

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la  
Recherche Scientifique**

**CENTRE UNIVERSITAIRE D'EL-OUED**

**INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE**

**Rapport de stage de fin d'étude**  
Présenté pour l'obtention du diplôme de

**LICENCE ACADEMIQUE**

Domaine : Sciences et technique

Filière : Génie de Procédé

Spécialité : Génie de Procédé

Présenté par : Meftah Seif Eddine  
Meraghni Mohamed  
Sadouni Amar

**Thème**

**Filtration d'Eau par Osmose Inverse  
( Unité Hadj Bachir Tiksebet )**

Soutenu le 28 Juin 2010

Devant le jury composé de :

M.	OUCIF Khaled	MA	Président
M.	LAOUINI Salah Eddine	MA	Examineur
M.	KHELEF Abd Hamid	MA	Rapporteur

## SOMMAIRE

<b>Introduction Générale</b>	<b>03</b>
------------------------------	-----------

### **Chapitre I: Généralités sur l'eau**

I.1	Définition de l'eau	04
I.2	Les Sources d'eau	04
I.2.1	Sources d'eau de surface	05
I.2.1.1	Cours d'eau	05
I.2.1.2	Lacs	05
I.2.2	Sources d'eau souterraine	05
I.2.2.1	Puits	06
I.2.2.2	Sources	06

### **Chapitre II: Propriétés de l'Eau**

II.1	Équilibre Acido-basique	09
II.2	Tension superficielle	09
II.3	Conductivité	10
II.4	Quelque propriété physique et thermodynamique	10
II.5	Eaux brutes	10
II.6	Eau Potable	12
II.7	Contrôle sanitaire de l'eau	12

### **Chapitre III: Méthodes de Traitement d'eau**

III.1	Procédés chimiques	13
III.2	Procédés biologiques	13
III.3	Procédés physiques et physico-chimiques	14
III.3.1	La coagulation-floculation	14
III.3.2	La décantation	14
III.3.3	La Filtration	15
III.4	Type de filtration	15
III.4.1	Microfiltration	16
III.4.2	Ultrafiltration	16
III.4.3	Nanofiltration	17
III.4.4	Osmose Inverse	17
III.4.4.1	Définition Technique	18
III.4.4.2	Principe de l'Osmose Inverse	19
III.4.4.2.1	Pression osmotique	19
III.4.4.2.2	Mécanisme Diffusionnel	20
III.4.4.3	Les inconvénients de l'osmose inverse	21
III.5	Différence entre les Types de filtration	21

### **Chapitre IV : Le Procédé de Traitement utilisé par la société Hadj Bachir**

IV.1	Description de la Société	24
IV.1.1	Description technique	24
IV.1.2	Fiche Technique de l'Établissement	24
IV.1.2.1	Identification du Projet	24

IV.1.2.2	Exécution du projet	24
IV.1.2.3	Impactes attendu du projet	25
IV.1.3	Fiche Technique du Forage	26
IV.2	Pré Filtration	28
IV.2.1	La Premier Pré Filtration	28
IV.2.2	La Deuxième Pré Filtration	29
IV.2.3	La Troisième Pré Filtration	30
IV.3	L'Osmose Inverse	31
IV.4	La Stérilisation et la Chloration	32
IV.5	Analyse Bactériologique et Physico-chimique	33
<b>Conclusion Générale</b>		<b>34</b>
<b>Références Bibliographique</b>		<b>35</b>

---

---

# *DEDICACES*

---

---

*Je dédis ce modeste travail*

*A ma très chère mère Hajja Naima*

*Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le  
Symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et  
L'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et  
De prier pour moi.*

*Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses  
Enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.  
Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond  
Amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et  
T'accorder santé, longue vie et bonheur.*

*A mes très chères sœurs Dalila et Siham*

*Malgré la distance, vous êtes toujours dans mon  
Cœur. Je vous remercie pour votre hospitalité sans égal et  
Votre affection si sincère.  
Sans votre aide, vos conseils et vos encouragements ce travail  
N'aurait vu le jour.  
Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de  
Bonheur, de santé et de réussite.*

*A tous les membres de ma famille, petits et grands  
A tous mes amis  
A la promotion 2010*

L'eau est soumise à l'aide d'une pompe au filtre à sable à une première filtration, en suite au filtre à charbon actif pour une filtration plus sérieuse afin d'enlever toutes les impuretés et les odeurs s'il y en a. ensuite elle est injectée de l'acide et des inhibiteurs, l'eau passe à travers un filtre à sédiment pour la préparer à l'injection dans la membrane l'osmose inverse.

# Chapitre I : Généralités sur l'eau

## I.1 Définition de l'eau

L'eau (que l'on peut aussi appeler oxyde de dihydrogène, hydroxyde d'hydrogène ou acide hydroxyque) est un composé chimique simple, mais avec des propriétés complexes à cause de sa polarisation. Sa formule chimique est  $H_2O$ , c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène entre deux atomes d'hydrogène, disposés en V très ouvert.

L'eau se trouve presque partout sur la Terre c'est un composé essentiel pour tous les organismes vivants connus. Le corps humain est ainsi composé de 70 % d'eau. Par construction des êtres vivants, l'eau est pour eux (sauf exception très notable) incolore, insipide, inodore, ...etc.

À pression ambiante (environ un bar), l'eau est gazeuse au-dessus de  $100^{\circ}C$ , solide en dessous de  $0^{\circ}C$ , et liquide dans les conditions normales de température et de pression. C'est là une particularité essentielle : les autres composés proches ou apparentés, (sulfure d'hydrogène, ammoniac, et méthane par exemple), sont tous gazeux à des températures bien plus basses.

Près de 70 % de la surface de la Terre est recouverte d'eau (97 % d'eau salée et 3 % d'eau douce), essentiellement sous forme d'océans. Une étendue d'eau peut être un Océan, une mer, un lac, un étang, un fleuve, une rivière, un ruisseau, un canal... La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique. [1]

## I.2 Les Sources d'eau

Tous les approvisionnements en eau se divisent en deux catégories : les eaux de surface et les eaux souterraines (*Figure I.1*).

- Les eaux de surface comprennent les lacs, les rivières et les cours d'eau.
- Les eaux souterraines sont situées sous terre. [2]

## **I.2.1 Sources d'eau de surface**

Les sources d'eau de surface sont beaucoup moins sûres que les sources d'eau souterraines en termes de qualité de l'eau et demandent en règle générale un traitement afin de rendre l'eau potable. Les caractéristiques de l'eau de surface varient largement en fonction de la saison, des conditions locales et de l'incidence des utilisateurs voisins.

### **I.2.1.1 Cours d'eau**

Les cours d'eau sont habituellement de bonnes sources d'eau, tout particulièrement en hiver, lorsqu'il y a peu de ruissellement de surface, élément de détérioration de la qualité de l'eau.

Les inconvénients en termes d'approvisionnement sont la basse température de l'eau et la glace flottante en périodes de gel et de dégel, ce qui pourrait endommager les prises d'eau. En été cependant, la qualité de l'eau des fleuves et des rivières est amoindrie en raison des sédiments ou des silts transportés par le ruissellement de surface.

### **I.2.1.2 Lacs**

En règle générale, les lacs offrent l'eau de surface dont la qualité est la plus uniforme. Toutefois, ils peuvent connaître des périodes de grandes modifications au printemps et à l'automne. Des changements rapides de la température de l'eau font alors remonter vers la surface de la couche d'eau la plus profonde, entraîne des sédiments qui abaissent pour un temps la qualité de l'eau.

## **I.2.2 Sources d'eau souterraine**

Les eaux souterraines constituent souvent une source de meilleure qualité que les eaux de surface. Elles conservent une température à peu près constante toute l'année et contiennent généralement moins de contaminants que les eaux de surface. Ainsi, les eaux souterraines nécessitent généralement très peu, voire pas, de traitement pour les rendre potables, ce qui en fait une source économique.

Les eaux souterraines passent à travers diverses couches de sol; elles sont donc filtrées et débarrassées de la plupart des matières en suspension, laissant ainsi une eau de meilleure qualité que la plupart des eaux de surface. Par contre, elles sont souvent plus « dures » que

les eaux de surface, ce qui signifie qu'elles contiennent une plus grande quantité de minéraux dissous, comme le calcium et le magnésium. Bien que l'eau dure ne présente pas un risque pour la santé, elle a un goût désagréable, empêche la formation de mousses du savon et entraîne l'entartrage des bouilloires et autres ustensiles de cuisine.

Les eaux souterraines peuvent également contenir d'autres minéraux, comme le soufre et le fer. L'eau à teneur élevée en soufre peut causer des troubles intestinaux et la diarrhée. L'eau à forte teneur en fer tache les vêtements et peut causer des problèmes de goût et d'odeur. Il est donc important de tester toutes les sources potentielles afin de savoir si l'eau est potable.

L'eau contenant des quantités excessives de minéraux dissous devra être traitée avant consommation.

### **I.2.2.1 Puits**

Un puits est un trou vertical creusé, foré ou percé dans le sol dans le but d'obtenir de l'eau souterraine.

La tête de puits doit être construite de façon à empêcher les eaux de surface d'y pénétrer. À proximité du puits, le sol doit être en pente afin d'éloigner les eaux de surface de la tête de puits.

Dans le cas des puits forés, on place un coulis de ciment entre le cuvelage et le trou du puits, ce qui empêche les eaux de surface de pénétrer dans le puits et de le contaminer. De plus, un joint ou couvercle étanche est placé à l'extrémité supérieure du cuvelage.

Les puits peu profonds sont généralement plus exposés à la contamination que les puits profonds; en effet, les eaux souterraines de ces derniers ont été filtrées sur une plus grande distance par les couches du sol.

### **I.2.2.2 Sources**

Les eaux souterraines apparaissent quelque fois à la surface sous forme de sources. Il en existe deux types :

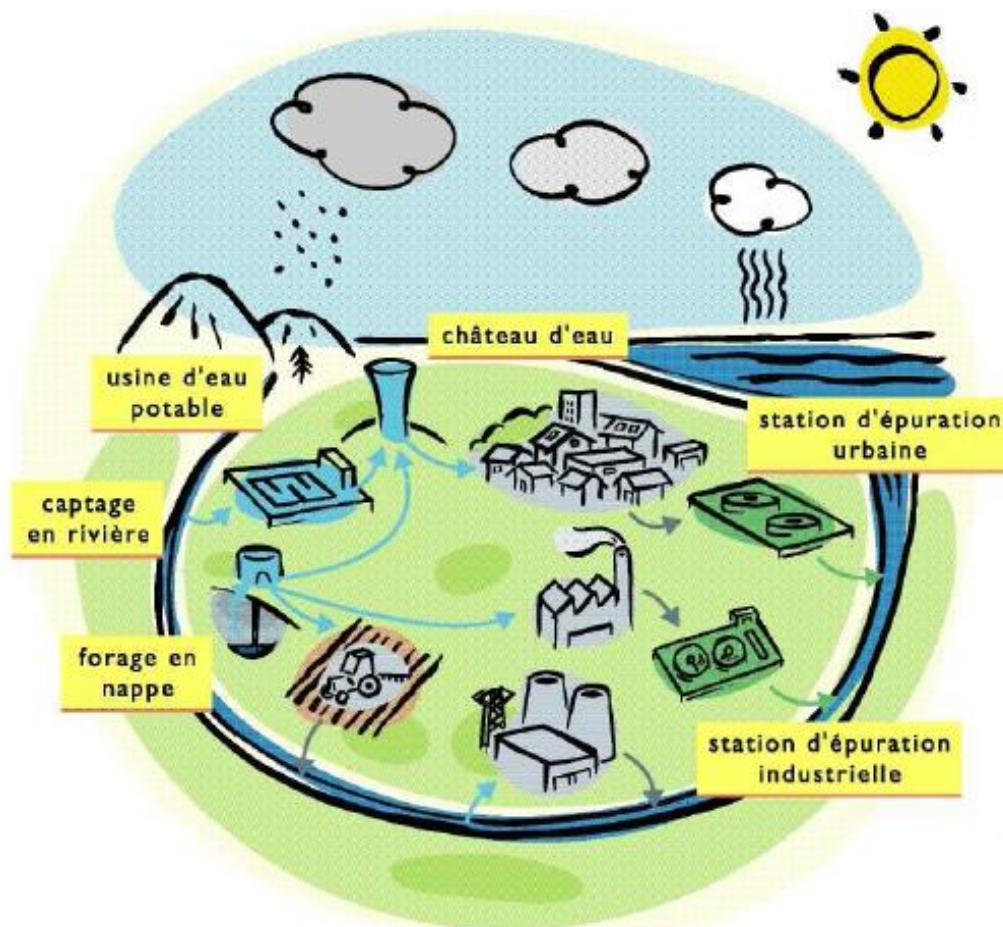
- les sources artésiennes et de gravité.
- Les sources de gravité se forment au niveau où la surface de l'aquifère coupe celle du sol.

Cela peut se produire lorsqu'il y a une baisse abrupte du terrain, sous le niveau de l'aquifère ou lorsque des obstructions, comme une surface rocheuse, interceptent l'écoulement des eaux souterraines, et forcent ces dernières à s'écouler à la surface.

Les sources artésiennes sont généralement formées lorsque les eaux souterraines entrent dans une couche de matériaux poreux (par exemple du sable) qui est confiné au-dessus et en dessous par une couche de matériau imperméable, comme de l'argile ou du roc. L'eau de la source artésienne s'écoule sous pression parce que l'eau est emprisonnée ou confinée au-dessus de la sortie de la source.

Il faut être très prudent si l'on choisit des sources comme approvisionnement en eau, car elles sont souvent intermittentes; leur débit est incertain et peut même cesser durant une période prolongée de temps sec.

Les sources exploitées comme approvisionnement en eau sont généralement abritées dans une structure permanente et étanche. On doit détourner le drainage de surface de la sortie de la source afin de prévenir la contamination.

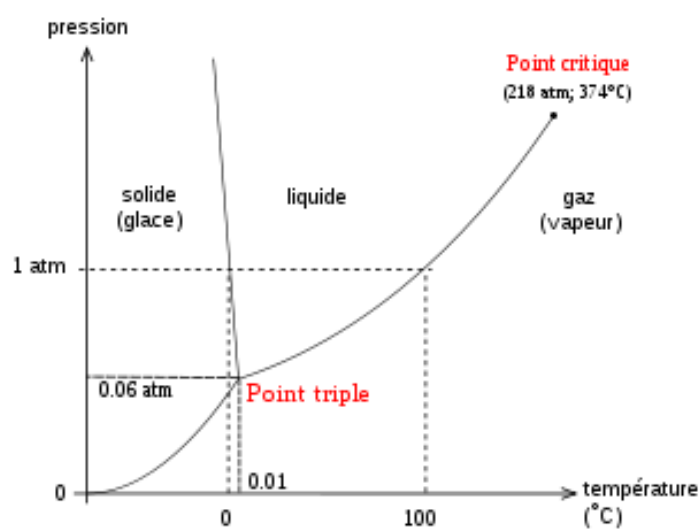


*Figure I.1 : Les Sources d'eau*

## Chapitre II : Propriétés de l'eau

### • Propriétés Générales

L'état solide de l'eau est la glace ; l'état gazeux est la vapeur (d'eau). Elle est totalement invisible et si on la voit s'élever au-dessus d'une casserole d'eau bouillante, c'est que le mouvement ascendant de la vapeur entraîne avec lui des minuscules gouttelettes d'eau. L'état de l'eau dépend des conditions de pression  $P$  et de température  $T$ . Il existe une situation unique ( $P,T$ ) dans laquelle l'eau coexiste sous les trois formes solide, liquide, et gazeux ; cette situation est appelée « point triple de l'eau », elle a lieu à une température de 273,16 K ( $0,01^\circ\text{C}$ ) et une pression de 611,2 Pa. Les unités de température sont définies grâce à ce point triple de l'eau (*Figure II.1*). [1]



*Figure II.1* le point triple de l'eau

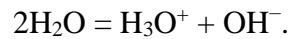
La vitesse du son dans l'eau est de 1 500 m/s dans les conditions normales de température et de pression.

La masse de 1 L d'eau à la température de  $4^\circ\text{C}$  était la première définition du kilogramme. Par approximation, on prend pour masse volumique de l'eau dans les conditions normales la valeur de  $1\,000\text{ kg/m}^3$ , une tonne par mètre cube soit un kilogramme par litre.

La chaleur massique de l'eau est de  $4\,186\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  dans les conditions normales de température et de pression. L'eau était utilisée comme étalon de chaleur dans d'anciens systèmes d'unité : la calorie quantifiait la chaleur à apporter pour augmenter d'un degré Celsius la température d'un gramme d'eau : soit 4,185 joules.

## II.1 Équilibre Acido-basique

L'eau se dissocie naturellement en ion hydronium  $\text{H}_3\text{O}^+$  et ion hydroxyde  $\text{OH}^-$  :



Par perte d'un proton  $\text{H}^+$ , elle devient  $\text{OH}^-$ . Par gain d'un proton  $\text{H}^+$ , elle devient l'ion hydronium  $\text{H}_3\text{O}^+$ . On dit donc que c'est une espèce amphotère. Du fait de l'équilibre, à une température donnée, le produit des concentrations de ces ions, ou « produit de dissociation », est constant. À  $25^\circ\text{C}$ , il vaut :

$$[\text{H}_3\text{O}^+]\cdot[\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ (pas d'unité car constante d'équilibre)}.$$

La concentration (en mole par litre) étant symbolisée par une mise entre crochets.

Les ions hydronium et hydroxyde sont très réactifs, ils peuvent attaquer d'autres matériaux, les dissoudre. On définit l'acidité grâce à la concentration en ion hydronium, par le pH :

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}_3\text{O}^+].$$

À  $25^\circ\text{C}$ , le pH de l'eau pure vaut 7, il est dit neutre. L'ajout de certains produits dits « acides » va déplacer l'équilibre de dissociation de l'eau et abaisser le pH (augmentation du nombre d'ions hydronium) ; à l'inverse, l'ajout de certains produits dits « basiques » va déséquilibrer la réaction dans l'autre sens, favoriser la présence d'ions hydroxyde et augmenter le pH.

On note que l'eau peut capturer un proton ou en libérer un, c'est donc un ampholyte, c'est-à-dire à la fois un acide et une base. Cet équilibre acide/base est d'une importance capitale en chimie minérale comme en chimie organique.

## II.2 Tension superficielle

Les ponts hydrogène confèrent à l'eau une grande tension superficielle et une grande cohésion. Cela se voit quand de petites quantités d'eau sont posées sur une surface non soluble et que l'eau reste ensemble sous forme de gouttes. Cette propriété qui se manifeste par la

capillarité est utile dans le transport vertical de l'eau chez les végétaux et nuisible avec la remontée d'humidité dans les murs de maisons.

### II.3 Conductivité

L'eau pure est en réalité un isolant, qui conduit mal l'électricité. Mais puisque l'eau est un si bon solvant, elle contient souvent une bonne quantité de soluté dissous, le plus souvent des sels. Si l'eau contient de telles impuretés, elle peut conduire l'électricité facilement. Le stator des très gros alternateurs est refroidi par circulation d'eau déionisée dans les conducteurs creux de l'enroulement. Malgré les différences de potentiel de plusieurs dizaines de milliers de volts entre le circuit de refroidissement et les conducteurs électriques, il n'y a pas de problèmes de fuite de courant.

### II.4 Quelques propriétés physiques et thermodynamiques

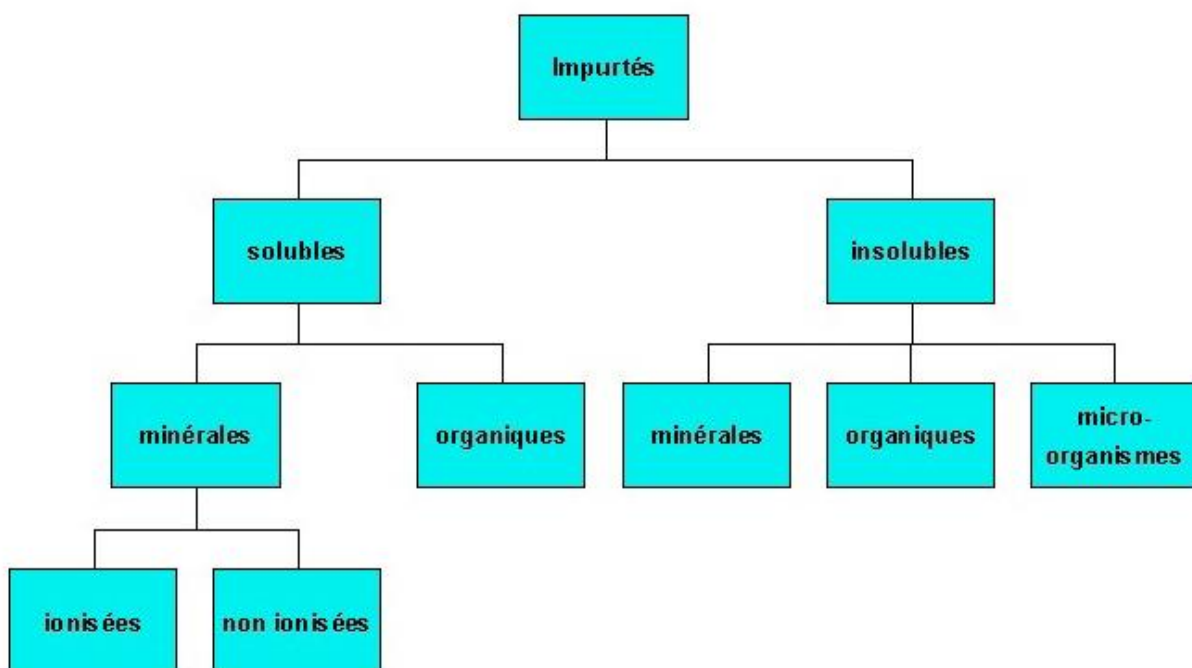
Masse Moléculaire	18 g.mol <sup>-1</sup>
Température de fusion	0°C (273,15 K)
Température de vaporisation	100°C (373,15 K)
Densité	1 (liquide)
Densité	0,913 (solide)
$\Delta_f H^0_{\text{gas}}$	-241,5 kJ/mol
$\Delta_f H^0_{\text{liquide}}$	-285,8 kJ/mol
$\Delta_f H^0_{\text{solide}}$	Inconnue
$C_p$	pour l'eau liquide : 4,186 kJ/(kg·K)
$C_p$	pour l'eau solide : 2,060 kJ/(kg·K)
Chaleur latente de vaporisation	2 257,92 kJ/kg
Chaleur latente de fusion	335 kJ/kg

### II.5 Eaux brutes

La qualité des eaux brutes (ressource en eau avant tout traitement de potabilisation) va dépendre :

- l'autorisation de prélever cette eau pour la rendre potable.
- la filière de potabilisation appropriée.
- **Les classes de polluants**

L'eau, de part sa nature de solvant universel, n'existe pratiquement pas sous forme de H<sub>2</sub>O pure. L'on trouve littéralement de tout dans l'eau. An de pouvoir analyser les traitements de purification envisageables, il est indispensable dans un premier temps de classer les impuretés. Il y a plusieurs manières de classer les impuretés. L'intérêt d'une classification est évidemment conditionne par l'utilité de celle-ci pour denier les traitements de purification applicables pour éliminer ces impuretés (*Figure II.2*). [3]



*Figure II.2 : Schéma de classes de polluants*

## II.6 Eau Potable

Une eau potable est une eau devant satisfaire à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine. Eau qui ne présente aucun danger pour la santé du consommateur, les eaux à potabilité proviennent soit d'eaux de surface, soit d'eaux souterraines.

## II.7 Contrôle sanitaire de l'eau

La qualité de l'eau potable est soumise à deux types de contrôles, que son distributeur soit public ou privé :

- un contrôle officiel, ponctuel, qui relève de la compétence des pouvoirs publics Il s'agit là du contrôle réglementaire fondamental.
- une auto surveillance permanente par les exploitants de leurs services de distribution (régies municipales ou sociétés déléguées).

L'arrêté d'autorisation délivré par le préfet détermine les points où les prélèvements aux fins d'analyse doivent être pratiqués :

- au niveau de la ressource (dans le cours d'eau ou la nappe souterraine) ;
- au niveau de la production, c'est-à-dire après traitement et avant l'envoi de l'eau dans le réseau de distribution ;
- au niveau du réseau de distribution ;

Au point de consommation. Pour les eaux fournies par un réseau de distribution, les limites et références de qualité doivent être respectées au point où les eaux sortent des robinets.

## **CHAPITRE III : Méthodes de Traitement**

### **III.1 Procédés Chimiques**

L'oxydation, par le chlore ou l'ozone, agit sur les métaux (fer, manganèse), sur les matières organiques et détruit ou inactive les germes vivants, les virus et les bactéries. Les procédés de substitution d'ions par échange d'ions sur des résines spécifiques sont utilisés pour la dénitratisation et l'adoucissement de l'eau. [4]

L'une de ces procédés est la chloration

- **Chloration**

Le principe de fonctionnement de la chloration est d'une extrême simplicité : l'on injecte du chlore dans l'eau avec une pompe pour injection ou un injecteur Venturi, et l'on attend que le chlore agisse. La chloration est très peu employée en purification de l'eau dans l'industrie, essentiellement en raison du problème insoluble pose par le résidu de chlore et de dérivés chlores présents dans l'eau désinfectée.

La consommation sera déterminée par l'oxydation des matières organiques et des composants dissous que le chlore oxydera, c'est à dire essentiellement le fer et le manganèse.

La quantité de chlore nécessaire à l'oxydation du fer et du manganèse est simplement le dosage stœchiométrie pour l'oxydation du fer et du manganèse présents dans l'eau.

### **III.2 Procédés biologiques**

La procédure biologique utilisée pour traiter l'eau potable est la Stérilisation UV.

- **Stérilisation U.V.**

Le principe de la stérilisation de l'eau par ultraviolet est très simple, on éclaire l'eau avec des rayons UV, qui ont un effet germicide par destruction des molécules d'ADN.

Par sa simplicité et son efficacité, la stérilisation par ultraviolet est une solution très attrayante. Il faut toutefois aussi être conscient des limites de cette technologie :

La stérilisation par ultraviolet inactive mais n'élimine pas physiquement les bactéries, les bactéries restent dans l'eau sous forme de particules inactives. Dans beaucoup d'applications, cela ne pose pas de problèmes, mais dans certains cas, comme en micro-électronique, par exemple, il faut combiner la stérilisation par ultraviolet avec la Microfiltration ou l'ultrafiltration pour éliminer les particules que sont devenues les bactéries inactivées par le stérilisateur U.V. de l'eau.

En pratique, le dimensionnement se fait en général sur la base des normes applicables pour la stérilisation de l'eau potable. Celles-ci prescrivent une dose de rayonnement germicide.

Les stérilisateur U.V. sont aussi souvent utilisés comme destructeurs d'ozone résiduel dans l'eau. Pour détruire l'ozone, il faut un dosage de rayonnement germicide beaucoup plus élevé que pour l'inactivation de bactéries.

### **III.3 Procédés physiques et physico-chimiques**

Les procédés physiques et physico-chimiques sont les suivants

- Le dégrillage (corps flottants et les gros déchets).
- Le tamisage.
- La coagulation-floculation.
- La décantation.
- La filtration.
- La flottation.

#### **III.3.1 La coagulation-floculation**

Les processus de coagulation-floculation sont employées pour séparer les solides en suspension de l'eau, la coagulation résulte de l'addition des réactifs chimiques dans des dispersions aqueuse a fin d'assembles en agrégat peut être éliminée par des précédé elle que la décantation ou la filtration.

#### **III.3.2 La décantation**

Méthodes de séparation la plus fréquentes des matières en suspension et des colloïdes (âpres les deux phénomènes coagulation et floculations)

### III.3.3 La Filtration

La filtration est un procédé de séparation permettant de séparer les constituants d'un mélange qui possède une phase liquide et une phase solide au travers d'un milieu poreux.

L'utilisation d'un filtre permet de retenir les particules du mélange hétérogène qui sont plus grosses que les trous du filtre (porosité). Le liquide ayant subi la filtration se nomme filtrat, et ce que le filtre retient se nomme un résidu (aussi communément appelé "Gâteau" ou retentât). [1]

Il existe deux principales techniques de filtration :

- **La filtration frontale**, la plus connue, consiste à faire passer le fluide à filtrer perpendiculairement à la surface du filtre. C'est la technique employée par exemple pour les filtres à café. Les particules étant retenues par le filtre, cette technique est limitée par l'accumulation des particules à sa surface, qui finissent peu à peu par le boucher.
- **La filtration tangentielle**, au contraire, consiste à faire passer le fluide tangentiellement à la surface du filtre. C'est la pression du fluide qui permet à celui-ci de traverser le filtre. Les particules, dans ce cas, restent dans le flux de circulation tangential, et le bouchage s'effectue ainsi beaucoup moins vite. Cependant, cette technique est réservée à la filtration des très petites particules, d'une taille allant du nanomètre jusqu'au micromètre (filtre à sable dans le traitement de l'eau par exemple).

On peut aussi nommer différemment l'opération de filtration suivant la taille des pores du filtre. Ainsi on peut parler de microfiltration et même d'ultrafiltration.

### III.4 Type de filtration

Les Type de filtration sont les suivants

- La Microfiltration
- L'ultrafiltration
- La nanofiltration
- L'osmose inverse

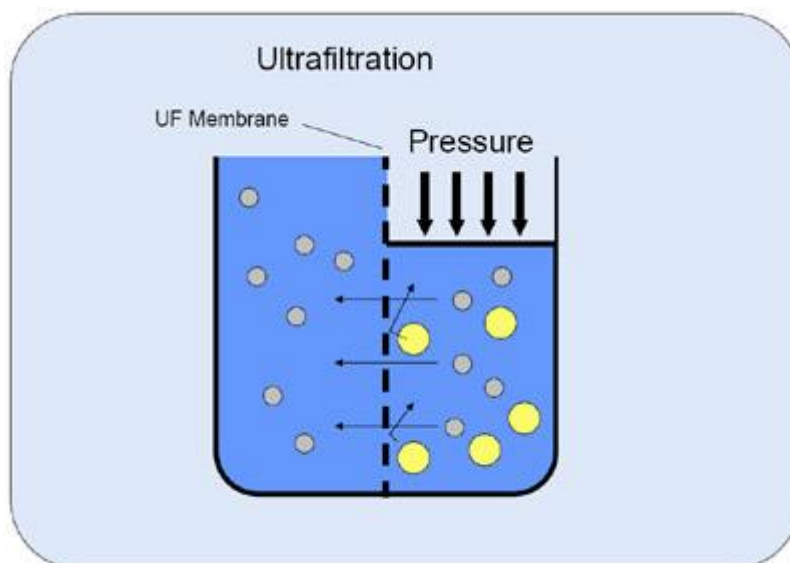
### III.4.1 Microfiltration

La microfiltration est un procédé de filtration qui élimine les contaminants d'un fluide (liquide et gaz) par passage à travers une membrane microporeuse. Une membrane de microfiltration typique taille des pores gamme est de 0,1 à 10 microns ( $\mu\text{m}$ ).

La microfiltration est le processus de filtration avec un filtre de micron de taille. Les filtres peuvent être immergés dans une configuration ou une configuration appareil à pression. Elles peuvent être constituées de fibres creuses, drap plat, tubulaire, en spirale, fibres creuses amende ou de la piste gravée. Ces filtres sont poreuses et permettent à l'eau, les espèces monovalents ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ), la matière organique dissoute, colloïdes petites et les virus grâce, mais ne permettent pas de particules, des sédiments, des algues ou des bactéries par le biais de grandes.

### III.4.2 Ultrafiltration

Un processus de filtration dans lequel les particules de taille colloïdale sont retenus par un filtre tout solvant et d'accompagnement des solutés de faible poids moléculaire sont autorisés à passer à travers. Ultrafiltres (*Figure III.1*) sont utilisés pour séparer les colloïdes de suspendre moyen, pour séparer les particules d'une taille de particules d'une autre dimension, et pour déterminer la distribution des tailles des particules dans les systèmes colloïdaux par l'utilisation de filtres de pores classés la taille.



*Figure III.1 : Schéma d'Ultrafiltration*

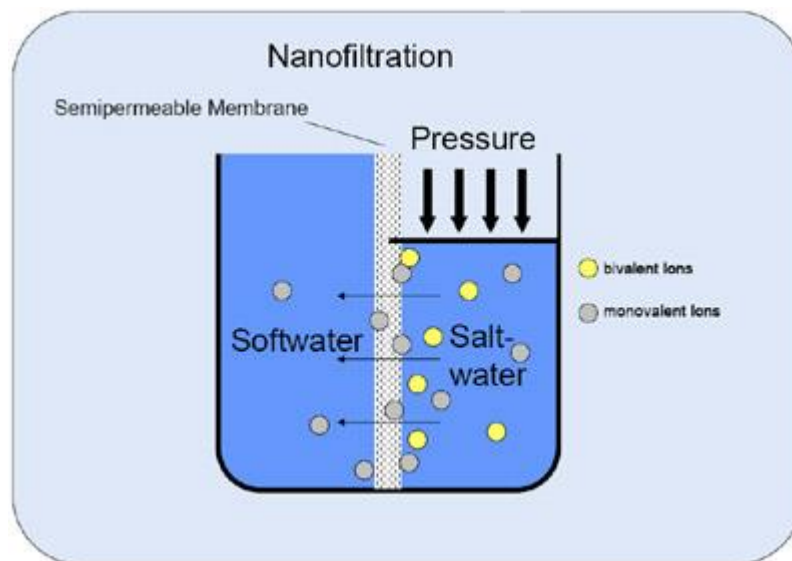
### III.4.3 Nanofiltration

La nanofiltration, tout comme l'osmose inverse, l'ultrafiltration et la microfiltration est un procédé de séparation effectué par l'application d'une pression qui en est la force motrice. La nanofiltration (*Figure III.2*) est effectuée sur une membrane semi-perméable.

Elle a été surtout utilisée dans l'adoucissement de l'eau (enlèvement des ions bivalents, en l'occurrence le calcium et le magnésium responsables de la dureté). Actuellement, c'est un procédé de choix pour le traitement des eaux de surfaces (eaux de lacs et rivières) et des eaux saumâtres (eaux de qualité intermédiaire entre une eau de surface et l'eau de mer).

La Nanofiltration se caractérise par :

- la taille des particules ciblées (1 à 10 nm).
- la pression d'opération : 40 à 250 psi (soit 3 à 15-20 bars).



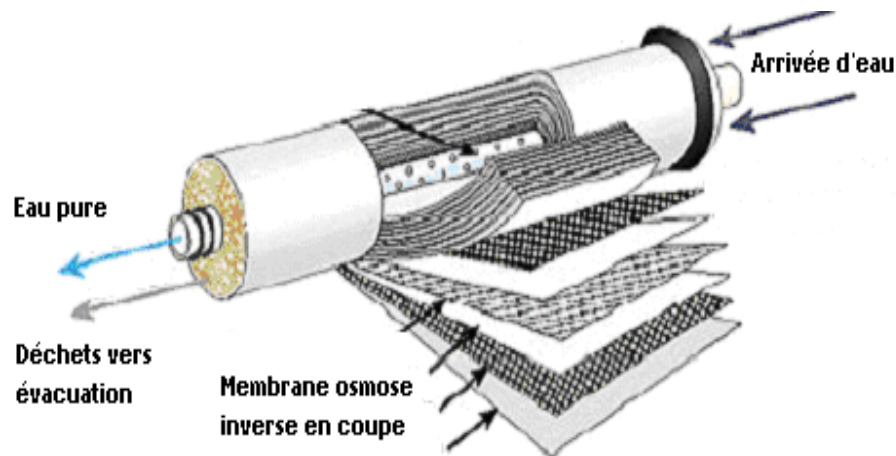
*Figure III.2 : Schéma de Nanofiltration*

### III.4.4 Osmose Inverse

L'osmose inverse est un système de purification de l'eau contenant des matières en solution par un système de filtrage très fin qui ne laisse passer que les molécules d'eau.

Considérons de l'eau comportant des solutés, particulièrement du sel. Si l'on met deux solutions de concentrations différentes de chaque côté d'une membrane filtre, l'eau franchit celle-ci jusqu'à ce que les concentrations s'équilibrent : c'est le phénomène de l'osmose. En exerçant une pression hydrostatique (entre 40 et 80 bars), on dépasse la **pression osmotique**

et on force l'eau à franchir la membrane dans un sens, ce qui permet d'obtenir d'un côté un plus petit volume (environ 30% à partir de l'eau de mer océanique) d'une eau dont les solutés sont plus dilués (donc d'une eau plus pure), et de l'autre côté un plus grand volume d'une eau plus concentrée, qui sert de piston (*Figure III.3*). [5]



*Figure III.3 : Schéma du filtre d'Osmose Inverse*

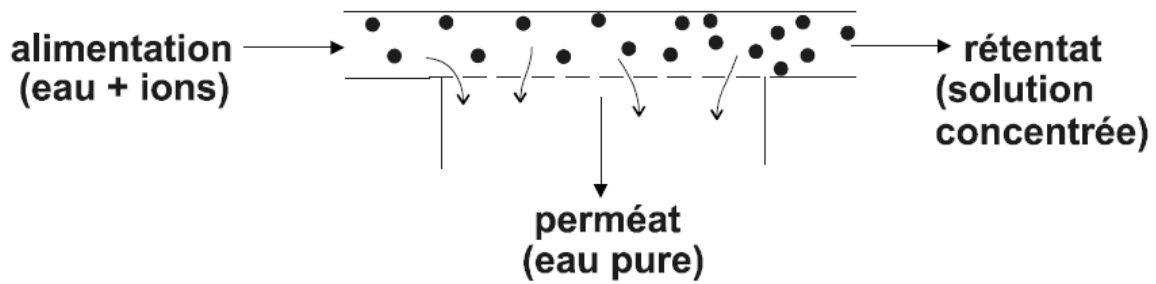
#### III.4.4.1 Définition Technique

Une membrane semi-sélective (semi-perméable) est une membrane permettant certains transferts de matière entre deux milieux qu'elle sépare, en interdisant d'autres ou plus généralement en favorisant certains par rapport à d'autres. [6]

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.

L'écoulement s'effectue en continu tangentiellement à la membrane. Une partie de la solution à traiter (débit  $Q_0$ ) se divise au niveau de la membrane en deux parties de concentrations différentes:

- une partie (débit  $Q_p$ ) passe à travers la membrane (perméat)
- une partie qui ne passe pas à travers la membrane (concentrât ou retentât) 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:

$$Y = Q_p/Q_0$$

Le flux d'eau est suivant les cas le perméat (la déminéralisation d'eau)

**L'écoulement tangentiel** permet au contraire de limiter l'accumulation sur la membrane des diverses espèces (particules, molécules, ions) retenues par cette dernière.

**La sélectivité** d'une membrane est définie par le taux de rejet  $R$  (ou taux de rétention) de l'espèce que la membrane est censée retenir:

$$R = 1 - (C_p/C_0).$$

où  $C_0$  est la concentration de l'espèce à retenir dans la solution et  $C_p$  est la concentration de la même espèce dans le perméat.

L'osmose inverse utilise des membranes denses sans porosité qui laissent passer l'eau et arrêtent les ions.

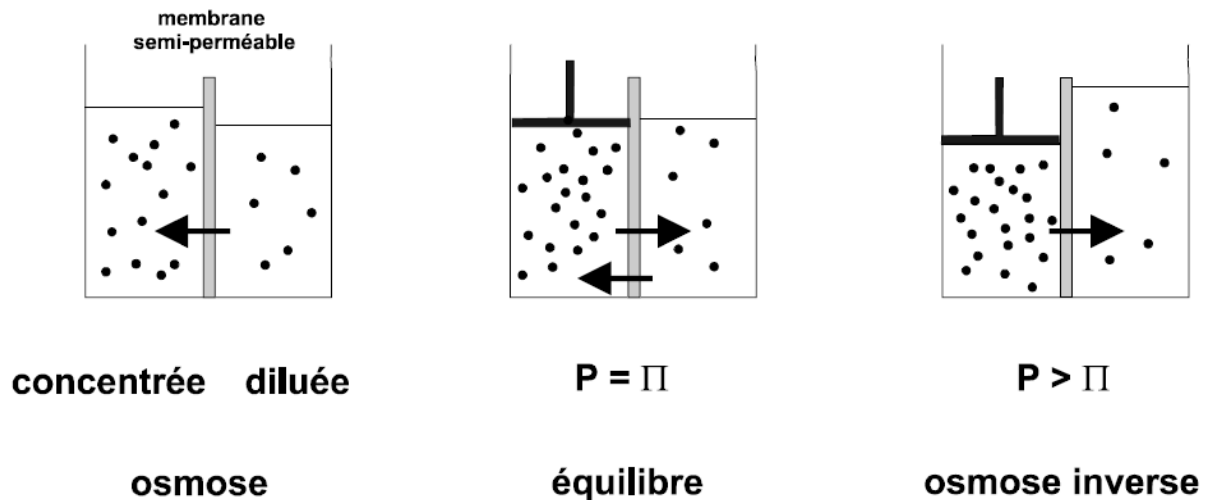
### III.4.4.2 Principe de l'Osmose Inverse

#### III.4.4.2.1 Pression osmotique

L'osmose est le transfert de solvant à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de concentration. Si on considère un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-sélective et contenant deux solutions de concentrations différentes, l'osmose se traduit par un flux d'eau dirigée de la solution diluée vers la solution concentrée.

Si on applique une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Avec une pression suffisamment forte, le flux d'eau va même s'annuler:

cette pression est nommée la pression osmotique  $P$  (en faisant l'hypothèse que la solution diluée est de l'eau pure). Si on dépasse la valeur de la pression osmotique, on observe un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique: c'est le phénomène d'osmose inverse.



La pression osmotique est donnée par la relation suivante:

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

Où  $i$  est le nombre d'espèces d'ions constituant le soluté,  $C$  la concentration molaire du soluté ( $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$ ),  $T$  la température ( $^{\circ}\text{K}$ ) et  $R$  la constante des gaz parfaits ( $8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ).  $\Pi$  est exprimée en pascals (Pa). Cette relation est valable pour des solutions diluées.

#### III.4.4.2 Mécanisme Diffusionnel

En osmose inverse les transferts de solvant et de soluté se font par solubilisation - diffusion: toutes les espèces moléculaires (soluté et solvant) se dissolvent à travers la membrane et diffusent à l'intérieur de celle-ci comme dans un liquide sous l'action d'un gradient de concentration et de pression. Le transfert ne dépend donc plus de la dimension des particules mais de leur solubilité dans le milieu membranaire. Les séparations sont donc d'origine chimique et sont liées au pouvoir solvant de la membrane.

Le flux massique  $J_{\text{solvant}}$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) de solvant traversant la membrane est donné par la relation :

$$J_{\text{solvant}} = A \cdot (\Delta P - \Delta \Pi)$$

Où  $A$  est la perméabilité de la membrane au solvant ( $m^{-1}.s$ ),  $\Delta P$  la différence de pression de part et d'autre de la membrane et  $\Delta \Pi$  la différence de pression osmotique de part et d'autre de la membrane.  $\Delta \Pi$  est la pression osmotique du flux d'alimentation si le perméat est une solution très diluée. Les pressions sont exprimées en pascals.

Le flux massique  $J_{\text{soluté}}$  ( $kg.m^{-2}.s^{-1}$ ) de soluté traversant la membrane est donné par la relation:

$$J_{\text{soluté}} = B \cdot (C_0 - C_P)$$

Où  $B$  est la perméabilité moyenne de la membrane au soluté ( $m.s^{-1}$ ),  $C_0$  et  $C_P$  sont respectivement la concentration en soluté de l'alimentation et du perméat de part et d'autre de la membrane ( $kg.m^{-3}$ ).

On montre donc que le flux de solvant est proportionnel à la pression efficace  $\Delta P - \Delta \Pi$  tandis que le flux de soluté en est indépendant. On montre également que le taux de rejet d'une membrane augmente lorsque la pression efficace augmente.

#### **III.4.4.3 Les inconvénients de l'osmose inverse sont**

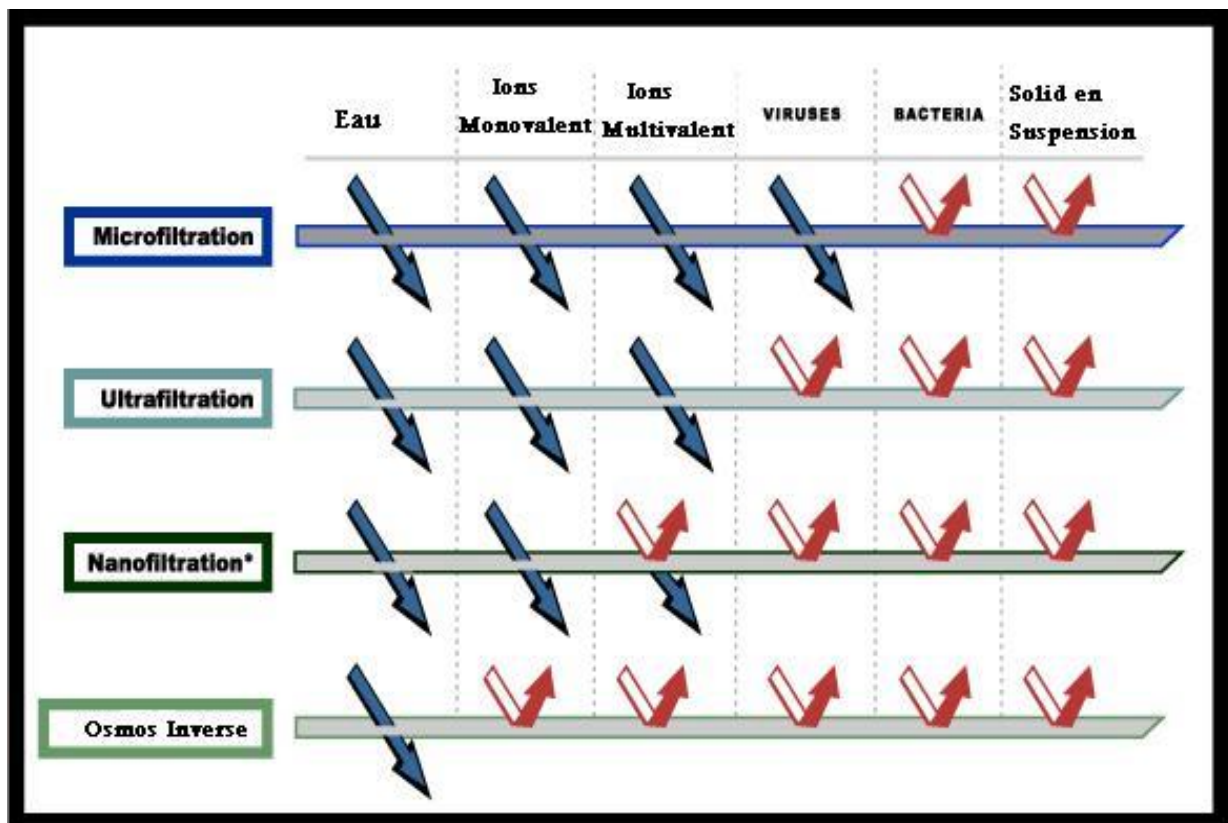
- la dégradation des membranes : lors du dimensionnement d'une installation d'osmose inverse, on tient compte en moyenne d'une durée de vie des membranes de l'ordre de 3 ans.
- l'énergie consommée par la pompe de gavage ;
- les pertes en eau. En effet, le concentrât qui contient tous les sels qui n'ont pas traversé la ou les membranes, représente environ 25% du débit entrant, pour des installations industrielles. Cette eau contient alors trop de sel pour l'agriculture, et est donc perdue.

#### **III.5 Différence entre les Types de filtration**

L'ultrafiltration élimine les bactéries, protozoaires et certains virus de l'eau. Nanofiltration supprime ces microbes, ainsi que la plupart des matières organiques naturelles et des minéraux naturels, en particulier des ions divalents qui causent l'eau dure. Nanofiltration, cependant, ne supprime pas composés dissous. L'osmose inverse élimine la turbidité, y compris les microbes et la quasi-totalité substances dissoutes.

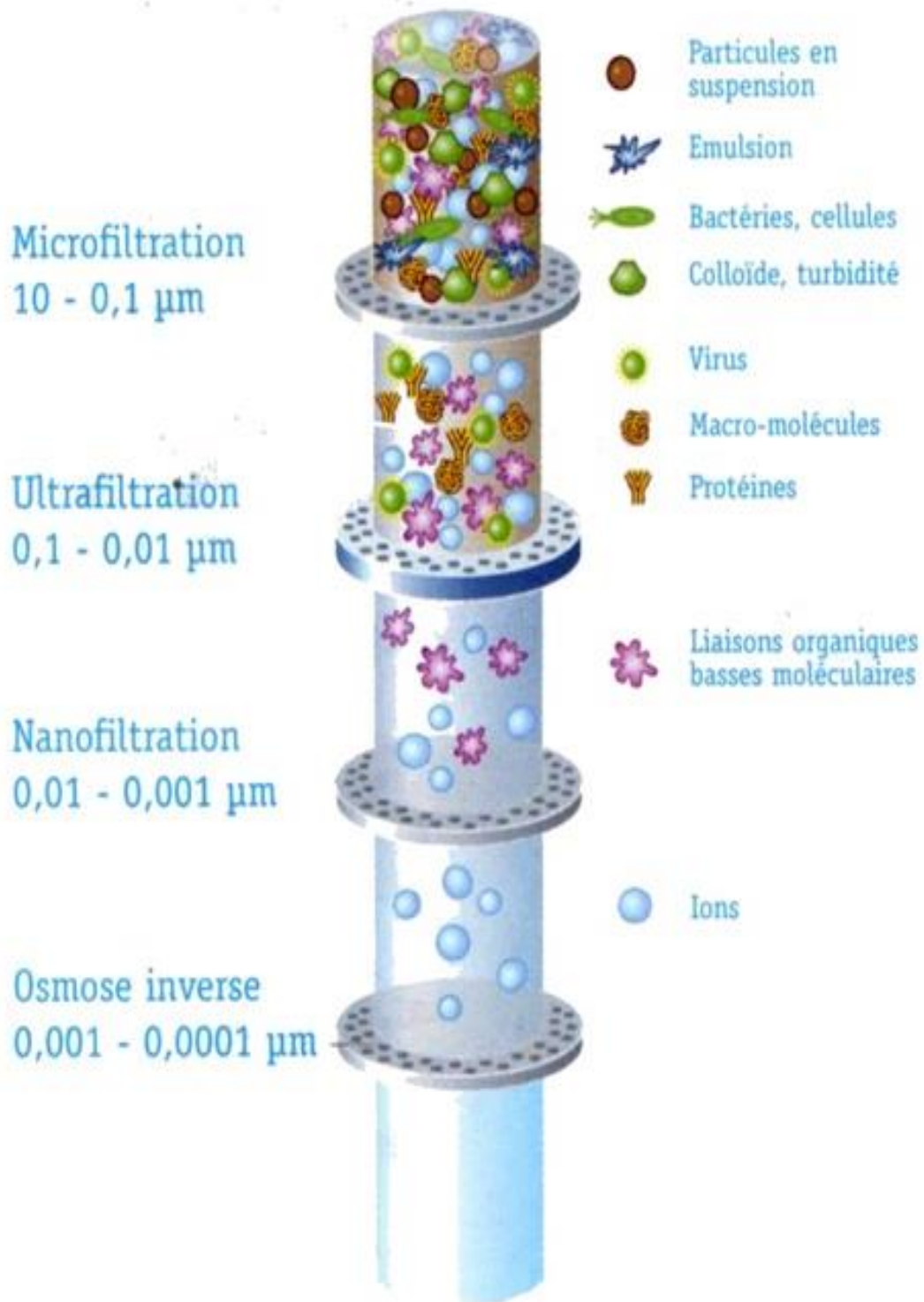
La principale différence entre la nanofiltration et l'osmose inverse est que ce dernier conserve les sels monovalents (tels que le chlorure de sodium), alors que la nanofiltration permet de passer, et conserve alors les sels divalents tels que le sulfate de sodium.

La microfiltration est fondamentalement différente de l'osmose inverse et la nanofiltration parce que ces systèmes utilisent la pression comme un moyen de forcer l'eau pour aller de basse pression à haute pression. Microfiltration pouvez utiliser un système sous pression, mais il n'a pas besoin d'inclure la pression (*Figure III.4*).



*Figure III.4 : Différence entre les Types de filtration*

Cependant, alors que l'osmose inverse élimine de nombreux minéraux nocifs, tels que le sel et le plomb, il élimine aussi des minéraux sains, tels que le calcium et le magnésium. C'est pourquoi l'eau qui est traitée par des prestations d'osmose inverse en passant par un de magnésium et minérales du fond de calcium. Cela ajoute du calcium et de magnésium à l'eau, tout en augmentant le pH et la diminution du potentiel corrosif de l'eau. L'eau corrosive peut lixiviation du plomb et cuivre provenant des systèmes de distribution et des conduites d'eau des ménages (*Figure III.5*).



*Figure III.5 : Schème Générale Montrer la Différence entre les Types de filtration*

## **CHAPITRE IV : Le Procédé de Traitement utilisé par la société Hadj Bachir**

### **IV.1 Description de la Société**

Dans notre région (Oued Souf) notre seule source d'eau est des forages, mais sa qualité est très mauvaise, car le pourcentage de chlorure et du calcaire est trop élevé. Donc il faut la traiter. L'un des méthodes les plus utilisées pour cela est l'osmose inverse, c'est une technique employée pour adoucir l'eau du forage de notre région.

L'eau est tirée du forage et amenée dans un réservoir de 1000 m<sup>3</sup> Ou elle est stockée (*Figure IV.1*). Cependant les grosses particules se déposent au fond du réservoir.

Puis, elle est soumise à l'aide d'une pompe au filtre a sable a une première filtration, en suite au filtre à charbon actif pour une filtration plus sérieuse afin d'enlever toutes les impuretés et les odeurs s'il y en a. ensuite elle est injectée de l'acide et des inhibiteurs, l'eau passe à travers un filtre à sédiment pour la préparer à l'injection dans la membrane l'osmose inverse.

Pour cela une puissante pompe l'injecte dans la membrane sous une pression allant jusqu'à 40 bar.

Après sa sortie de l'unité de l'osmose inverse l'eau est stérilisée par UV et chlorifiée par du chlore ou de la javel et ensuite elle sera stockée dans des réservoirs en inox (*Figure IV.2*) puis distribuée aux camions citernes.



*Figure IV.1 Réservoir D'eau Brute avant la Traitement*



*Figure IV.2 Réservoir D'eau Potable après la Traitement*

#### **IV.1.1 Description technique de la Société**

La société EURL NORD AFRIQUE souhaite traiter son eau de forage pour la distribution dans la région d'El Oued. Le débit de production est de  $58 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $372 \text{ m}^3/\text{jour}$ ) avec l'eau traité a une conductivité de  $350 \mu\text{S}/\text{cm}$  et un TH de  $13^\circ\text{f}$ .

La Méthode de traitement employée est une ultrafiltration par membranaire suivie d'un traitement par l'osmose inverse .Les membranes d'ultrafiltration empêchent le passage des bactéries et virus.

#### **IV.1.2 Fiche Technique de l'Etablissement**

##### **IV.1.2.1 Identification du Projet**

- Intitule de projet: Réalisation d'un forage d'A.E.P.
- Nom du forage: EURL NORD AFRIQUE 'ANTENNE HADJ EL-BACHIR' d'adoucissement d'eau Potable
- Lieu d'implantation: Zone industrielle Tiksebet El-Oued
- Montant du projet : 7.403.760.00 DA

##### **IV.1.2.2 Exécution du projet**

- Date de démarrage des travaux : 13/07/2005
- Date de fin des travaux : 20/08/2005
- Profondeur du forage : 288 m
- Niveau statitique du forage : 33.06 m
- Niveau dynamique du forage : 36.00 m
- Débit du forage (max) : 47 l/s

##### **IV.1.2.3 Impactes attendu du projet**

- Sur l'activité économique: création des postes d'emplois et augmentation d'eau douce qui sera vendu a l'usage.
- Sur l'emploi: création de 12 employés.
- Sur l'amélioration des conditions de vie: pour fournir de l'eau d'une bonne qualité.

#### **IV.1. 3 Fiche Technique du Forage**

Le fourrage utilisé de la société est composé des couches suivantes :

Sable a grains fins jaunes, brunotre quartzeux  
Et gypseux

Sable argileux jaunes, brunotre gypseux

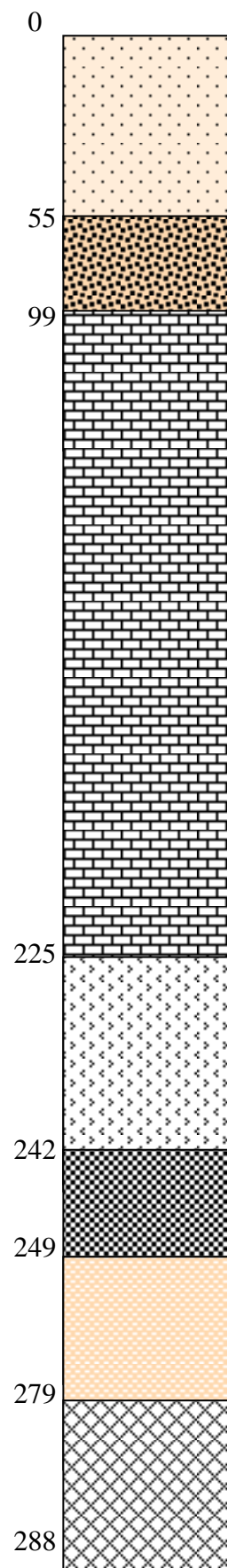
Argiles marneuses, jaunes, brunes.  
Faiblement gypseux

Argiles marneuses, jaunes, brunes.  
Compactes a rares passées de grés

Argiles jaunes brunes et sables très fins

Sable à grains moyens à gros quartzeux

Calcaires blancs à rognons de silex



Et voila une figure qui représente le fourrage (*Figure IV.3*)



*Figure IV.3 Image réel du Forage*

## **IV.2 Pré Filtration**

### **IV.2.1 La Premier Pré Filtration**

Elle consiste à faire passer l'eau dans des filtres à sable (*Figure IV.4*) pour enlever les particules qui sont dans l'eau.

Cette méthode est appelée la **Microfiltration**, elle enlève les particules en passant par du sable. Ce filtre à sable est constitué de plusieurs couches de différents types de sable, gravier, sable moyen, sable fin. Les pores de ce filtre sont  $>0.6\mu\text{m}$ .



*Figure IV.4 La Filtre à Sable*

#### **IV.2.2 La Deuxième Pré Filtration**

Elle consiste à faire passer l'eau dans des filtres à charbon actif (*Figure IV.5*) pour enlever les microparticules contenant dans l'eau.

Cette méthode est appelée **Ultrafiltration**, elle enlève la microparticule en passant par du charbon actif .cette méthode enlève les particules et la microparticule mais laisse passer les substances macromoléculaire et micromoléculaire les pores de ce filtre sont de 0.1-0.01 $\mu\text{m}$ .



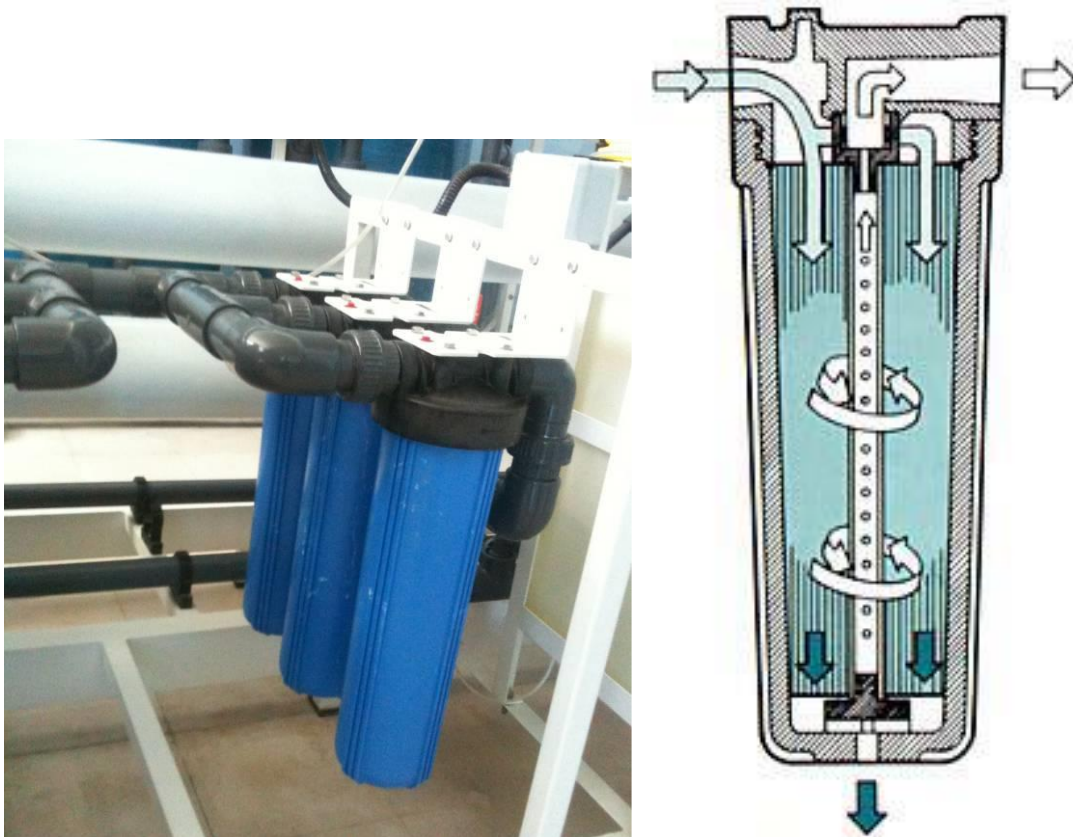
*Figure IV.5 Image réel d'un Filtre a Sable et Charbon*

### **IV.2.3 La Troisième Pré Filtration**

Elle consiste à faire passer l'eau dans des filtres à sédiment (*Figure IV.6*) pour enlever les substances macromoléculaire qui sont dans l'eau.

Cette méthode est appelée **Nanofiltration**, elle enlève les substances macromoléculaire en passant par des filtres à sédiment .Cette méthode enlève les particules et les microparticules et les Substances macromoléculaires mais laisse passes les substances micromoléculaire les pores de ce filtre sont de 0.01- 0.001 $\mu\text{m}$ .

Ces trois pré-filtrations sont nécessaires pour prolonger la durée de vie des membranes de l'osmose inverse.



*Figure IV.6 Image réel d'un Nanofiltration et le Schéma d'un Nanofiltration*

### IV.3 Osmose Inverse

L'osmose inverse (*Figure IV.7*) est le procédé par lequel l'eau passe au travers d'une membrane ultra fine, semi-perméable. Cette membrane est perméable qu'aux molécules les plus fines, c'est à dire  $\text{H}_2\text{O}$ . Ce procédé naturel ne stocke pas les contaminants, à l'inverse des filtres classiques. Le procédé est dit "inverse" car il nécessite une pression suffisante pour "forcer" l'eau pure à passer à travers la membrane. Ce procédé abouti à de très bons résultats, car il élimine de 98% à 99% des particules solides dissoutes et 100% des micro-organismes.

Ces particules solides et micro-organismes tels que : nitrates, pesticides, bactéries, virus, microbes, amiante, herbicides, calcaire, mercure, plomb, et autres métaux lourds ainsi que tout ce qui est dissous sont éliminés et l'eau devient idéale.



*Figure IV.7 Image réel d'un Osmose Inverse*

- **Remarque**

Après avoir passé l'eau à travers le processus de filtration (osmose inverse), il sort pure, (seulement H<sub>2</sub>O), et cette eau n'est pas valable pour la consommation humaine, car elle ne contient pas les propriétés nécessaires pour être de l'eau potable. À cause de cela, et afin d'assurer la validité de l'eau nous ajoutons les ions (Mg, Ca) avec l'utilisation d'un réacteur.

#### **IV.4 La Stérilisation et la Chloration**

L'eau après sa sortie de l'unité d'osmose inverse est stérilisée par un rayonnement UV de 7.5 KW/m<sup>3</sup>. Pour la conservation car elle nécessite une stérilisation avant la conservation pour qu'elle reste saine. Après la stérilisation on ajoute du chlore ou de la javelle à cette eau pour assurer sa conservation pendant la distribution soit dans les camions citernes ou chez les gens et pour éviter sa contamination après sa sortie de l'usine la chloration est assurée par une pompe (*Figure IV.8*) qui est à réglage électronique, elle injecte 0.1cc/L de javelle à 13°C.



*Figure IV.8 Image réel du Stérilisateur U.V. et Injecteur de Chlore ( Javel )*

#### **IV.5 Analyse Bactériologique et Physico-chimique**

Après les analyses bactériologiques et physico-chimiques que nous avons faites dans le laboratoire nous avons retrouvé les résultats suivants :

<b>Détermination</b>	<b>Résultats</b>	<b>Normes</b>
pH a 25 °C	7.95	6.5—8.5
Conductivité	382 $\mu\text{s}/\text{cm}$	1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$
TH ( Dureté )	5.9	<50 °F
Calcium	32.5	<200 mg/l
Magnésium	9.43	<150 mg/l
Chlorures sous forme de $\text{Cl}^-$	71 mg/l	200 mg/l
Chlorures sous forme Na Cl	117 mg /l	/
TDS ( Total de sel Dissous )	235 mg/ l	/
TA ( Alcalinité compossible )	0 °F	/
TAC ( Alcalinité Total )	2.1 °F	$\geq 2.5$ °F
Carbonate	0 mg /l	/
Bicarbonate	25.62 mg/l	/
Salinité	0.20 par mille	/
Oxygène Dissous	7.82 mg/l	8

*Tableau IV.1 Les Résultat des analyses*

A partir la comparaison des résultats obtenus et les normes imposé par l'administration sanitaire d'El Oued nous avons constaté que l'eau obtenu après le traitement est potable.

## **Conclusion Générale**

L'objectif de ce travail était le traitement d'une eau saline pour produire de l'eau potable afin d'éliminer les micro-organismes tel que : bactéries, virus et autres ions non désirés.

Pour cela nous avons utilisé le processus de filtration de l'osmose inverse ; mais cette méthode ne donne pas des meilleurs résultats qu'après une série de filtration (microfiltration, nanofiltration, ultrafiltration) qui sert à augmenter la durée de vie de l'osmose inverse et améliorer le rendement.

Après l'étude et les analyses physico-chimiques et bactériologiques on a trouvé de bon résultats, car le procédé de l'osmose inverse Ce élimine de 98% à 99% des particules solides dissoutes et 100% des micro-organismes.

## Références bibliographique

[1] <http://www.techno-science.net> , 05 Mai 2010.

[2] Document d'information technique. Réseaux communautaires d'eau potable DIT -SM -01 (octobre 2000).

[3] Enrico Riboni, (2005), *Purification de l'eau dans l'industrie*, « ozone.ch » Technoparc du Pays de Gex, France. p.7. 46

[4] Claude Cardot, *Les traitements de l'eau*, Ellipses Edition, Paris, 1999, ISBN 2-7298-5981-0

[5] Bob Weintraub, article au *SIDNEY LOEB co-inventor of practical reverse osmosis*. The Negev academic college of engineering. Beer-Sheva.

[6] Technique de l'ingénieur, Article relatifs a l'ultrafiltration et a l'osmose inverse. p.1.2.3

## **Résumé**

L'eau d'El-Oued, provenant des sources souterraines, il n'est pas valable pour la consommation humaine, car il contient un pourcentage important des ions et spécialement la présence de fluor. Et pour cela, il existe des différentes procédures de traitement. Dans ce travail, nous avons utilisés le processus de filtration de l'osmose inverse parce que c'est la façon la plus économique pour produire de l'eau potable à partir des eaux salines.

Pour assurer la validité de l'eau produite, après le processus de filtration, l'eau est analysée dans un laboratoire pour connaître les propriétés physico-chimiques.

## **Introduction Générale**

L'eau est la vie pour tous les êtres vivant ; elle se trouve presque partout sur la terre, près de 75 % de la surface, le corps humain est ainsi composé de deux tiers d'eau.

Une eau potable est une eau devenant satisfaite aux normes nationales de potabilité et a toutes les autres conditions imposées par l'administration sanitaire.

L'eau d'alimentation humaine a la wilaya d'El Oued provient de sources souterraines, elle n'est pas valable pour la consommation humaine qu'après des traitements car elle contient des pourcentages très élevés de quelque élément tel que le fluor, Magnésium, ... etc.

Pour cela nous avons réalisé dans la société EURL NORD AFRIQUE 'ANTENNE HADJ EL-BACHIRE' le processus de filtration de l'osmose inverse pour traiter les eaux salines

Pour la détermination de la potabilité de l'eau traitée, nous avons fait dans le laboratoire de la société une chaîne d'analyse physico-chimique