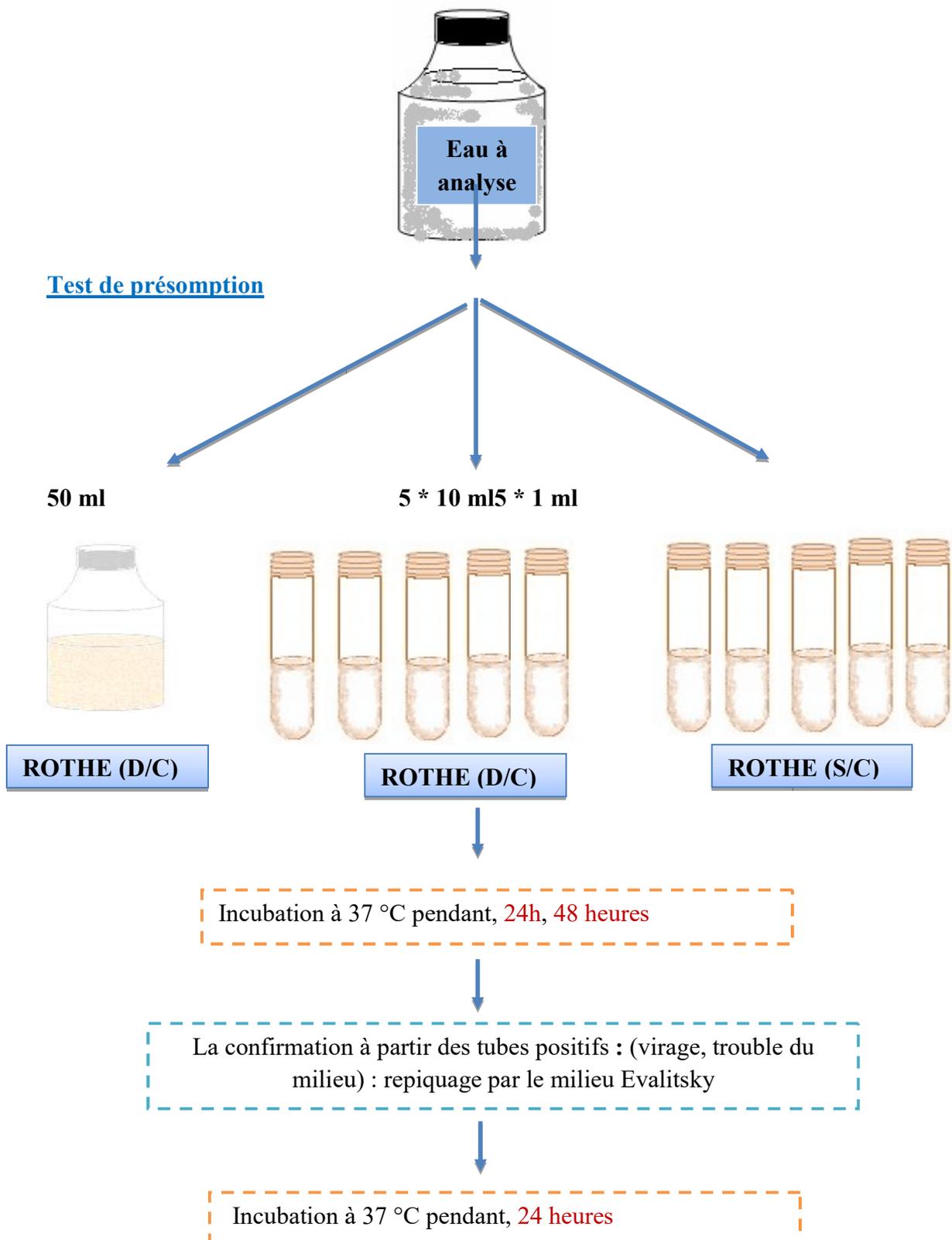


Figure N°4 : « recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (groupe D) ».

Annexe **(b)** analyses bactériologiques

➤ Les résultats d'analyses des streptocoques fécaux (groupe D) :



Figure N°5 : «Résultats des streptocoques pour l'eau brute »



Figure

N°6 : «Résultats des streptocoques pour l'eau traitée»

Annexe **(b)** Analyses bactériologiques

3) Recherche et dénombrement des spores d'anaérobies sulfito-réducteurs :

• Mode opératoire :

Au moment de l'emploi, faire fondre un flacon de gélose viande foie, le refroidir dans un bain d'eau à **45°C** puis ajouter une ampoule d'alun de fer et ampoule de sulfite de sodium. Mélanger soigneusement et aseptiquement.

D'abord à un à **80°C** pendant 10min. Puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet, dans le but d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les forme sporulées. A partir de ces dilutions, ajouter environ **15ml** de gélose viande foie prêt à l'emploi, dans chaque tube.

Laisser solidifier sur paillasse **30min.** et Ces tubes seront ainsi incubés à **37°C** pendant 24 à ou 48 heures.

➤ Les résultats d'analyses des clostridium sulfito-réducteurs:



« Eau traitée »

« Eau brute »

Annexe **b** analyses bactériologiques

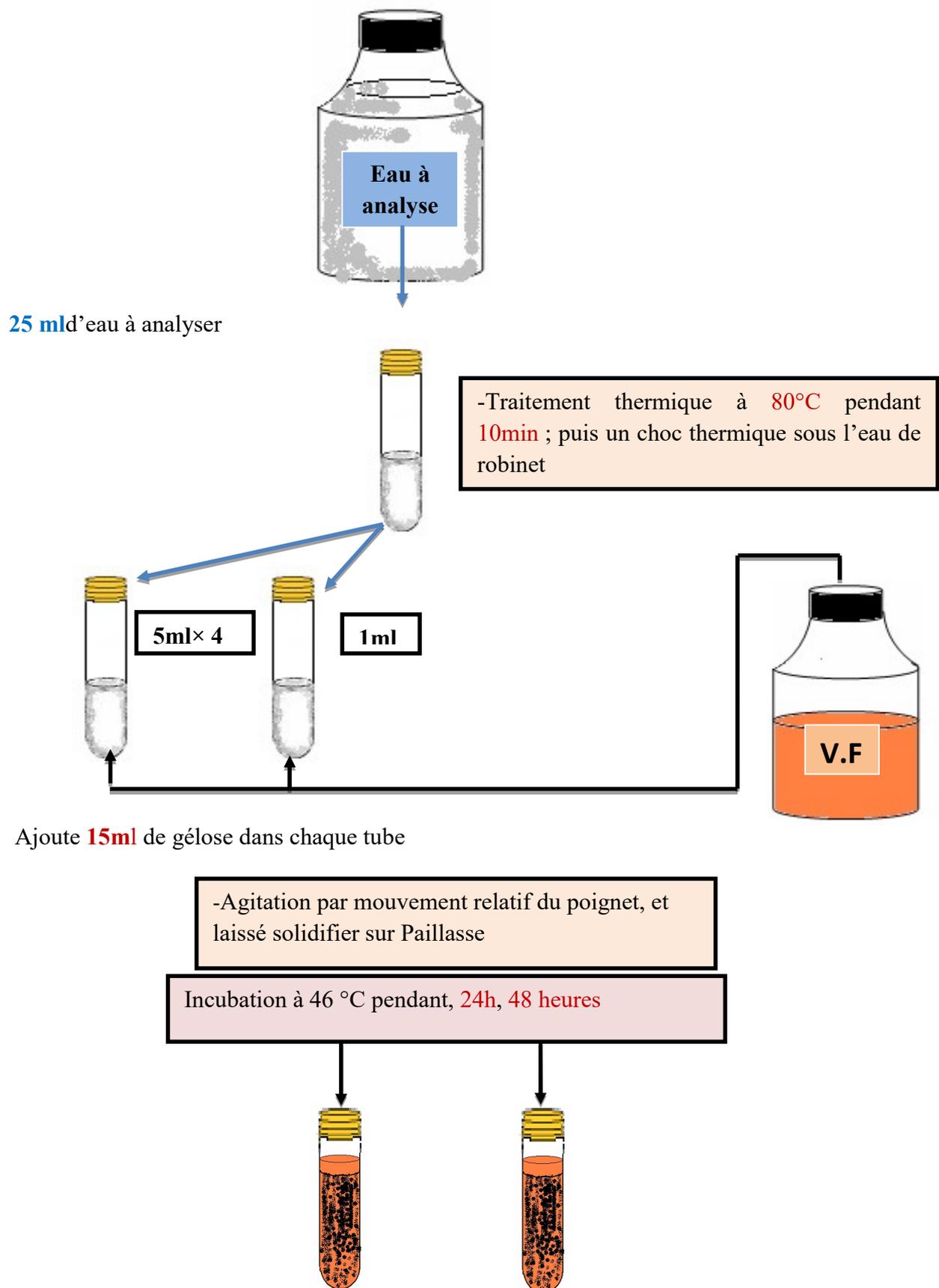


Figure N°7: « recherche et dénombrement des spores d'anaérobies sulfito-réducteurs ».

Annexe **(b)** Analyses bactériologiques

1 × 50 ml	5 × 10 ml	5 × 1 ml	NPP Nombre caractéristique
0	0	0	< 1
0	0	1	1
0	0	2	2
0	1	0	1
0	1	1	2
0	1	2	3
0	2	0	2
0	2	1	3
0	2	2	4
0	3	0	3
0	3	1	5
0	4	0	5
1	0	0	1
1	0	1	3
1	0	2	4
1	0	3	6
1	1	0	3
1	1	1	5
1	1	2	7
1	1	3	9
1	2	0	5
1	2	1	7
1	2	2	10
1	2	3	12
1	3	0	8
1	3	1	11
1	3	2	14
1	3	3	18
1	3	4	21
1	4	0	13
1	4	1	17
1	4	2	22
1	4	3	28
1	4	4	35
1	4	5	43
1	5	0	24
1	5	1	35
1	5	2	54
1	5	3	92
1	5	4	160
1	5	5	> 240