

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 ACADIMIQUE

Domaine : Sciences et technique

Spécialité : génie des procédés

Option : génie des procédés

Présenté par : AD Bachir et AOUN Abdel razzak et zaoui Sofaine

Thème

**Filtration des eaux par unité compact
membranaires dans la région d'El-Oued
(STATION TIBA DRINKING WATER)**

Soutenu le 29 juin 2010

Devant le jury composé de :

Mr	MESBAHI M.Adel	Ma (B)	président
Mr	LAOUINI Saleh eddine	Ma (B)	examinateur
Mr	FADEL Ammar	Ma (B)	Rapporteur

2009-2010

Résumé :

Le présent travail a pour but de faire une étude technique d'une station de filtration, une station qui fonctionne par le procédé d'osmose inverse. La nécessité d'utiliser ce mode de filtration est la conséquence de la qualité des eaux de consommation de l'agglomération d'El-Oued qui est caractérisée par une forte salinité de l'ordre 4.04ms/cm, cette dernière, influe sur la santé du consommateur, qui est provoquée dans certains cas l'apparition de maladies graves.

A partir des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux traitées a montré que la réalisation de ce type de station a un effet et rendement positif pour les consommateurs, car elle permet d'avoir de l'eau de bonne qualité, douce, et agréable et contenue en teneur des sels conformément à l'organisation mondiale de la santé.

Mot clé: performance, station de filtration, eaux potables, osmose inverse, salinité. analyses physico-chimiques.

المخلص:

الهدف من هذا العمل هو إجراء دراسة تقنية لمحطة مبدأ عملها هو تنقية المياه باستعمال طريقة التناضح العكسي , و هذا راجع لنوعية مياه الشرب لمنطقة الوادي حيث تتميز بملوحة عالية , هذه الأخيرة تؤثر على صحة المستهلك حيث تؤدي في بعض الحالات الى ظهور امراض خطيرة .

من خلال التحاليل الفيزيوكيميائية للمياه المعالجة التي لاحظناها لدى المحطة , استنتجنا ان انجاز مثل هذه المحطات له تأثير و مردود ايجابي على المستهلكين لانه يوفر مياه شرب ذات نوعية جيدة حيث تحتوي على املاح ذات تراكيز معقولة تتوافق مع المنظمة العالمية للصحة .

الكلمات الدالة:

فعالية و مردود , محطة تنقية , صالح لشرب , التناضح العكسي , ملوحة , النوعية , الصحة العمومية

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale	1

PARTE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 :

Généralités sur les eaux

1-cycle de l'eau.....	2
1.1-cycle naturel.....	2
1.2-cycle de l'eau de consommation.....	2
2- Definition l'eau potable:	2
3- Les sources d'eau.....	3
3.1- Les eaux de surface	3
3.2- Les eaux souterraines.....	3

Chapitre 2 :

Généralités sur la filtration par membrane

1 - De la définition à la mise en œuvre.....	5
1.1 – Définition.....	5
1.2 – Classification.....	6
1.3 – Configuration.....	7
2 - Modes de fonctionnement.....	9
3 – Limitations.....	11
4 - Applications des membranes en production d'eau potable.....	12

PARTE PRATIQUE

Chapitre 3 : Exploitation

1- Introduction:	15
2-Description de la station:	15
2.1- Phase primaire:	15
2.1.1- Forage:	15
2.1.2-Dessablage:	18
2.1.3 - Stockage:	18
2.2- Chaine prétraitement:	20
2.2.1-Filtres a sable:	21
2.2.2- Ultrafiltration:	21
2.3-Phase de traitement.....	22
2.3.1-Les membranes.....	22
2.3.2-Stabilisation:	26
2.4- Phase finale.....	27
2.4.1-Stérilisation.....	27
Conclusion générale.....	31

Liste des figures

Figure 1 : Représentation schématique de la séparation par membrane.....	5
Figure 2 : Rétention des différents types de solutés	6
Figure 3 : Représentation schématique d'une membrane asymétrique.....	8
Figure 4 : Coupe d'un module fibres creuses « interne – externe »	9
Figure 5 : Mise en oeuvre de filtrations.....	10
Figure 6 : Les différents niveaux d'intégration	11
Figure 7: La façon externe des réservoirs.....	19
Figure 8: Les pompes.....	20
Figure 9 : les cinq cartouches des modules UF.....	22
Figure 10 : La série de rejet.....	23
Figure 11 : le principe des membranes d'osmose inverse.....	24
Figure 12: La structure interne d'une membrane a spirale d'osmose inverse	25
Figure 13 : La technique de nettoyage des membrane.....	26
Figure 14: Perma Treat PC 191.....	26
Figure15: Le filtre a neutralite.....	27
Figure 16: Le stérilisation par l'ultra violet.....	28
Figure 17 : La javellisation.....	28
Figure 18: Conductimètre.....	29
Figure 19 PH mètre.....	30

Liste des Tableaux

Tableau I : Conséquences du colmatage selon la conduite des opérations.....12

Tableau 2: les caractéristiques techniques du forage.....16

Tableau 3: les caractéristiques physico-chimiques de Peau brute.....16

Liste des abréviation

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

NTU : Unité Néphélométrique

us : microsimens

TH : Titre Hydrométrique

UF : Ultra Filtration

UV : Ultra Violet

OI : Osmose Inverse

Référence Bibliographique

- 1- AROURA A. (1997). L'homme et son milieu. Ed 53 1/77 .135p
- 2- BELIEFERT C. et PERRAUD R. (2001).chimie de l'environnement. 477- 8p
- 3- KOUL N. et BASSOU E. (2003).Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de l'agglomération de Ouargla. 84 p
- 4- LECOCK R. (1965). Manuel d'analyses alimentaire et d'expertisés usuelles. Tome 1. Ed., Doin.-Deron et cie, Paris
- 5- LAYOCHIS H. (1999). Microbiologie appliquée. Ed., Doin, Paris.
6. Daufin G., Rene F., Aimar P. (1998). Les séparations par membrane dans les procédés de l'industrie alimentaire, Lavoisier Tech & Doc
7. Zeman L. L., Zydney A. (1996).L., Microfiltration and Ultrafiltration - Principles and applications, Marcel Dekker Inc.
8. Wetterau G. E., Clark M. M., Anselme C. (1996)., A dynamic model for predicting fouling effects during the ultrafiltration of a groundwater, journal of membrane science 109, 185-204
- 9- KAMEL E. et CHHEIBI H. (2000). Performance de la station de dessalement Gabés (22,500 m³/j) après cinq ans de fonctionnement: Desalination, 136 (2001), 26 272.
- 10- Dentelles A. (200 1).Maintien de la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution lutte contre les pollution .EP-ADE, Tizi Ouzou.

Introduction générale

Introduction

PARTE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 :

Généralités sur les eaux

Chapitre 2:

Généralités sur la filtration par membrane

Aspects

Généralités sur la filtration par membrane

PARTE PRATIQUE

PARTE PRATIQUE

Chapitre 3 : Exploitation

Chapitre 3 : Exploitation

Conclusion générale

Conclusion générale

Référence Bibliographique

Références Bibliographiques

Introduction générale

L'eau est la vie pour tous les êtres vivants, elle couvre les trois quart (3/4) de la surface terrestre, et environ les deux tiers (2/3) du corps humain. [ARAOUA, 1997] [1] ((L'homme peut vivre plusieurs semaines sans manger, il meure après quatre jours sans eau)) Mais est ce que toutes les eaux sont potables et consommable pour l'homme?

Les origines des eaux de consommation sont multiples (eaux de surface, eaux souterraines), mais ceux qui répondent aux normes de potabilités sont très peu nombreuses (eaux souterraines).

Les eaux souterraines sont considérées comme la seule ressource dans notre région, mais elles présentent une forte salinité car la composition de ces eaux est liée à la nature chimique des couches géologiques traversées.

Cette salinité présente un problème majeure, défavorable, à une croissance démographique très industriel, les volumes d'eau mobilisées et mobilisable des ressources en eau non conventionnelles telle que: le semblent être la solution incontournable.

face à des conditions climatique importante, au développement sont insuffisante et le recours à dessalement des eaux saumâtres

Le dessalement des eaux saumâtre est un sujet très importants actuellement, et de penser à réaliser des unités de dessalement de vient jour après jour une nécessité car il permet la satisfaction des besoins des consommateurs en eau potable soit du côté quantitatif ou qualitatif (eau de bonne qualité, douce et agréable).

CHAPITRE I: GENERALITES SUR LES EAUX.

1- Cycle de l'eau:

La connaissance de l'origine de l'eau, de son cycle, de sa dynamique dans la nature de sa répartition dans l'espace et dans le temps est une donnée fondamentale. L'eau ne reste pas a un endroit détermine de la terre mais comme toutes les substances, elle est perpétuel mouvement, ce qu'on appelle le cycle de l'eau est le résultat des transferts incessants entre les différents réservoirs qui constituant l'hydrosphère: ocean, atmosphere, lacs, glaciers et roches poreuses [1].

1.1- Cycle naturel:

Ce cycle de l'eau (cycle hydrologique) est avant tout favorisé par le rayonnement solaire. De manière qualitative. On peut le décrire de la manière suivante: L'eau s'évapore dans l'atmosphère a partir des mers et d'autre eaux de surface (par exemple les lacs), mais a partir du sol et des plantes et alors transportée, essentiellement sous forme de nuages, elle retourne en suite vers la terre a partir des nuages sous forme de précipitation, soit elle atteint la surface des lacs ou des mers; soit elle atteint la nappe phréatique a travers le sol [BELIERFERT et al ,2001] [2].

1.2- Cycle de l'eau de consommation:

L'eau brute destinée a la consommation humaine est prélevée dans un cours d'eau ou une nappe d'eau souterraine, elle est ensuite acheminée vers une usine de production d'eau potable ou elle subit divers traitements physiques, chimique et biologiques, rendue potable .Ce cycle subit par l'eau du fait de son usage par les sociétés humaines se décompose en cinq grande étapes : le captage, le transport, la production d'eau potable, la distribution puis la collecte [KOUL et al, 2002] [3].

2- Définition l'eau potable:

L'eau potable est une eau qui peut être bue par l'homme sans danger pour sa santé, elle doit pour cela répondre a un certain nombre des normes fixées par l'OMS. L'eau potable ou l'eau destinée a la consommation humaine doit être fraîche (la température

comprise entre 20°C et 25°C), limpide, incolore et de saveur agréable. Ainsi que: ses propriétés physico-chimique, ses composés minéraux et organique et sa qualité bactériologique ne peuvent nuire à la santé.

3- Les sources d'eau:

L'eau qui résulte de la condensation des vapeurs produites à la surface des mers, forme des nuages qui sont emportées par les vents et tombent en suite sous forme de brouillard, de pluie, de neige ou de grêle, une partie glisse à la surface du sol, mais la plus grande portion s'infiltrer à l'intérieur de la terre jusqu'à ce qu'elle se trouve arrêté par une couche géologique imperméable [LECOCK, 1965] [4].

En fonction même de cette répartition et ainsi à leur approvisionnement de la population, il est fait appel soit aux eaux de surface, soit aux eaux souterraines.

3.1- Les eaux de surface:

Comprennent les eaux des cours d'eau, lacs, étangs...etc. Ces eaux proviennent surtout des pluies et sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et d'eau souterraines qui alimentent les rivières, les vallées, les barrages.

Ce sont des eaux de moins bonne qualité parce que elles sont presque toujours contaminées c'est-à-dire cette source est caractérisée par une pollution microbienne et chimique maximale, mais ces eaux sont fréquemment utilisées dans les régions à forte densité de population ou très industrialisées [LAYOCHIS, 1992 et al; BOUZLANI, 2000] [5].

3.2- Les eaux souterraines:

L'eau d'une nappe souterraine a une composition généralement plus stable et elle est plus riche en sels minéraux.

Seul, les sources et les gisements aquifères souterraines sont susceptibles, sous certaines conditions de fournir des eaux naturellement pures.

Les nappes d'eau souterraine sont revêtent une importance énorme pour l'approvisionnement en eau, car elles constituent le plus grand réserves d'eau potable dans la plupart des régions du monde, c'est à dire les nappes souterraines produisent généralement une eau de bonne qualité et longtemps considéré comme pure et protégées par le sol contre les diverses activités humaines. Mais son exploitation sont plus difficiles et nécessite la mise en place de système de captage et des équipements hydrauliques de distribution (pompe) qui sont souvent important [5].

3.2.1- Captage des eaux souterrain:

Les eaux souterraines sont généralement captées soit par des puits, des sources ou des galeries d'infiltration.

* Les puits:

Un puits est un procédé de captage des eaux d'une nappes phréatique de moyenne profondeur . Il peut être creusé de différente manière et on distingue plusieurs,types de puits.

- Les puits ordinaires.
- Les puits forés.
- Les puits artésiens.
- Les puits foncés ou puits tubulaires.

* Les sources :

représente l'émergence des eaux souterraines, elles sont plus fréquemment rencontrées dans la région montagneuse.

- Les galeries d'infiltration:

Sont des galeries souterraines conçues sous forme des puits horizontaux qui recueillent l'eau sur pratiquement toute leur longueur, les galeries d'infiltration le plus connues sont foggaras. Les foggaras sont des galeries filtrantes ; très répandues a Oued Souf en particulier [5].

Généralités sur la filtration par membrane

Les procédés de filtration par membrane trouvent des applications dans de nombreux secteurs d'activité correspondant à tout autant de matériaux utilisés, de configurations rencontrées ou encore de mises en oeuvre différentes. Cette section a pour objet de présenter les principes de la filtration par membranes ainsi que les arguments qui ont participé à son expansion en traitement de l'eau bien que certaines limitations subsistent.

1 - De la définition à la mise en oeuvre

1.1 - Définition

De façon générale, une membrane peut être définie comme étant une couche mince permettant l'arrêt ou le passage sélectif de substances dissoutes ou non, sous l'action d'une force motrice (Figure1) ; les critères de séparation des particules, des molécules ou encore des ions peuvent être d'ordre stérique (dimension et forme), chimique (nature) ou encore dépendre de la charge électrique.

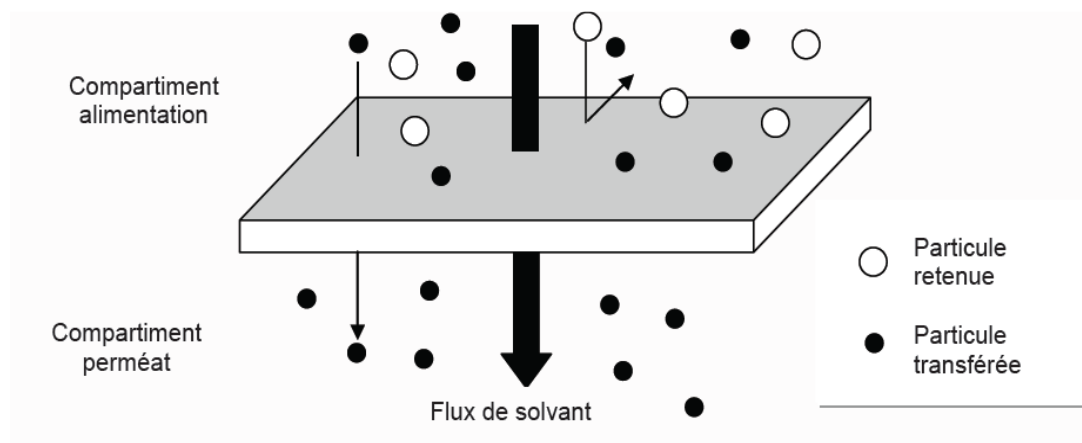


Figure 1 : Représentation schématique de la séparation par membrane

Il est d'usage de classer les opérations de séparation par membrane selon la force motrice permettant d'opérer la séparation. On peut distinguer ainsi les procédés basés sur un gradient de potentiel électrique (électrodialyse), sur un gradient de concentration (pervaporation, dialyse) ou encore de pression (osmose inverse, nanofiltration, ultrafiltration, microfiltration).

CHAPITRE II : Généralités sur la filtration par membrane

Nous nous attacherons ici à présenter les systèmes mettant en oeuvre un gradient de pression, communément appelé pression transmembranaire (P_{tm}) ; ces opérations sont regroupées sous le terme générique de filtration membranaire.

1.2 - Classification

Les filtrations membranaires, opérations de séparation utilisant un gradient de pression en tant que force motrice, peuvent être distinguées selon la taille moyenne des pores de membranes mises en œuvre mais aussi par les gammes de pression transmembranaire utilisées pour réaliser la séparation. Ainsi, la Figure 2 présente les opérations à mettre en œuvre en fonction des composés à retenir, et des pressions qui y sont associées

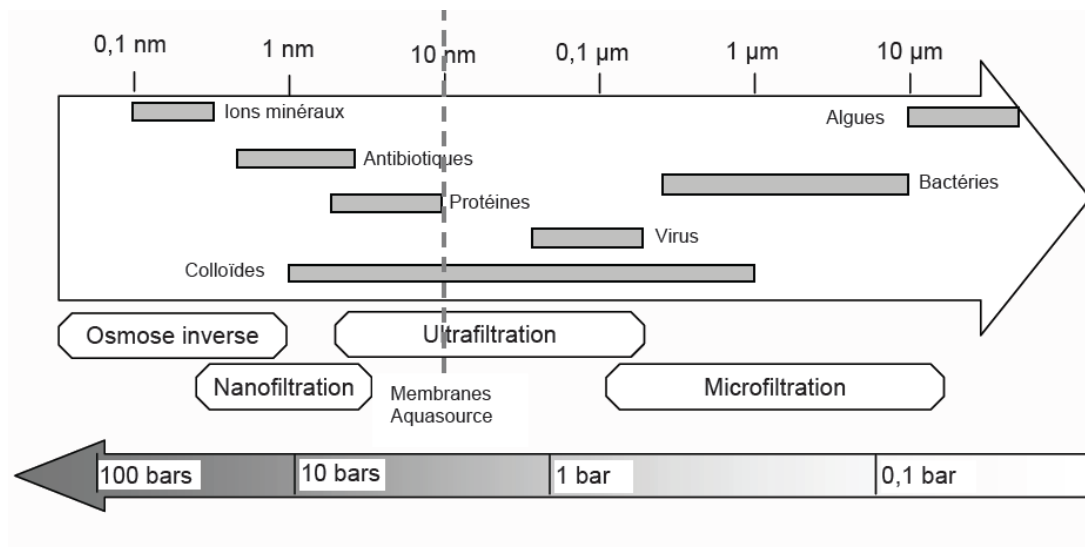


Figure 2 : Rétention des différents types de solutés selon le procédé membranaire – pression d'utilisation

Ainsi, l'ultrafiltration présente deux caractéristiques qui en font une opération particulièrement adaptée au traitement de l'eau :

- d'une part, la taille des pores permet d'assurer la rétention des bactéries et des virus tout en laissant passer les sels dissous ce qui permet d'allier sécurité alimentaire et conservation de l'équilibre minéral, tous deux indispensables pour une eau destinée à la consommation ;

- d'autre part, l'ultrafiltration met en oeuvre des pressions transmembranaires relativement faibles comparées à la nanofiltration ou l'osmose inverse, ce qui a pour conséquence de limiter les coûts d'exploitation associés à la consommation énergétique, cette dernière étant à la pression transmembranaire.

1.3 - Configuration

Les différentes membranes

Les membranes peuvent être fabriquées à base de matériaux inorganiques ou de polymères organiques. Ces dernières ont été les premières synthétisées et présentent 80 à 90 % de la surface installée [Daufin *et al.* 1998] [6]. Les membranes minérales occupent toutefois une place importante dans les industries de l'agroalimentaire et de la pharmacie car leurs propriétés mécaniques autorisent des conditions extrêmes de nettoyage et de stérilisation notamment par l'acceptation de températures élevées et de pH extrêmes.

Les membranes ne se différencient pas seulement par le matériau employé mais aussi par leur structure ; ainsi, on distingue les membranes isotropes, dites symétriques, dont les propriétés structurales sont constantes sur toute l'épaisseur, qu'elles soient denses ou poreuses, des membranes anisotropes, qualifiées d'asymétriques, dont la structure varie de la surface de la membrane vers l'intérieur (Figure 3). Parmi ces dernières, on compte les membranes préparées à partir d'un seul matériau par inversion de phase comme c'est le cas dans notre étude et les membranes composites qui sont constituées d'un empilement de couches de différents polymères.

De façon à répondre aux attentes, parfois contradictoires, à savoir assurer séparation et résistance mécanique mais également permettre des débits importants, la majeure partie de la membrane est constituée d'une structure très ouverte assurant une tenue mécanique sans opposer de résistance au transfert, alors que le rôle de séparation est tenu par une couche moins poreuse ne comptant que pour 1 à 10% de l'épaisseur totale de la membrane. L'alimentation en fluide à traiter se fait alors du côté présentant la porosité la plus faible aussi appelé « peau ».

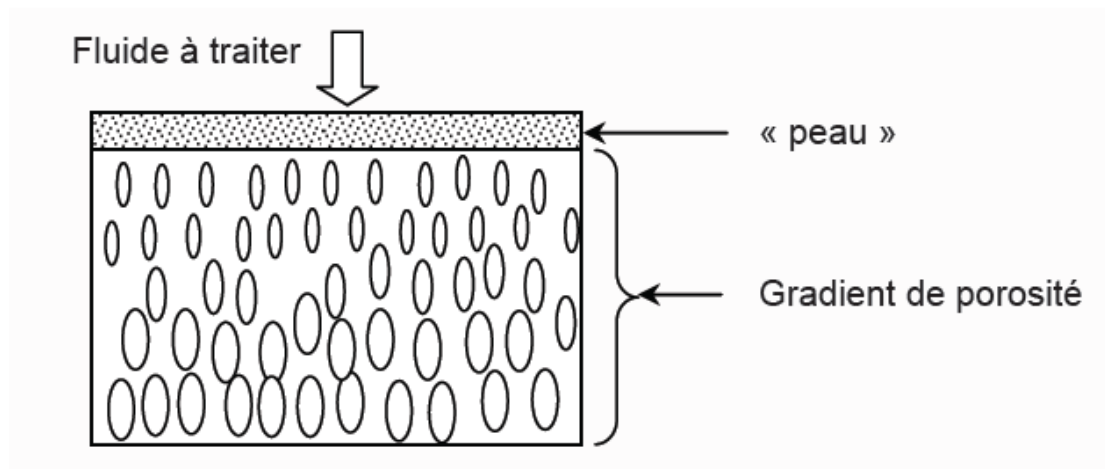


Figure 3 : Représentation schématique d'une membrane asymétrique

Les différents modules

Les membranes en elles-mêmes ne constituent qu'une partie du système : elles sont agencées en unités, appelées modules, dont la mise en oeuvre doit répondre à un certain nombre de critères [Zeman et Zydney 1996] [7] d'ordre mécanique (étanchéité et résistance à la pression), hydrodynamique (minimiser les pertes de charge et les volumes morts) ou encore économique (compacité élevée, investissement minimal et facilité d'entretien). Les modules ainsi proposés dans le commerce présentent diverses configurations (d'après [6]) :

- Les modules plans : cette configuration dérivée des filtres-presses est constituée d'un empilement de membranes sous forme de feuilles. Les surfaces de filtration vont de 100 à 400 m² par m³ occupé par le module.
- Les modules spiralés : les feuilles de membranes planes sont empilées et enroulées autour d'un collecteur de perméat. Cette configuration se rencontre principalement dans le dessalement de l'eau. Leur compacité est importante (de l'ordre de 900 m²/m³) mais pour les eaux turbides, un prétraitement est nécessaire pour éviter tout encrassement.
- Les modules tubulaires : ils comportent une ou plusieurs membranes inorganiques de forme tubulaire, ayant des diamètres internes entre 6 et 25 mm. Plusieurs tubes individuels peuvent

CHAPITRE II : Généralités sur la filtration par membrane

être placés dans un manchon en PCV ou en acier inoxydable proposant ainsi des compacités dépassant rarement 300 m².m⁻³.

- Les modules fibres creuses : ils contiennent plusieurs milliers de fibres dont le diamètre est de l'ordre du mm conduisant à des compacités souvent supérieures à 1000 m².m⁻³. Les faisceaux ainsi obtenus sont encollés aux extrémités de façon à assurer l'étanchéité entre le compartiment eau traitée (perméat) et l'alimentation en eau brute (Figure 4). L'alimentation peut se faire à l'intérieur (interne-externe) ou à l'extérieur (externe-interne) des fibres creuses.

Il est à noter que les modules les plus utilisés dans le domaine du traitement de l'eau au sens large sont les modules à fibres creuses (ultra et microfiltration) ainsi que les modules spiralés (nanofiltration et osmose inverse).

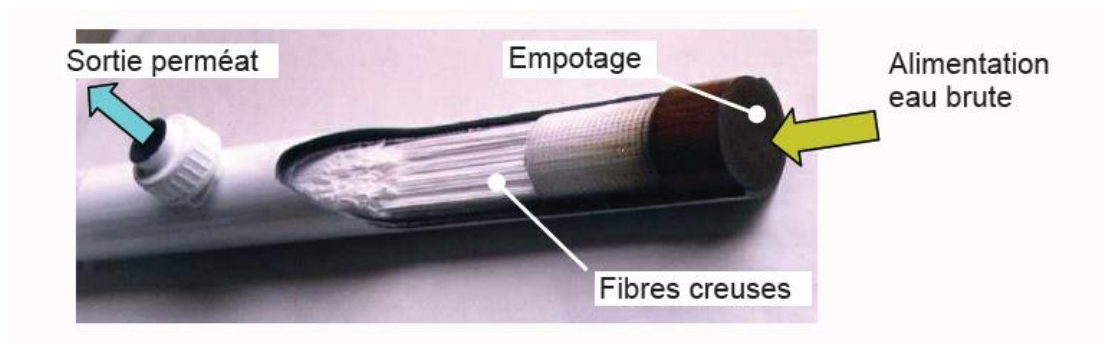


Figure 4 : Coupe d'un module fibres creuses « interne – externe » (réf. A1A35 – Aquasource)

2 - Modes de fonctionnement

2.1 - Pression / Flux constant

Les opérations de filtration sont conduites en imposant soit le gradient de pression, soit le flux de perméation. Il n'existe pas de réel consensus tendant à privilégier un mode par rapport à l'autre et la littérature présente, sur la façon de conduire les opérations, des points de vue différents ; ainsi, Chellam observe un colmatage accru en filtration à flux constant [6] alors que d'autres travaux [7] indiquent que des filtrations menées à flux constant, sous réserve d'un choix adapté des paramètres, permettent de mieux contrôler l'opération. L'étude menée en 1996 par Wettereau et ses collaborateurs qui compare quant à elle les deux modes opératoires de façon

CHAPITRE II : Généralités sur la filtration par membrane

globale, c'est-à-dire en tenant compte tant de la productivité (flux et pertes en eau) que de l'énergie consommée n'a pas permis de discriminer un système par rapport à l'autre [Wetterau *et al.* 1996] [8].

Il est important de signaler qu'aucune des études précitées ne fait état de différences en terme de qualité du perméat obtenu.

Ainsi, en production d'eau potable, le critère de choix du paramètre imposé s'avère purement d'ordre pratique. Pour assurer la production journalière d'une quantité d'eau donnée, une conduite des opérations à gradient de pression imposé impliquera la mise en place d'un réservoir de stockage d'eau produite de façon à pallier toute diminution de productivité ; c'est pourquoi la majorité des installations aujourd'hui en fonctionnement opèrent à flux de perméat constant.

2.2 - Tangentiel / Frontal

L'ultrafiltration et les autres procédés de séparation par membrane mettant en jeu un gradient de pression peuvent être conduits selon deux modes d'écoulement en fonction des contraintes, et notamment de la qualité de l'effluent à traiter, et/ou des objectifs à atteindre : la filtration tangentielle ou la filtration frontale.

Lors de filtrations menées en mode tangentiel (Figure 5), le fluide circule parallèlement à la membrane entraînant ainsi un cisaillement qui permet de limiter l'accumulation de matière. Ce mode opératoire peut permettre de produire de façon continue.

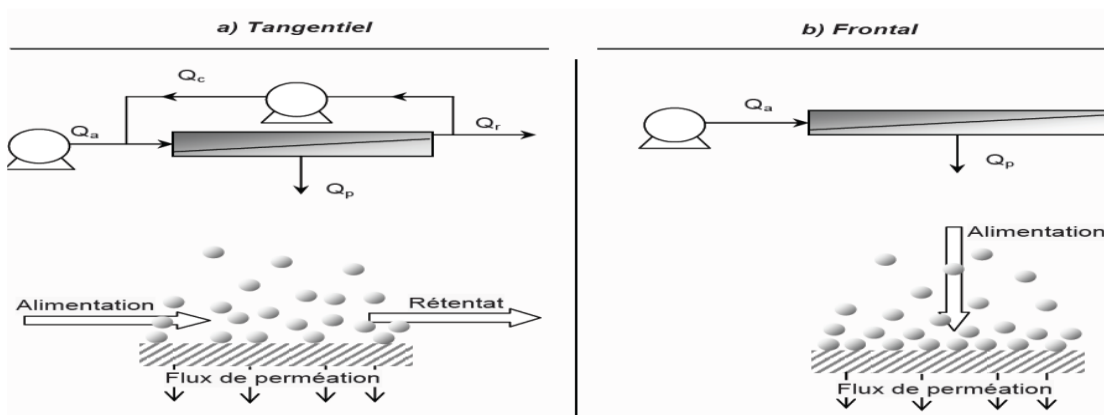


Figure 5 : Mise en oeuvre de filtrations

CHAPITRE II : Généralités sur la filtration par membrane

En mode frontal (Figure 5), la filtration s'effectue perpendiculairement à la surface de la membrane ; ainsi, toute la matière entrant dans le module de filtration et retenue par la membrane s'accumule à sa surface. De fait, ce mode de fonctionnement implique un état continuellement transitoire et nécessite une mise en oeuvre séquentielle (succession filtrations – actions de nettoyage).

L'eau potable reste un produit de faible valeur ajoutée nécessitant par là même de minimiser les coûts de production. C'est pourquoi, bien qu'entraînant une accumulation de matière accrue, les filtrations menées en mode frontal tendent à s'imposer en production d'eau potable. A l'heure actuelle, la plupart des installations sont conçues de façon à pouvoir produire dans les deux modes : lorsque la qualité de l'eau le permet, une filtration frontale est opérée alors que si la ressource se dégrade, la pompe de recirculation se met en route [8].

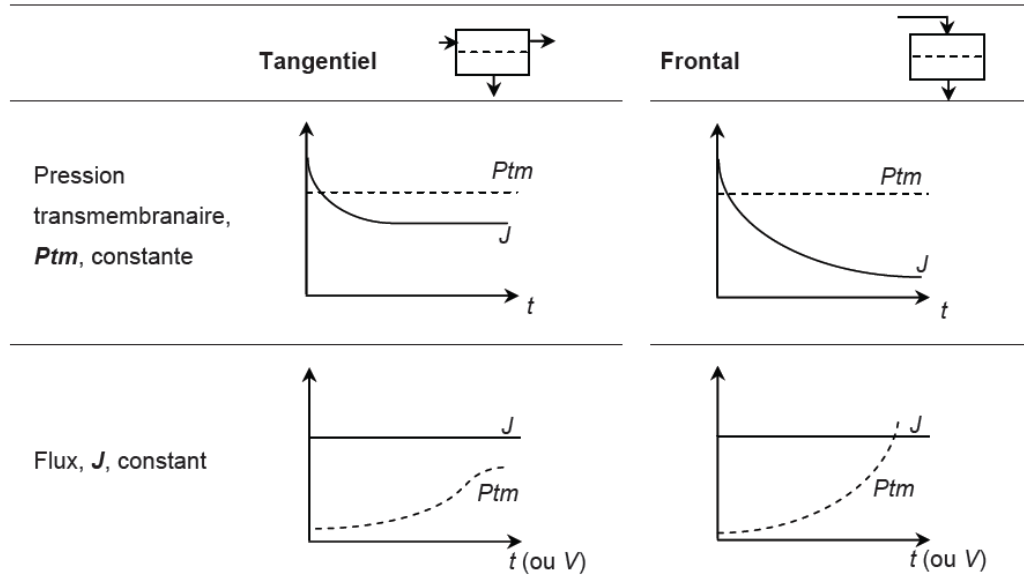
3 - Limitations

Le frein principal au développement des procédés membranaires réside dans l'altération des capacités de production des membranes : le colmatage, qui découle de l'accumulation de matière à la surface des membranes. Quand un système fonctionne à pression transmembranaire constante, le colmatage se traduit par une diminution du flux de perméation dans le temps. Lors d'opérations menées à flux constant, comme le sont le plus souvent les opérations de traitement de l'eau, la conséquence directe est une augmentation de pression (Tableau 1).

Quel que soit le mode opératoire utilisé, d'autres conséquences découlent de cette accumulation de matière, qu'il s'agisse d'une diminution de la durée de vie des membranes du fait de lavages plus fréquents, des dépenses supplémentaires d'énergie liées à l'augmentation de la résistance au transfert ou encore des pertes en eaux occasionnées lors des séquences de décolmatage

CHAPITRE II : Généralités sur la filtration par membrane

Tableau 1 : Conséquences du colmatage selon la conduite des opérations



Ainsi, le colmatage, au sens large du terme, constitue la principale limitation des opérations de filtration. A ce titre, ce sujet a fait l'objet de nombreux travaux de recherche visant à identifier les mécanismes, les modéliser et amener des éléments pour pouvoir les limiter. Ainsi une partie de ce chapitre (§ III -) sera consacrée à l'état de l'art sur ce sujet.

4 - Applications des membranes en production d'eau potable

Les diverses opérations membranaires que l'on peut appliquer en traitement d'une eau de surface diffèrent, d'une part du point de vue de la mise en oeuvre, qu'il s'agisse du choix de la membrane ou des conditions de fonctionnement, et d'autre part sur le niveau d'intégration potentiel dans la filière conventionnelle. Il est à noter que, de façon générale, l'étape de désinfection est toujours moindre lorsqu'elle fait suite à un procédé membranaire par rapport à un procédé de traitement conventionnel.

La Figure 6 présente les principales combinaisons qui sont détaillées dans les paragraphes à venir : l'objectif de cette section est de présenter les applications potentielles d'une étude sur l'ultrafiltration d'une eau de surface par rapport aux différents niveaux d'intégration de ce

CHAPITRE II : Généralités sur la filtration par membrane

procédé dans la chaîne d'opérations mise en oeuvre pour le traitement de l'eau ; le niveau d'intégration conditionnant tant les performances souhaitées que les limitations associées

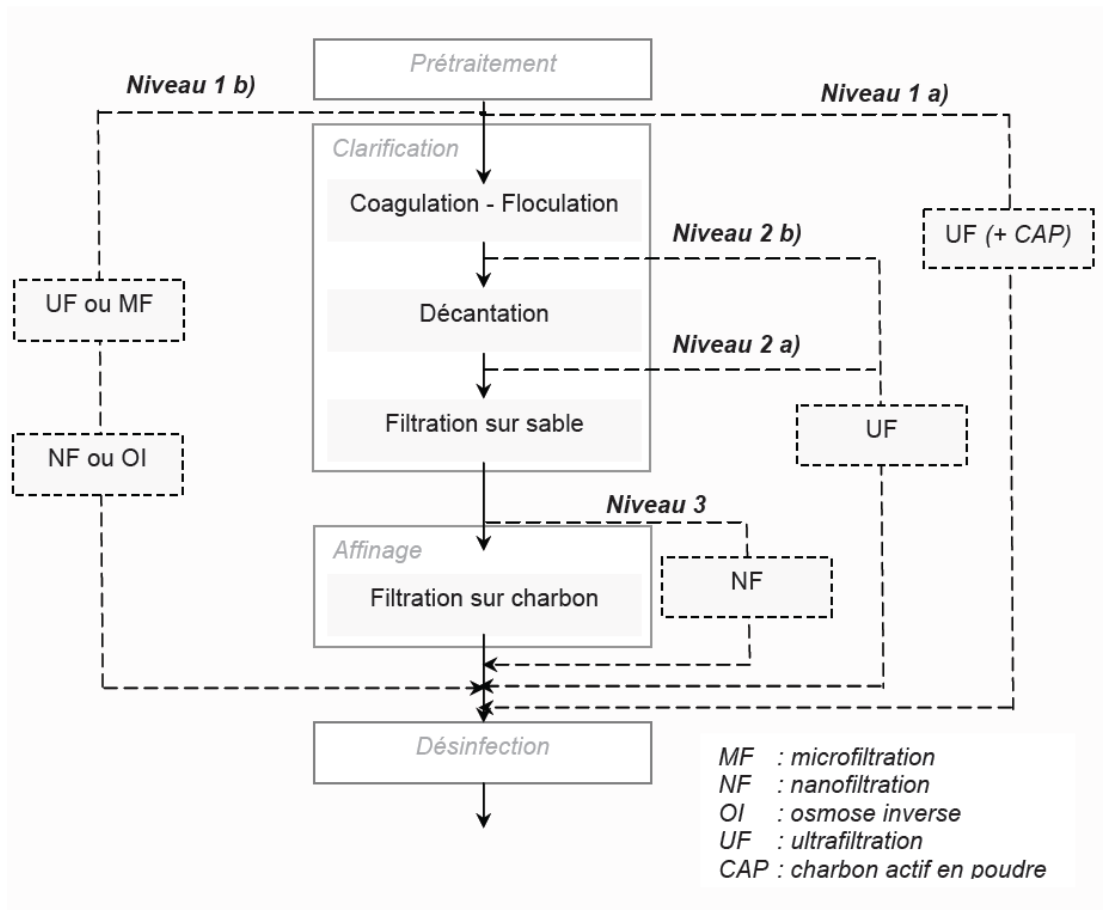


Figure 6 : Les différents niveaux d'intégration des procédés membranaires en traitement d'eau de surface (adapté de [Jacangelo *et al.* 199746])

4.1 - Intégration au niveau 1 : traitement direct par membranes

Niveau 1 a) : Ultrafiltration

Si l'utilisation principale de la microfiltration reste la clarification, du fait, notamment, d'une rétention moindre des virus, les membranes d'ultrafiltration peuvent être utilisées directement sur une eau de surface. En effet, leur capacité de désinfection n'est plus à démontrer et les membranes d'ultrafiltration permettent généralement des abattements en micro-organismes tels que *Giardia* et *E.*

CHAPITRE II : Généralités sur la filtration par membrane

Coli plus élevés que ceux obtenus par les traitements conventionnels [6]. Une étude réalisée sur la rétention de *Cryptosporidium* [8] a montré un abattement en frontal comme en tangentiel permettant d'envisager un traitement direct d'une eau de surface par ultrafiltration. Cependant, certaines limitations subsistent. En effet, bien que la turbidité de l'eau obtenue par ultrafiltration soit toujours inférieure à 0,1 NTU

Niveau 1 b) : nanofiltration et osmose inverse

La nanofiltration (NF) et l'osmose inverse (OI) ne sont que peu utilisées en traitement direct des eaux de surface du fait de problèmes liés à l'accumulation de particules. La nanofiltration présente de bons abattements de carbone organique et de couleur ce qui en fait un procédé à ne pas négliger car à ceci s'ajoute désinfection et rétention des micropolluants plus importante qu'en ultrafiltration tout en conservant une pression – et par là même une consommation énergétique – moins élevée qu'en osmose inverse. Ainsi la NF pourra être envisagée en traitement d'une eau de surface si un prétraitement important est opéré par micro ou ultrafiltration de façon à minimiser l'impact du colmatage. En effet, le pouvoir colmatant par rapport à une eau issue d'un filtre à sable est réduit d'un facteur 4 en prétraitement par microfiltration et d'un facteur supérieur à 12 lorsque des membranes d'ultrafiltration sont mises en oeuvre . On peut citer également l'utilisation de la nanofiltration en adoucissement d'eau [7].

1- Introduction:

La station de filtration de TIBA DRINKING WATER est une station de dessalement et traitement des eaux potable utilisant le procédé d'osmose inverse . La mise en services était en 2005.

Après une année de service la station a pu réaliser un succès remarquable en produisant et fournissant une quantité d'eau douce assez importante de l'ordre de 13 m³/h pour la population et l'industrie (fabrication des parfums).

Ce succès est le résultat d'une bonne gestion de cet ouvrage, par des techniciens du suivi qui ont remonté le défi et surmonté les difficultés rencontrées durant les premiers mois d'exploitation.

2-Description de la station:

Dans ce qui suit nous allons voir les composantes d'une station d'osmose inverse et les différentes étapes à suivre dans le traitement des eaux (forage ,..., consommateur).

2.1- Phase primaire:

2.1.1- Forage: Le puits d'eau réalisé dans la nappe phréatique et les caractéristiques techniques du forage, elles sont mentionnées dans le tableau N°0 2. [KAMEL E. et CHHEIBI H. (2000)] [9].

Tableau N°02: les caractéristiques techniques du forage

Année de réalisation	2002
Profondeur (m)	62
Debit d'exploitation (L/s)	8,5
NS(m)	9
ND (m)	25
Nappe	Phréatique

Pour les caractéristiques physico-chimiques de l'eau brute elles sont mentionnées dans le tableau N°03.

Tableau N°03: les caractéristiques physico-chimiques de l'eau brute

les éléments	mg/l	Meq/l
Calcium	681	33,98
Magnésium	29,2	2,4
Sodium	138	6
Potassium	50	1,27
Somme Cations	898	43,65
Chlorure	179	5,04
Sulfate	1625	33,85
Bicarbonate	68.3	1,11

Carbonate	0	40
Fluor	0,2	1
Somme anions	1872.5	40
Somme des ions	2770.5	83,65
Balance ionique (%)	4,3%	
pH	6,5	
Conductivité ms/cm	3,69	
TAC(F°)	5,6	
TH (F°)	182	

D'après les données précédent et en comparant ces résultat aux normes d'OMS, on déduit que

- certain éléments sont d'une concentration très élevée qui dépassent les normes surtout , Ca et Cl ce qui rend l'eau dure.

- la salinité des eaux est 2800 mg/l, d'ou sa concentration le considère comme eau saumâtre. Alors cette eau et considère une eau non potable en surtout pour les sujet ayant certaines complication sanitaire tel que les problèmes rénal, tension artérielle et autres. Les résultats obtenus sont a l'origine de la nécessité de l'utilisation d'un procédé de dessalement.

Dans la station de TIBA, le traitement des eaux passe par les étapes suivantes:

2.1.2-Dessablage:

C'est une technique d'élimination de sable qui peuvent être contenue dans les eaux de forage de façon à éviter leur dépôt dans les canalisations et à protéger les pompes et les autres équipements hydraulique, et en surtout les membranes.

Elle est assurée par un dessableur c'est à dire: l'eau brute passe directement vers le dessableur, à la sortie de ce dernier il existe deux lampes pour vérifier la qualité d'eau qui passe:

1- lampe vert : c'est à dire l'eau entrée sans sable.

2- lampe rouge: c'est à dire l'eau entrée contient le sable, il repasse alors au dessableur une 2ème fois.

2.1.3 - Stockage:

Dans cette étape: l'eau brute sans sable arrive par gravité dans les réservoirs pour le stabiliser et pour l'alimentation de la station.

> **Les réservoirs:** sont utilisées dans la station, qui sont de haut qualité et cela revient selon la nature de la composition des réservoirs ainsi leur structure qui comprend 4 couches, chacune d'elle joue un rôle très important.

La 1^{er} couche joue un rôle de l'inhibition de l'absorption de la poussière et résiste au rayonnement d'ultraviolet.

La 2^{ème} couche possède une couleur noire, qui a un rôle principal de l'arrêt de la pénétration de tous les rayons lumineux. Cette dernière inhibe l'apparition de différents types des algues.

La 3^{ème} couche joue un rôle thermique, qui est préserver la température optimale de l'eau dans le réservoir surtout dans l'été.

La 4eui couche, lisse et blanchâtre qui inhibe l'accumulation des impuretés sur la paroi interne de réservoir.

- Les réservoirs sont hermétiquement fermés par des bouchons en polyéthylène.
- Le nombre de ces réservoirs est de sept de différentes capacités. Voir Figure 7
- Un réservoir de grande capacité environ 85 m³
- Deux réservoirs d'une capacité 25 m³.
- Quatre réservoirs d'une capacité 8 m³.



Figure 7: La façon externe des réservoirs.

Le mode d'emploi de ces réservoir est en alternance, si on utilise les eaux de réservoir pour les traitée, les autres sont rempli pour les stockages et les stabiliser .

A coté des réservoirs, il y a deux pompes d'un débit 17 m³/h. voir Figure 8



Figure 8: Les pompes

2.2- Chaine prétraitement:

Avant de procéder au traitement de l'eau saumâtre, un prétraitement est nécessaire pour un bon fonctionnement de l'unité.

Le prétraitement concerne les qualités physico-chimiques, organiques et microbiologiques de l'eau a dessalé. Des son arrivée a l'entrée de la station, l'eau subit une aération intensive pour oxyder le fer et le magnésium et les transformer hydroxyde[9].

Après l'eau brute traverse le turbidimètre: Qui est un petit appareil qui mesure turbidité de l'eau

- Si la turbidité inférieure 0.3 NTU l'eau passe vers les opérations de traitement suivant.
Une turbidité élevée de l'eau révèle les problèmes suivants:
- Précipitation de fer, aluminium due a une oxydation dans le réseau.
- Une corrosion important. [DETELLES ,2001] [10] Mais l'eau est exploité par la station ne dépasse jamais 0,3 NTU.

La chaine de prétraitement elle se compose de:

2.2.1-Filtres a sable: se sont des filtres qui retiennent les matières en suspension, us sont équipés d'un mécanisme d'auto nettoyage pilote par un moteur électrique.

Principe de filtration:

L'eau pénètre dans le filtre via un pré-filtre destiné à protéger le mécanisme de nettoyage des particules grossières, puis s'écoule à travers le tamis fin de l'intérieur vers l'extérieur de celui-ci. Un gâteau de filtration s'accumule sur la surface interne du tamis fin et développe une perte de charge.

Caractéristique:

- Débit jusqu'à 400 m³ /h.
- Application pré filtration d'eau brute, eau usée. . etc.
- large surface de tamise 1500, 3000, 4500 et 6000 cm². Procédé de

Contre lavage:

Le filtre a sable déclenche un cycle d'auto nettoyage quand le différentiel de pression à travers le atteint une valeur programmée. Ce cycle d'auto lavage dure 15 à 40 secondes.

2.2.2- Ultrafiltration:

est un procédé de clarification et de désinfection de l'eau, et ainsi rétention totale des,algues,bactéries,virus,et kystes.....etc.

L'ultrafiltration utilise des membranes microporeuses dont le diamètre des pores est compris entre 1 et 100 nm. De telles membranes laissent passer les petites molécules (eau, sels) et arrêtent les molécules de masse molaire élevée (polymère, protéines,colloïdes) [9].

Modules UF120 polymem: Qui permet d'éliminer les particules les plus fines, constituée des fibres creuses en poly sulfone, est comparable à un micro tube de diamètre interne environ 0,72 mm, ces fibres creuses sont rassemblées dans un cartouche (5 cartouches), chaque cartouche étant placée en position verticale comme dans la Figure 9, l'eau entre par la partie inférieure

et circule à l'intérieur des fibres. Une partie traversée la membrane et le retentât chargé en constituants à éliminer est évacué au sommet de chaque cartouche [9] Nettoyage module UF polymère:

Les modules d'ultrafiltration sont dotés d'un rétro-lavage périodique tout les 90 mm qui permet d'éliminer les impuretés retenues par voie hydraulique: la membrane sont lavées cela, en inversant le sens de passage de l'eau à travers la membrane. Du chlore est ajouté aux eaux de rétro lavage parce que l'osmose inverse exige une eau ne comportent pas d'oxydants



Figure 9 : les cinq cartouches des modules UF

2.3-Phase de traitement:

L'eau ultrafiltrée traverse les membranes d'osmose inverse pour cela les membranes constituent le cœur de traitement ou encore servir d'étape traitement plus conventionnelle. Ce dernier est caractérisé par des pores tailles : 0.0001 μm qui retiennent la majorité des minéraux présente permettent donc d'obtenir une eau déminéralisée.

2.3.1-Les membranes:

Les membranes sont le plus souvent fabriquées en acétate de cellulose ou de synthèse (polyamides, poly sulfones), pour être mise en œuvre elles doivent être montées dans des supports appelé : Modules.

Pour l'osmose inverse, il y'a trois modules qui caractérisées par:

- Sa position qui se trouve en série parce que l'augmentation le nombre c en série induit l'augmentation le taux globale de récupération.
- Sa forme spirale:

Au sein des modules spiraux, une membrane plane est enroulée sur autour d'un tube poreux qui recueille le filtrat. On obtient ainsi un cylindre multi perméat s'écoule selon un chemin spiralé vers le tube poreux tandis que l'alimentation circule axialement dans les canaux. Voir figure 10 et 11

A l'aide de procédé d'osmose inverse: l'eau brute est déminéralisée comme dans la figure 10 et :

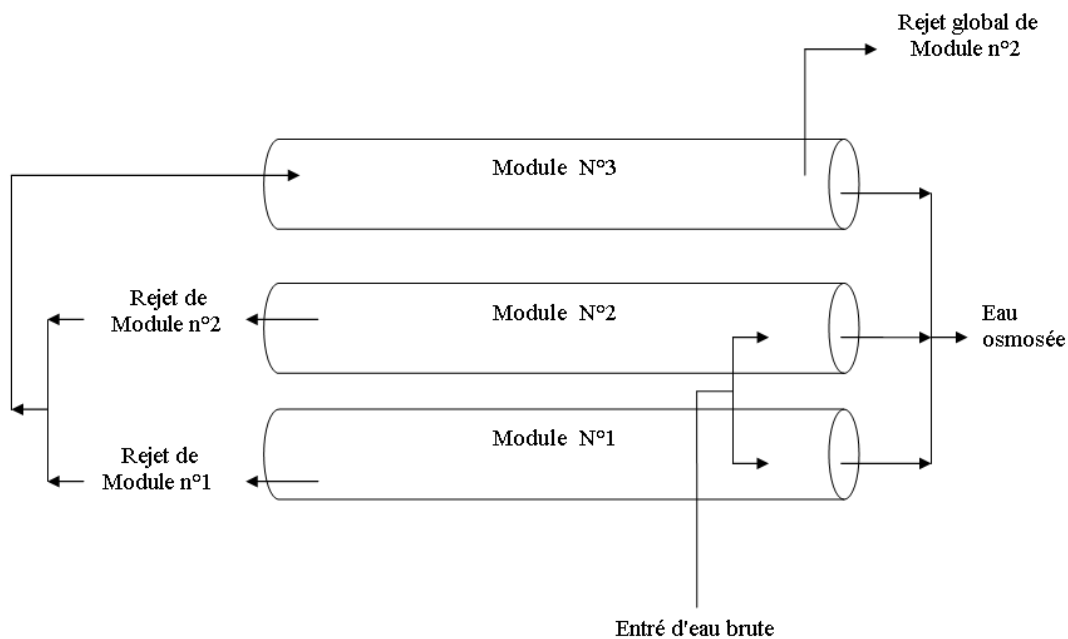


Figure 10 : La série de rejet

1- l'eau à traiter circule à l'intérieur des deux modules d'OI N°1 et N°2 au même temps. A partir là l'eau prend deux catégories: comme dans le figure 5.

- Une partie qui passe à travers les membranes qui caractérise par une faible concentration

en sels (perméat) qui est récupéré à l'extérieur (le perméat de module 1 et 2).

- Une partie qui ne passe pas à travers la membrane (concentrat ou retentât)

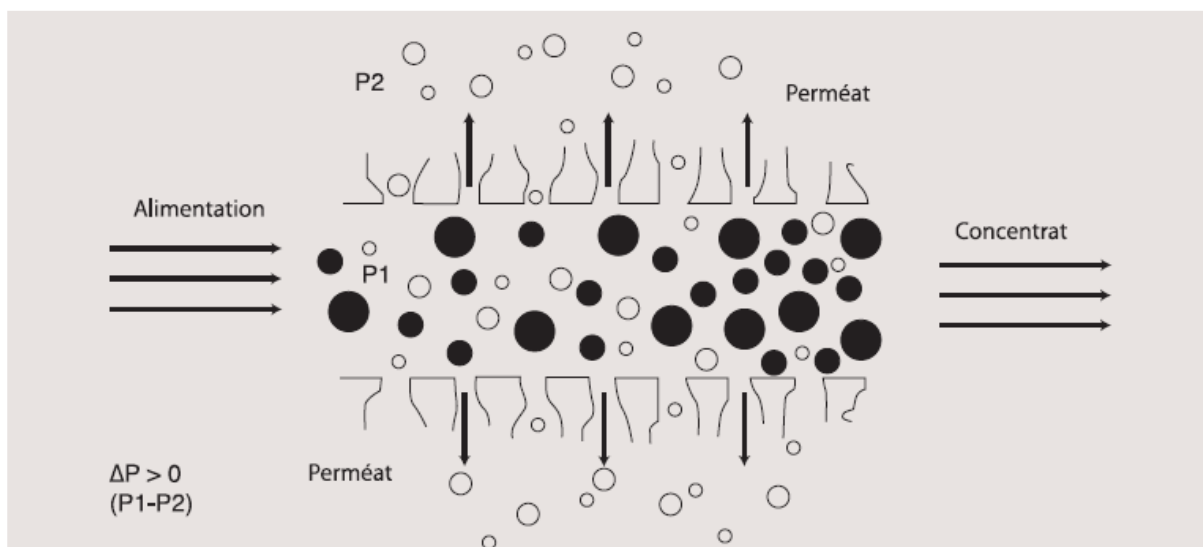


Figure 11 : le principe des membranes d'osmose inverse

2- Le rejet ou le concentrât des modules I et 2 s'orienter vers le module N°3 pour déminéraliser.

Le perméat qui résulte du module N°3 est recueilli avec les autres perméats qui donnent une eau osmosée.

- Le rejet de module N°3 est considéré comme un rejet global de traitement. Cette méthode est appelée : le série de rejet. À l'aide de cette méthode, le taux de rejet global est diminué. La salinité de perméat des modules N°1 et N°2 est inférieure à la salinité de perméat de module N°3, cela revient à la qualité d'eau à l'entrée dans le module N°3. Mais cette eau osmosée n'est pas convenable à la santé publique parce qu'elle leur concentration en sel minéraux sont très faible par rapport aux normes l'OMS, ces carences en sels provoquent des maladies (voir le tableau N° 10). Pour cela : il faut mélanger de l'eau déminéralisée avec une proportion d'eau ultrafiltrée (contient le sel et sans bactérie) pour ajuster la salinité de l'eau à des valeurs acceptables, sans apporter des produits chimiques dangereux, l'eau obtenue est appelée : Eau Mitigée de salinité optimale: 423 mg/l, cette valeur est rapprochée à la conductivité électrique d'eau minérale.



Figure 10: Les trois modules d'osmose inverse

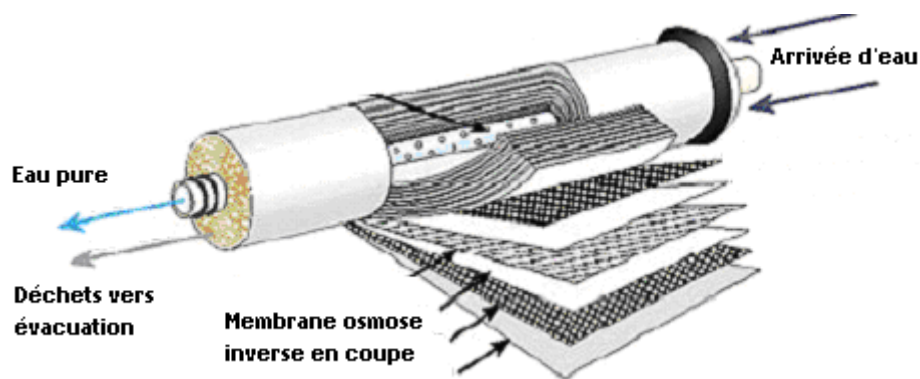


Figure 12: La structure interne d'une membrane a spirale d'osmose inverse
[DEGREMONT, 1989 ; et site Internet de la société SOUFRANCE ,19921

La technique de nettoyage des membranes: Le nettoyage des membranes a pour but de limiter le colmatage et pour a prolonger la durée de vie de membrane.

- On utilise Perma Treat PC 191 (inhibiteur d'entartrage) qui est une liquide jaune pale, leurmiscibilité dans l'eau est totale et très efficace sur grand quantité d'eau, la quantité utilisée est 20 ml par moms . Représente dans les Figures 13 et 14

- La durée de vie des membranes est 3 ans.



Figure 13 : La technique de nettoyage des membranes



Figure 14: Perma Treat PC 191

2.3.2-Stabilisation:

La stabilisation consiste à faire passer l'eau à travers un filtre contenant un lit de granules de carbonate de calcium et de magnésium (neutralite). L'objectif de la neutralisation est de modifier la position de l'équilibre calco-carbonique de l'eau afin de réduire son agressivité et d'obtenir une eau légèrement antitartre (stabilisation de pH et absorption de CO_2). voir Figure 15



Figure15: Le filtre a neutralite

2.4- Phase finale:

2.4.1-Stérilisation:

Finalement l'eau subit une stérilisation qui vise à tuer ou à inactiver les pathogènes qui peuvent se trouver dans l'eau, susceptible de causer des infections chez l'homme.

Elle se fait par ultra violet qui est de type de rayonnement optique dont la longueur d'onde est plus courte que celle de la lumière visible et dont les photons (rayonnement) ont plus grande énergie. La désinfection par ultra violet n'a pas d'effet rémanent c'est-à-dire qu'elle ne persiste pas.

Pour cela : si l'on stocke l'eau dans le réservoir puis la stérilise une 2ème fois par l'UV. Voir Figure 16



Figure 16: Le stérilisation par l'ultra violet

Cependant, le principale avantage de ce procédé est de n'apporter aucun additif à l'eau traitée et très efficace par rapport les autres. Après les stérilisations, l'eau stockée dans les réservoirs, mais les réservoirs constituent un maillon privilégié de sédimentation des dépôts et par la même une zone à haut risque pour la dégradation de la qualité de l'eau, leur nettoyage doit être donc fréquent. Cette opération se fait d'une façon périodique tous les 15 jours par l'eau de javel. En fin; avant la sortie de l'eau il faut mesurer son pH et aussi la traiter par eau de javel de concentration faible 0,2 mg/l. La direction de la prévention sanitaire a exigée la javellisation de l'eau produite avant distribuer. Comme dans le Figure 17

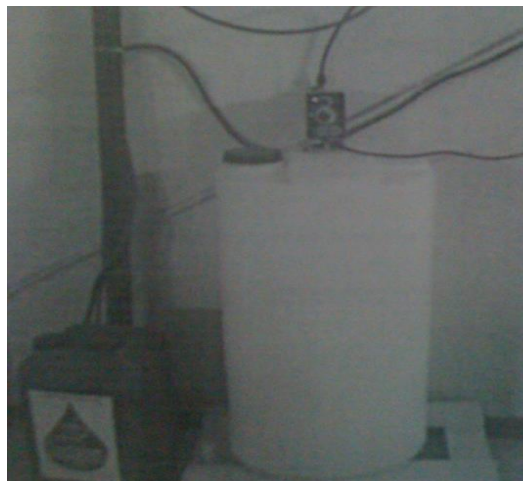


Figure 17 : La javellisation

Les problèmes rencontrés:

Les problèmes majeurs qui rencontrée par les gestionnaires de la station, sont les suivants:

1- Colmatage membranaire est possible en osmose inverse, on peut atteindre la limite de solubilité des sels au niveau des membranes et avoir une formation de tartre lors de la déminéralisation d'eaux salines, qui résulte de faible nettoyage des membranes, si les clapets d'injection de perméat ne jouent pas leur rôle.

2- Perte de charge: est créée par le colmatage du filtre augmente, il s'agit de la différence entre le débit de l'eau dans les canaux. Mais le suivi de la station accroît ces problèmes, les paramètres qui l'on suivi sont:

- Conductivité électrique de l'eau à traiter, Conductivité de l'eau osmosée, conductivité électrique de l'eau traitée. Voir Figure 18
- Turbidité d'eau à traiter.
- Température d'eau à traiter.- Débit entrée à l'UF, eau ultra filtrée, entrée osmoseur.
- Pression entrée pré filtre, entrée UF, entrée osmoseur.
- pH d'eau filtré. Voir Figure 19
- Concentration de chlore.



Figure 18: Conductimètre



Figure 19 PH mètre

Conclusion:

La station TIBA DRINKING WATER est la station de filtration la plus reconnue et la plus sophistiquée dans la région d'EL Oued. Après une année de fonctionnement, en utilisant le procédé d'OI, la station a fait sa preuve en produisant l'eau de bonne qualité qui répond aux normes nationales et internationales (OMS) et est adaptée à la consommation de la population. La bonne gestion de la station est l'un des facteurs qui a contribué à la continuité du bon fonctionnement, le personnel qualifié est un autre facteur qui justifie le bon état de la station. La technique de dessalement par le procédé d'OI, d'un angle technico-économique reste l'une des méthodes les plus pratiques en Algérie, sa présence dans la région saharienne vers une amélioration de la vie quotidienne et un développement durable.

Conclusion générale

A l'issue de cette étude, nous pouvons conclure beaucoup de choses, en ressort : Les eaux de la région d'El-oued sont des eaux légèrement saumâtre, dure et de qualité médiocre à mauvaise, et ceci nous ramène à penser à la nécessité de procéder au dessalement et la réalisation d'une station de traitement. Dans notre région, le procédé de dessalement qui utilise, est l'osmose inverse. A l'aide de ce procédé, on obtient une eau très déminéralisée et cela revient de la sélectivité de membrane d'osmose inverse qu'il s'agit d'un fort taux de rétention pour tous les sels (95%).

L'eau osmosée est nettement en dessous des critères de potabilité d'une eau de consommation humaine sur le plan physico-chimique, une reminéralisation est indispensable pour obtenir une eau répond aux normes de potabilité (OMS) et augmenter le volume d'eau traité.

Par conséquent : l'exploitation de cette station a contribué considérablement à la maîtrise de la technique membranaire d'osmose inverse.

De notre point de vue, la réalisation d'une seule station dans la région ne satisfait pas les besoins de l'homme et l'industrie, il est préférable de réaliser d'autres stations. Pour une bonne maîtrise de l'exploitation de ces stations et une maintenance correcte des installations de dessalement, on propose comme des étudiants que les instituts, les universités, centre de recherches posent un programme de recherche pour apporter des solutions aux problèmes des techniques au dessalement, parce que l'abondance des eaux considérée comme un point de départ pour le développement socio-économique