



N° d'ordre :
N° de série :

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

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

Domaine: **Sciences et technologie**

Filière: **Genie des procédés**

Spécialité: **Genie des procédés**

Presenté par: **DJEDID Abdelhak**

GHRIBI Abdelfattah

Sous l'encadrement: **FADEL Ammar**

Thème

**Étude comparative entre techniques
classiques et techniques membranaires dans
traitement des eaux**

Juin 2012

Remerciements

Nos premiers remerciement vont a DIEU le tout puissant.

Maintenant, a travers ces quelques lignes, nous allons tenter de satisfaire au difficile exercice de remerciements. Eh oui, difficile puisque je ne veux oublier personne. C'est pourquoi, je remercie par avance ceux dont le nom n'apparaît pas dans cette page et qui m'ont aidé d'une manière ou d'une autre.

C'est avec joie que nous adressons nos premières remerciements à notre promoteur "FADEL Ammar" qui a su nous initier à la recherche durant la rédaction de ce mémoire. .. ainsi que de nous avoir accordé la confiance et la grande liberté nécessaire à l'accomplissement de ce travail, tout en y gardant un oeil critique et avisé. Plus qu'un encadrant,

Nous le remercions d'avoir su supporter nos humeurs dépressives au cours de ce mémoire.

Nous remercions les enseignants examinateurs de notre travail de nous avoir fait l'honneur d'être les rapporteurs de ce mémoire. Nous éprouvons un profond respect pour leur travail.

Cela va de soi, nous remercions évidemment nos familles pour leur soutien et leur encouragement. Ils ont été présents pour nous partager les joies, ce mémoire est un peu. le leur; un grand merci pour eux.

SOMMAIRE

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I: Qualités générales des eaux issues de diverses sources d'approvisionnement

I.1 L'eau de surface.....	2
I.1.1 Les eaux de pluie.....	2
I.1.2 Les eaux de la nature.....	2
I.1.3 Les eaux de source.....	2
I.2 Les eaux minérales.....	3
I.3 Les eaux souterraines.....	3
I.4 Les eaux de mer.....	3
I.5 Les caractéristiques de l'eau.....	3

Chapitre II: Techniques de traitement des eaux classiques

II.1 Phénomène de la coagulation.....	4
II.1.1 Théorie.....	4
II.1.2 Stratégies théoriquement possibles.....	4
II.1.3 Réactifs utilisés.....	5
II.2 Phénomène de la floculation.....	5
II.2.1 Théorie.....	5
II.2.2 Nature des flocculant.....	6
II.3 Caractéristiques des Coagulation et floculation utilisation.....	6
II.3.1 Généralistes.....	6
II.3.2 Coagulants.....	6
II.3.3 Flocculant.....	6
II.3.4 Classification des coagulants-flocculant.....	6
II.3.4.1 flocculant minéraux.....	6
II.3.4.2 flocculant naturels.....	7
II.3.4.3 flocculant synthétiques.....	7

II.3.5 Les procédés physiques et chimiques (coagulation-floculation).....	8
II.3.6 Effet de la coagulation sur les paramètres de l'eau.....	8
II.3.6.1 Turbidité.....	8
II.3.6.2 Couleur.....	9
II.3.6.3 Résistivité.....	9
II.3.6.4 PH.....	9
II.4 Décantation.....	10
II.4.1 Définition.....	10
II.4.2 Principe.....	11
II.5 La filtration.....	12
II.5.1 Définition.....	12
II.5.2 Typa de filtres.....	12
II.5.2.1 Le filtre de sable à filtration lente.....	12
II.5.2.2 Les filtres rapides ouverts.....	12
II.5.2.3 Les filtres rapides fermés.....	13

Chapitre III: Techniques de traitement des eaux membranaires

III.1 Généralités sur les membranes.....	14
III.2 Définition de la membrane.....	14
III.3 Modules membranaires.....	15
III.3.1 Modules à fibres creuse	15
III.3.2 Modules spiralés	15
III.4 Applications des membranes	16
III.4.1 Ultrafiltration (UF)	16
III.4.2 Microfiltration (MF)	17
III.4.3 Nanofiltration (NF).....	17
III.4.3.1 Principe général.....	17
III.4.3.2 Classification les membranes de nanofiltration... ..	18
III.4.4 Osmose inverse (OI).....	18
III.5 Principes de mise en oeuvre des membranes.....	21
III .5.1 Écoulement frontal	21
III.5.2 Ecoulement tangentiel	22

III.6 Colmatage.....	23
♦Comment limiter le colmatage?	24
III.6.1 Facteurs reduisant le colmatage.....	25
III.6.1.1 Choix de la membrane.....	25
III.6.1.2 Prétraitemcnt de la solution d'alimentation.....	25
III.6.1.3 Choix des conditions opératoires	25
III.7 Méthode de nettoyage des membranes.....	26
Rinçage vers l'avant	26
Rinçage vers l'arrière.....	27
Rinçage air ou Air/eau.....	27
Nettoyage chimique.....	28
III.8 Comparaison entre les techniques classiques et membranaires.....	29
Conclusion générale.....	30
Références Bibliographiques.....	31

INTRODUCTION GENERALE

L'eau que nous consommons n'est pas la même que nous trouvons dans la nature, cette dernière est souvent chargée de particule (colloïdes); Dont le degré de nuisance pour la santé humaine est aggravé par le rejet des eaux usées urbaines, et industrielles.

L'eau devient potable grâce à différents processus de traitements qui consistent en l'élimination des particules en suspension (colloïdes, minérales et organiques), et des substances dissoutes (cations, anions, matières organiques).

La diversité de la provenance de l'eau impose une surveillance quasi-permanente de sa qualité à tous les stades de sa distribution d'eau, cette surveillance est soumise à différents contrôles de qualité très stricte selon les normes algérienne de potabilité en vigueur, qui sont concordes avec les normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS).

Parmi les différents procédés de traitement qui permettent de traiter une eau pour la rendre potable, il y a des techniques classiques (coagulation, floculation, décantation, filtration sur sable, désinfection). Ces techniques présentent plusieurs inconvénients, mais en alternative les technologies membranaires se sont développées ces dernières années principalement dans le traitement d'eau potable, cette technologie de séparation fine permet une séparation très poussée.

Le plan de travail est divisé en trois Chapitres :

Dans le chapitre I, on discute les qualités générales des eaux issues de diverses sources d'approvisionnement.

Dans le deuxième chapitre, on trouve des généralités sur les techniques classiques de traitement d'eau (Coagulation, floculation, décantation, filtration sur sable, désinfection).

Le troisième chapitre: sera consacré à la présentation des techniques membranaires utilisées dans les traitements des eaux, en s'intéressant essentiellement, sur les différents types existants dans l'industrie, leurs applications et les problèmes.



Chapitre I: Qualités générales des eaux issues de diverses sources d'approvisionnement:

Pour satisfaire les besoins des villes et industrie on dispose des eaux de différentes origines

I.1 L'eau de surface:

Les eaux de surface comprennent les eaux des cours d'eau (lacs, étangs, bassins, rivières, fleuves). Elles sont sujettes à contamination. En effet, ce sont des eaux où viennent boire les animaux et où pataugent parfois les enfants. Leurs abords constituent souvent des lieux de défécation et les feuilles des arbres s'y accumulent et s'y décomposent généralement [4].

Il existe trois types des eaux de surface [3]:

I.1.1 Les eaux de pluie:

Sont des eaux de bonne qualité, elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous comme les sels de magnésium (Mg) et calcium (Ca) présent dans l'atmosphère, en raison de sa teneur en dioxyde de carbone CO_2 . La pluie est naturellement acide, à cette acidité naturelle l'acidité aussi due à la présence d'oxydes d'azote (NO_x) et du dioxyde de soufre (SO_2).

I.1.2 Les eaux de la nature:

Une eau chimiquement pure serait une eau qui ne contiendrait que des molécules d'eau.

I.1.3 Les eaux de source:

Les eaux dites de source sont des eaux naturellement propres à la consommation humaine. Les traitements qui sont appliqués sur ce type d'eau sont l'aération, la décantation et la filtration.

I.2 Les eaux minérales:

Sont des eaux non potables dans le sens où elles possédant des propriétés particulières: elles ont des teneurs en minéraux qui peuvent leur donner des caractères thérapeutiques comme les eaux de source.

I.3 Les eaux souterraines:

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution, Ce sont les eaux des nappes. Elles peuvent être classées en deux catégories:

A) Les nappes phréatiques ou nappes de puits: elles reposent non loin du sol (quelques dizaines de mètres) et sont peu protégées, donc soumises à la contamination biologique.

B) Les nappes profondes: elles sont situées à quelques centaines de mètres de profondeur et reposent sur des couches d'argile imperméables, profondes. L'eau de pluie est ainsi filtrée à travers plusieurs couches de terre avant de constituer la nappe.

-D'une façon générale, les eaux des nappes profondes sont potables. Dans certains cas, l'eau issue des nappes profondes peut sortir très chaude. Les températures atteintes avoisinent 60°C. Il s'agit là de sources thermales [3].

I.4 Les eaux de mer:

Les eaux de mer sont caractérisés par leurs concentrations en sel dissous c'est ce qu'on appelle leur salinité, elle varie de 33000 à 37000 mg/l

I.5 Les caractéristiques de l'eau [4] :

Les caractéristiques de l'eau dépendent en grande partie de son origine, mais aussi des manipulations faites par les utilisateurs. Ainsi, dans le cas des puits superficiels, différentes dispositions telles que les enceintes de maçonnerie, les puisettes bien propres, les latrines et les eaux usées sans communication avec la source d'eau, contribuent à rendre l'eau puisée de qualité acceptable. Ces observations sont aussi valables pour les eaux des puits profonds. En revanche, les eaux superficielles non protégées sont généralement de mauvaise qualité par suite de diverses contaminations[4].

Chapitre II : Techniques classiques en traitement des eaux

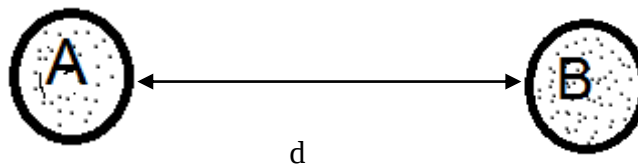
Les techniques classiques utilisées en traitement des eaux sont :

- Coagulation
- Floculation
- Décantation
- Filtration simple

II.1 Phénomène de la coagulation [2]:

II.1.1 Théorie :

Il apparaît évident que la stratégie d'élimination des colloïdes passe par l'annulation du potentiel zêta. En effet, la neutralisation des charges primaires permet d'annuler les forces de répulsion. On considère deux particules colloïdales A et B de diamètre D et distantes d'une valeur d . Entre ces deux particules, il existe des forces de répulsion électrostatiques et des forces d'attraction intermoléculaires.



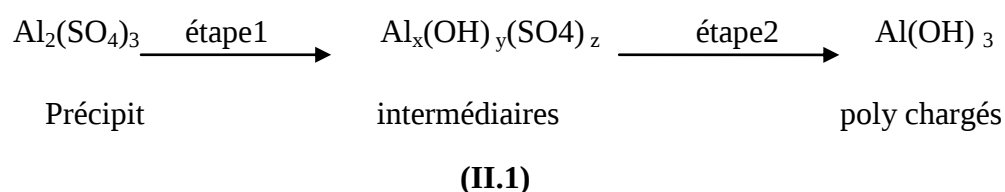
II.1.2 Stratégies théoriquement possibles :

Les solutions théoriquement possibles pour annuler le potentiel zêta sont nombreuses tel que:

- Ajustement du pH pour atteindre le point isoélectrique des groupements fonctionnels portés par les colloïdes.
- Augmentation de la salinité pour obtenir une compression de la couche diffuse.
- Neutralisation chimique de la charge primaire par des cations polyvalents ou polymères [2]:

II.1.3 Réactifs utilisés [1]:

L'efficacité de la coagulation est directement liée à la valence des cations utilisés. Les ions monovalents sont efficaces que les bi ou trivalents. La règle de SCHULZE HARDY précise l'efficacité des ions en fonction de leur valence. La référence étant le Na^+ , le Ca^{2+} d'une part et les ions trivalents Al^{3+} et Fe^{3+} d'autre part, présentent respectivement une efficacité 7 à 200 et 500 à 1000 fois plus importante. La mise en solution d'un coagulant se déroule en deux étapes. Le cas du sulfate d'alumine est très significatif. Les réactions peuvent être représentées de la façon suivante :



II.2 Phénomène de la floculation :

II.2.1 Théorie :

Après avoir été destabilisé par le coagulant, les particules colloïdales s'agglomèrent lorsqu'elles entrent en contact. C'est la floculation. Le floc ainsi formé, peut décanter, flotter ou filtrer (coagulation sur filtre), suivant le procédé de rétention le plus adapté choisi. L'expression de SMOLUCHOWSKI permet de comprendre ce phénomène. La formulation est la suivante :

$$\ln \frac{N}{N_0} = \frac{4}{\pi} \Omega G t \quad (II.2)$$

N et N_0 sont les nombres de particules colloïdales libres à l'instant t et t_0 .

α : Représente le facteur de fréquence de collision efficace.

Ω : est le volume de particules par volume de suspension.

G : est le gradient de vitesse.

T : est le temps de contact.

II.2.2 Nature des flocculant :

Les flocculant sont des composés agissant par pontage. Il s'agit de polymères à haut poids moléculaire présentant des groupes réactionnels de charge inverse de celle de la suspension à traité. On distingue des flocculant naturels et synthétiques.

II.3 Caractéristiques de la Coagulation et flocculation :

II.3.1 Généralistes :

En général, une différence entre la coagulation et la flocculation existe (entre les coagula tants et flocculant) mais beaucoup d'auteurs donnent une grande importance à la coagulation qui représente la totalité du phénomène et la flocculation n'étant qui le transport des particules.

II.3.2 Coagulants :

Ce sont des produits qui neutralisent ou inversent les charges de surface des matières en suspension. Ces produits sont surtout des composés minéraux tels que: sulfatas d'alumine, chlorure ferrique, sels ferrique chlorure d'aluminium, sulfate ferreux, chlorure de calcium ou magnésium.

II.3.3 Flocculant :

Ce sont des produits qui ont des actions inter particules par pontage. Ce flocculant sont pour la plupart constitués de polymères à haut poids moléculaire possédant des groupes réactifs de charges inverse à celle de la suspension à traiter.

II.3.4 Classification des coagulants-flocculant :

Il existe trois types de flocculant : minéraux et synthétiques:

II.3.4.1 flocculant minéraux :

Ce sont des composés colloïdaux agissant soit par adsorption, soit par neutralisation de charges les produits en suspension :

Exemples :

- Silice activée.
- Certaines argiles colloïdes (bentonites).
- Certaines hydroxydes métalliques à structure polymère (alumine hydrox de ferrique).

II.3.4.2 flocculant naturels :

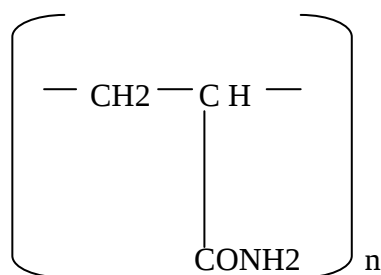
Ce sont des polymères hydrosolubles pouvant avoir une charge anionique, cationique.

Exemples :

Dérivés amylicés: sont sous forme prégélatinisée et sont solubles directement dans l'eau. On trouve des amidons oxydés anionique et des amidons cationiques. Ce sont des amidons à base de maïs et de féculs de pommes de terre. Les polysaccharides: c'est surtout de la gomme tirée du fruit du caroubier. Ils sont à caractère non ionique et utilisés en général dans un milieu acide. Les alginates: qui sont tirés des algues et sont de caractère anionique. Ils sont surtout utilisés pour les eaux potables.

II.3.4.3 flocculant synthétiques :

Les polyacrylamides qui sont des dérivés de l'arylamine ayant pour formule général.



Donc de caractère non ionique. La fonction amide très polaire permet des pontages avec les matières en suspension. À partir de cette structure, toute une série de dérivés a été préparée par copolymérisation [1].

La désinfection de l'eau permet la destruction ou l'inhibition des microbes nuisibles. Elle peut se faire par des moyens physiques (décantation, filtration lente à travers un linge fin, filtration lente sur sable, ébullition, désinfection solaire) et/ou par des moyens chimiques. Le chlore est le désinfectant le plus utilisé pour détruire les

bactéries qui se trouvent dans l'eau. Dans les zones rurales ou périurbaines dépourvues d'eau traitée de façon industrielle, plusieurs moyens permettent de désinfecter l'eau avec du chlore [4].

II.3.5 Les procédés physiques et chimiques (coagulation-floculation) :

A) Traitement de clarification (la coagulation et floculation) dans la phase de croissance: permet l'élimination des particules en suspension, après son passage à travers des grilles qui retiennent les matières, les plus grosse, l'eau est acheminée dense des bassins dits de décantation, l'après l'effet de leur poids, les particules gravitent vers le fond, l'eau décantée est ensuite filtrée à travers eu ou plusieurs couches d'un substrat granulaire, comma du sable, qui retient les particules résiduelles, les plus fines .

B) Le dégrillage: Consiste à faire passer les eaux usées au travers d'un grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les plus grossiers.

C) La désinfection: en fin de traitement, la désinfection permet l'élimination des organismes pathogènes (bactéries et virus) on utilise pour cela soit des rayonnements ultraviolets, le chlore gazeux (Cl_2), les hypochlorures de sodium (NaOCl), les hypochlorites de calcium. Les monochloroamines (NH_2Cl), et le dioxyde de chlore ClO_2 .

D) Le tamisage : qui utilise des grilles de plus faible espacement [1].

II.3.6 Effet de la coagulation sur les paramètres de l'eau [1]:

La coagulation est de loin le traitement le plus efficace mais c'est aussi celui qui représente la dépense de traitement la plus élevée. C'est également le plus global et en poids de matières éliminées, c'est certainement le moins couteux.

II.3.6.1 Turbidité :

L'élimination de la turbidité est très importante. Dans le domaine de prédilection de la coagulation. La coagulation c'est cependant beaucoup plus que la seule élimination de la turbidité [1].

II.3.6.2 Couleur [3]:

La coagulation c'est aussi l'émanation de la couleur, c'est-à-dire des matières organiques à l'état colloïdal et dissous et les micropolluants organiques.

II.3.6.3 Résistivité :

Elle baisse légèrement à cause des ions sulfatés ajoutés avec l'aluminium dans le cas du traitement avec le sulfate d'aluminium des polymères d'aluminium "sulfates".
[3]

II.3.6.4 pH :

Le pH est plus ou moins affecté selon le type de coagulant utilisé et sa concentration. Quand le sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3$ est utilisé comme coagulant et est additionné à l'eau, il se déclenche une hydrolyse qui entraîne une baisse sensible du pH. Généralement, chaque Al nécessite pour passer à l'état de l'hydroxyde d'aluminiums $Al(OH)_3$, $3OH^-$ provenant des bicarbonates et de l'eau elle même. Les protons H^+ sont ainsi libérés. Le TAC baisse donc également. Par contre, l'utilisation des polymères basiques d'aluminium comme coagulant n'entraîne qu'une très faible variation du pH qui n'affecte en rien la déstabilisation [1].

Tableau (II.1): influence de la coagulation – floculation [1]

	Solubilité mg/l	Sulfate d'aluminium 50-70	PC BA 24-36
Tuyaux de traitement	-	0.125-0.175	0.1-0.015
Adjuvant	-	Oui	Non
Oxydabilité (KMnO₄)	-	60%	6%
Lindane	10%	10%	10%
D. D .T.	0.05	55%	55%
Paration	22	28%	16%

II.4 Décantation [5]:

II.4.1 Définition :

La décantation est une opération de séparation mécanique, par différence de gravité de phases non-miscibles dont l'une au moins est liquide. On peut séparer des phases liquides, une phase solide en suspension dans une phase liquide.

Dans le cadre du traitement de déchets, elle est utilisée afin de séparer les diverses phases en vue d'un traitement spécifique. Par exemple, des boues humides ainsi traitées donneront une phase liquide et des boues sèches qui iront chacune sur une chaîne de traitement particulière (épuration pour la phase aqueuses et valorisation pour les boues). L'illustration la plus répandue de cette technique est la station d'épuration.

II.4.2 Principe :

Si on laisse reposer une suspension solide dans une phase liquide, on observe que les particules sous l'action de la pesanteur et de la poussée d'Archimède, tendent à tomber vers le fond ou à remonter à la surface selon leur densité et leur taille. Cette décantation peut cependant être relativement lente pour les très fines particules (sensibles à l'agitation thermique) et les liquides particulièrement visqueux. Toutefois, il est possible d'agir sur plusieurs paramètres pour augmenter la vitesse de sédimentation :

- le diamètre des particules, en utilisant des flocculant.
- la différence de densité.
- la viscosité du fluide, qui diminue avec l'élévation de la température.
- la surface de base du bac.

Pour que la décantation soit efficace, il faut que la vitesse de sédimentation des particules soit:

supérieure à 8 m/h. Les temps de séjour augmentent lorsque la vitesse de décantation diminue, donc entre 5 et 8 m/h, une étude économique est nécessaire pour choisir la meilleure alternative entre décantation et aéroflottation. Ces installations ont pour objectifs (parfois concourants) :

- La clarification, qui donne phase liquide quasi débarrassée de particules solides.
- L'épaississement, qui donne une boue à la teneur en solide la plus haute

possible [5].

II.5 La filtration [1]:

II.5.1 Définition:

La filtration est le procédé de séparation solide/ liquide de finition par excellence. La méthode consiste à faire passer l'eau chargée de matières solides sur une colonne remplie d'un matériau inerte comme par exemple du sable, anthracite moulu, du gravier, de la terre de diatomées.

II.5.2 Typa de filtres :

Il existe des filtres ouverts où la force poussant est la pression hydrostatique de la couche d'eau surnageant et des filtres fermés, où l'eau peut être amenée, à une pression élevée à l'aide d'une pompe. D'autre part, on distingue des filtres lents et des filtres rapides. En outre, on peut varier la nature du matériau de remplissage, passons en revue sommairement quelques filtres fréquemment utilisés.

II.5.2.1 Le filtre de sable à filtration lente :

Une installation de filtration lente comprend une série de bassins précédés ou non d'un bassin de décantation. Les bassins sont souvent disposés en trois étages successifs: dégrossissage, pré filtration et filtration proprement dite. Les diamètres efficaces du sable dans les trois bassins sont approximativement 2 à 3 mm pour les dégrossisseurs, 1 mm pour les pré filtres et 0.25 à 0.35 mm pour les filtres de finition. Les épaisseurs des couches filtrantes sont 0.50 m pour le filtre dégrossi et le pré filtre et varie entre 0.80 et 1.20 m pour les filtres finisseurs.

II.5.2.2 Les filtres rapides ouverts :

Dans la technique de la préparation des eaux potables les filtres de sable gagnent rapidement du terrain, ils sont appliqués après coagulation et décantation.

Les eaux filtrées sont recueillies en utilisant l'une des deux méthodes suivantes :

-La couche filtrante peut reposer directement sur des dalles de béton maigre, qui sont soit poreuses soit munies de bougies poreuses ou de bosselures à fentes.

-La deuxième méthode consiste à recueillir l'eau filtrée au moyen de tuyaux perforés qui sont noyés dans une couche de sable fin.

II.5.2.3 Les filtres rapides fermés :

Les filtres rapides fermés sont constitués de cylindres sous pression placés soit horizontalement soit verticalement, on peut distinguer deux types de filtres fermés:

Des filtres à granulométrie homogène: diamètre des particules 0.5-2 mm et épaisseur de la couche filtrante 0.50-1.20 m (dépendant de la granulométrie).

Une nouvelle évolution dans ce domaine est la construction de filtres hétérogènes bicouches et multicouches [1].

Chapitre III : Techniques membranaires en traitement des eaux

III.1 Généralités sur les membranes [6]:

Les procédés à membranes, industrialisés à partir des années soixante, se développent encore à un rythme rapide. Il existe maintenant une grande variété de membranes adaptées à divers procédés de séparation. Cette diversité est à l'origine des applications dans des domaines très différents.

III.2 Définition de la membrane :

Une membrane peut être définie comme étant une couche mince de matière, permettant l'arrêt ou le passage sélectif de substances dissoutes ou non, sous l'action d'une force motrice de transfert (**Figure II.1**). Les critères de séparation des particules, des molécules et/ou des ions peuvent être :

- La dimension et la forme.
- La nature chimique.
- L'état physique.
- La charge électrique, etc [6].

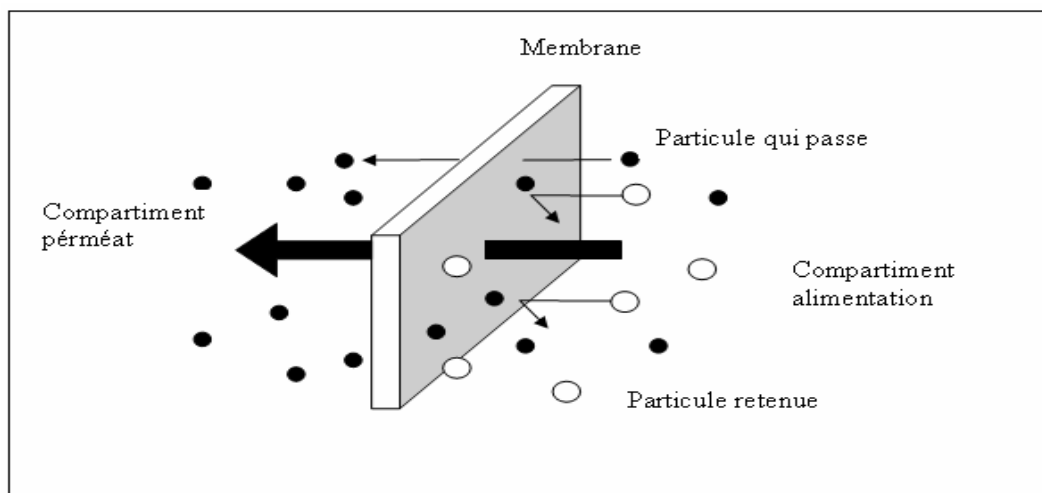


Figure (III.1) : Membrane sélective (Adapté d'après Mallevialle et al, 1996) [6].

III.3 Modules membranaires [11]:

Pour les rendre opérationnelles, les membranes sont insérées dans des dispositifs compacts appelés modules membranaires. Ces modules peuvent être à écoulement libre ou bien à écoulement canalisé (insérés dans des caissons pressurisés). Les deux types de modules les plus fréquemment utilisés dans le domaine de la production d'eau potable sont les modules à fibres creuses et les modules spiralés. Il existe aussi les modules à plaques et cadres et les modules tubulaires mais ils sont moins fréquemment utilisés dû à leur plus faible compacité.

III.3.1 Modules à fibres creuses :

Les modules à fibres creuses peuvent contenir des dizaines de milliers de fibres creuses cylindriques obtenues par filtrage. Leur diamètre externe varie de 500 à 2000 microns tandis que leur diamètre interne varie de 350 à 1000 microns. La peau de la membrane peut être soit à l'intérieur soit à l'extérieur des fibres. Dans le premier cas, l'eau à traiter circule à l'intérieur des fibres et le perméat est recueilli à l'extérieur de celles-ci. Dans le deuxième cas, l'eau à traiter circule à l'extérieur et le perméat est recueilli à l'intérieur. Il est possible dans le second cas d'immerger les fibres creuses dans un bassin contenant l'eau à traiter et d'appliquer un vide partiel à l'intérieur de celles-ci. L'eau est alors libre de circuler à l'extérieur des fibres et celles-ci peuvent être tenues en mouvement par un système d'agitation afin de minimiser leur colmatage.

III.3.2 Modules spiralés :

Les modules spiralés sont les modules les plus utilisés dans le domaine de la nanofiltration et d'osmose inverse. C'est ce type de module qui a été étudié. Les modules spiralés s'insèrent dans des caissons pressurisés. (**Figure II.3.2**) représente le schéma simplifié d'un tel module.

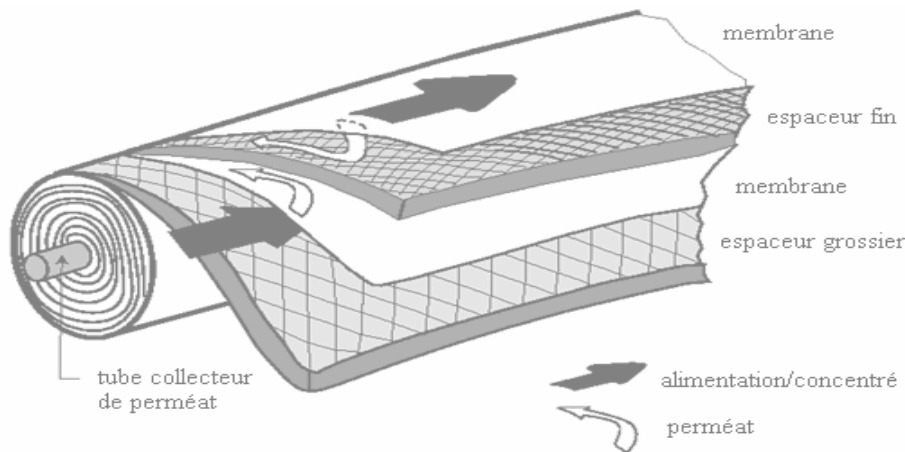


Figure (III.2) : Représentation simplifiée d'un module spirale [11].

III.4 Applications des membranes :

III.4.1 Ultrafiltration (UF) [12]:

C'est 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.

Coli plus élevés que ceux obtenus par les traitements conventionnels. Une étude réalisée sur la rétention de cryptosporidium 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 et permette donc d'atteindre pleinement les objectifs de ce point de vue là, l'utilisation directe sur une eau de surface n'est envisageable que dans le cas de ressource peu chargée en matière organique. Cette limitation est imputable d'une part à un phénomène de colmatage exacerbé en présence de matière organique naturelle, d'autre part à la difficulté à respecter la réglementation notamment en ce qui concerne la formation de sous-produits de désinfection et les conséquences sanitaires associées dans la mesure où les abattements mesurés en terme d'UV et de COT sont généralement de l'ordre de 20 % pour des membranes d'ultrafiltration.

Lorsque les exigences en termes d'élimination d'odeur, de goût et de pesticide ne peuvent être remplies, l'addition de charbon actif en poudre (CAP) est préconisé, le charbon actif injecté en ligne permet de retenir la matière organique et les pesticides puis est lui-même retenu par les membranes [12].

III.4.2 Microfiltration (MF) [13]:

Ce procédé de séparation solide-liquide met en œuvre des membranes dont les diamètres de pores sont compris entre 0,1 et 10 μm . Il permet donc la rétention des particules en suspension, des bactéries et indirectement des colloïdes et de certains ions après fixation de ces derniers sur des plus grosses particules obtenus par complexation, précipitation ou floculation.

Théoriquement, la différence entre ultrafiltration et microfiltration est très nette, l'ultrafiltration fonctionne en phase liquide homogène alors que la microfiltration a pour objectif une séparation solide-liquide, la pression de travail est généralement plus faible dans le cas de la microfiltration (Pression transmembranaire < 3 bars), les flux de filtration sont souvent plus importants dans le cas de la microfiltration.

Cependant, du point de vue technologique, les deux techniques peuvent se recouper. Ainsi, pour minimiser les phénomènes de colmatage et éviter que des particules solides pénètrent dans les pores des membranes, on a souvent intérêt à utiliser des membranes d'ultrafiltration pour effectuer une opération de microfiltration. Inversement, une membrane de microfiltration peut devenir une membrane d'ultrafiltration (1 à 100 nm) ou même d'osmose inverse (< 1 nm) par suite de la formation en cours de fonctionnement d'une couche de gel à porosité très fine (membrane dynamique) [13].

III.4.3 Nanofiltration (NF) [16]:

III.4.3.1 Principe général :

La nanofiltration est un procédé baromembranaire qui couvre un domaine de séparation intermédiaire entre l'ultrafiltration et l'osmose inverse.

Les matériaux membranaires utilisés, qui comportent pour la plupart des charges électriques, et la structure même des membranes, avec des pores de diamètres

de l'ordre du nanomètre, confèrent à la nanofiltration des propriétés très particulières; le transfert des espèces au travers de la membrane est la résultante de plusieurs phénomènes, où taille, charge électrique, nature et concentration des espèces jouent un grand rôle.

III.4.3.2 Classification les membranes de nanofiltration :

Les membranes de nanofiltration peuvent être classées en 3 catégories :

1. Les membranes organiques neutres ou de structure amphotère, c'est à dire comportant à la fois des groupes chargés négativement et positivement, qui les rendent globalement électriquement neutres.
2. Les membranes organiques chargées électriquement en surface.
3. Les membranes céramiques dont la charge électrique de surface varie en fonction du pH de la solution avec laquelle elles sont en contact; les oxydes métalliques qui les composent sont caractérisés par leur 'point isoélectrique', valeur précise de pH à laquelle ils sont neutres; pour une valeur de pH supérieure, elle sera chargée négativement [16].

III.4.4 Osmose inverse (OI) [17]:

L'osmose inverse est une des nombreuses techniques dites membranaires, c'est-à-dire utilisant un film semi-perméable de faible épaisseur. Le principe de cette technique consiste à appliquer une pression supérieure à la pression osmotique de la membrane. Le dispositif est constitué de deux compartiments séparés par une membrane semi perméable. Sous l'action d'une certaine pression, la membrane laisse passer l'eau et s'oppose au passage des solutés, conduisant ainsi à la formation d'une eau pure (perméat). Le concentrât contient une saumure qui est progressivement évacuée.

La pression appliquée et la concentration du soluté sont des facteurs qui influent sur le rendement qui est de l'ordre de 45%.

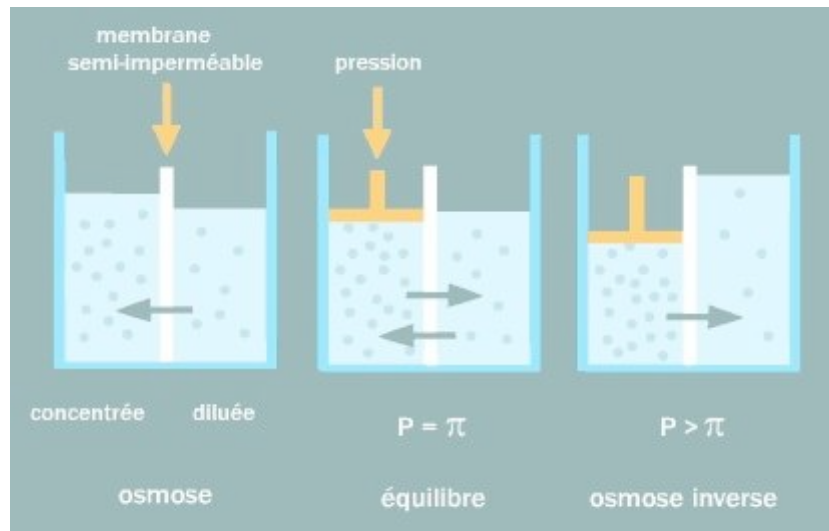


Figure (III.3): schémas représentatifs de l'osmose inverse pour l'élimination des sels dissous [17].

L'osmose inverse est très utilisée pour le dessalement d'eau de mer ou d'eau saumâtre, et pour la production d'eau ultra-pure (industrie électronique, médicale, nucléaire). Elle est également appliquée par l'industrie alimentaire pour concentrer des produits alimentaires ou désalcooler des boissons [17].

Le tableau (III.2) suivant illustre les caractéristiques de chaque technique [15]

Microfiltration (MF)	Différence de taille entre les particules ou molécules à séparer	Pression 0,1 à 3 bar	0,1 à 10 μm	-	1-10 kWh/m ³	Filtration Centrifugation
Ultrafiltration (UF)	Différence de taille et de charge entre les particules ou molécules à séparer	pression 3 à 10 bar	0,1 à 0,1 μm	100 – 1 kDa	1-10 kWh/m ³	Evaporation Distillation Echange d'ions
Nanofiltration (NF)	Différence de taille et de charge entre les particules ou molécules à séparer	pression 10 à 50 bar	~ 1 nm	200-1000 Da	5-50 kWh/m ³	Evaporation OI, Echange d'ions
Osmose inverse (OI)	Différence de solubilité et de diffusion dans la membrane des molécules à séparer	Pression 30 à 100 bar	Membrane dense	< 200 Da	10-200 kWh/m ³	Evaporation Distillation Echange d'ions

III.5 Principes de mise en œuvre des membranes [7]:

Dans cette section, nous allons décrire les deux grands types de mise en œuvre des membranes:

- L'écoulement frontal.
- L'écoulement tangentiel.

III .5.1 Écoulement frontal :

En écoulement frontal, l'écoulement se fait dans une seule direction soit perpendiculairement à la surface de la membrane.

Ce type de mise en oeuvre est souvent utilisé pour des essais à l'échelle de laboratoire dans des cellules de filtration, ayant un volume de moins de quelques litres (**Figure II.4.1**). Le principal avantage de cette façon de tester les membranes est sa simplicité. En effet, il n'est pas utile de recirculer la solution à filtrer, et donc il n'y a pas besoin de pompe de recirculation ce qui simplifie énormément le montage expérimental. Une source de pression statique (bonbonne de gaz inerte) peut assurer la force motrice nécessaire à la filtration. L'écoulement frontal est utilisé à l'échelle industrielle aussi, mais dans une proportion beaucoup moins élevée que l'écoulement tangentiel. Les principaux systèmes à membranes qui l'utilisent sont les systèmes à fibres creuses.

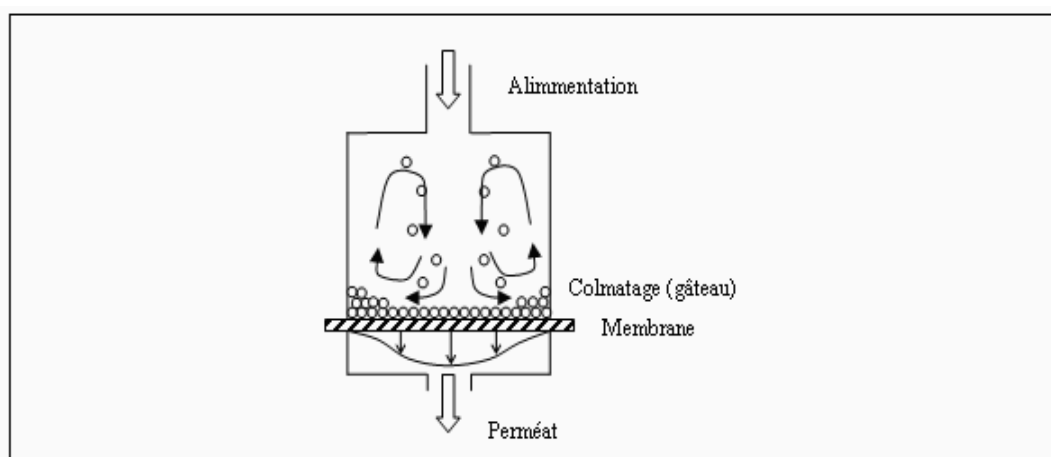


Figure (III.4): Cellule de Filtration Frontale [7].

En filtration frontale, le courant à travers la membrane entraîne toutes les espèces dissoutes ou en suspension vers la surface de la membrane. Les espèces retenues par la membrane s'y s'accumulent très rapidement. En absence de courant de balayage tangentiel de la surface de la membrane, l'efficacité des processus de transport qui limitent l'accumulation à la surface de la membrane est restreinte. Ceci favorise un colmatage rapide de la membrane. A la figure 1.7 nous pouvons aussi observer, dans une cellule de filtration frontale, les particules retenues qui se déposent à la surface de la membrane. Les flèches indiquent les trajectoires des particules, trouvées à la fois sous l'influence du gradient de pression (d'opération) et sous l'influence des divers mécanismes de remise en suspension [7].

III.5.2 Ecoulement tangentiel :

Dans ce mode de mise en oeuvre, il y a deux écoulements : un écoulement à travers la membrane qui est perpendiculaire à la surface de la membrane comme en écoulement frontal et un écoulement tangentiel à la surface de la membrane (**Figure III.5.2**). Dans ce mode de mise en oeuvre, il y a donc nécessairement une entrée (l'alimentation) et deux sorties (le perméat et le courant qui correspond à l'eau qui n'est pas passée à travers la membrane et qui est appelé concentré ou retentât). Ce mode de mise en oeuvre amène aussi à définir des canaux d'écoulement tangentiel comme étant les espaces entre les membranes (ou entre une membrane et une paroi non poreuse) où le courant d'alimentation s'écoule parallèlement à la surface des membranes et se concentre d'amont en aval en substances retenues par les membranes. Ce type de mise en oeuvre est utilisé aussi bien à grande échelle (industrielle) qu'à l'échelle laboratoire. Dans ce dernier cas, il faut noter que cela oblige à utiliser des volumes plus grands que dans le cas de l'écoulement frontal.

Le principal avantage de l'écoulement tangentiel, par rapport à l'écoulement frontal, est le fait que le mouvement tangentiel de l'alimentation balaie la surface de la membrane. Ce balayage accélère la remise en suspension des particules déposées ou accumulées à proximité de la membrane.

Cela accélère aussi le transport des solutés, qui tendent à s'accumuler à la surface de la membrane, vers le coeur de l'écoulement [7].

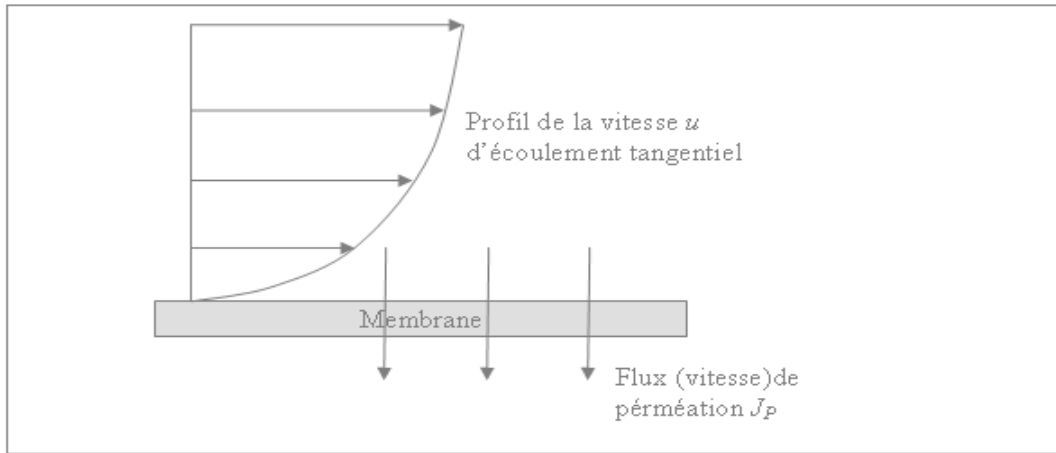


Figure (III.5): Écoulement tangential [7].

Il est possible de définir un débit volumétrique et une vitesse d'écoulement tangential.

Plus la vitesse d'écoulement tangential est élevée, plus les effets mentionnés ci avant (rétrotransport vers le cœur de l'écoulement) sont accentués, et par conséquent, plus le colmatage peut être réduit d'une façon significative. C'est à cause de cela que l'écoulement tangential est très répandu dans les applications industrielles.

Remarquons aussi que l'écoulement frontal peut être considéré comme un cas limite de l'écoulement tangential, où la vitesse d'écoulement tangential tend vers zéro [7].

III.6 Colmatage [8]:

Le colmatage, qu'il ne faut pas confondre avec la polarisation, se traduit pour des conditions expérimentales fixées (pH, température, concentration, débit d'alimentation...) par une décroissance régulière du flux limite en fonction du temps.

Ce phénomène, interprété par la formation de dépôts en surface ou à l'intérieur des pores de la membrane, se traduit par une augmentation de la résistance hydraulique du milieu et par une chute des performances.

Les origines du colmatage sont multiples et peuvent être attribuées :

- à des dépôts organiques: protéines, gels...
- à des développements de films bactériens.
- à des adsorptions sur le matériau membranaire.

Pour réduire au maximum les risques, plusieurs solutions ont été proposées :

- diminuer la pression d'utilisation.
- faire varier la température pour agir sur la solubilité des produits.
- augmenter la vitesse tangentielle.

Il est par ailleurs été remarqué que l'utilisation d'une membrane dont le rayon des pores est voisin de la taille de la macromolécule favorise, comme on peut s'y attendre, le colmatage [8].

♦Comment limiter le colmatage [10]:

Limiter le colmatage est actuellement un des grands axes de la recherche appliquée en techniques membranaires. Pour le colmatage de type adsorption, les solutions technologiques sont liées à la préparation des solutions à filtrer (comme par l'ajustement du pH), mais aussi par l'ajustement des propriétés de la membrane.

Outre l'augmentation de la vitesse de circulation tangentielle, pour limiter le développement de la couche de polarisation, plusieurs méthodes mécaniques existent: promoteurs de turbulence à la surface de la membrane, vibrations mécaniques, infrasons, etc. Par ailleurs, la création de vortex de Dean en faisant faire des torons à la membrane augmente de façon importante le transfert de matière. L'agitation par le biais de bulles d'air est aussi une possibilité pour limiter le colmatage.

Le développement de la couche limite et l'amélioration du transfert peuvent aussi être liés à la conception des membranes comme les membranes à gradient de porosité. Cette étude est axée sur le choix de conditions de filtration à flux faible limitant le colmatage. Ces conditions de filtration « douce » doivent limiter le recours à des opérations de décolmatage coûteuses écologiquement (augmentation des rejets) et économiquement (baisse de productivité). Cette voie de développement du procédé peut conduire à la définition de conditions « durables » de fonctionnement du procédé. Par ce point on insiste sur l'importance du flux critique qui permet de connaître dans quel régime la filtration fonctionne et de pouvoir gérer le colmatage en fonction des conditions de fonctionnement recherchées.

Pour limiter le colmatage, il est nécessaire de choisir des conditions opératoires adaptées à un couple donné fluide/membrane. L'anticipation du colmatage peut être améliorée en caractérisant expérimentalement (en filtration) un couple fluide membrane afin de palier les problèmes d'interactions physicochimiques entre ces deux derniers [10].

III.6.1 Facteurs réduisant le colmatage [9]:

Les performances des procédés membranaires sont souvent limitées par le phénomène de colmatage qui n'est malheureusement pas possible d'éviter totalement jusqu'à nos jours.

Néanmoins de nombreuses études ont permis de limiter ou de retarder son apparition. Elles interviennent sur la membrane, la solution et les conditions opératoires. Mathiasson et Sivik ainsi que Belfort et Altena ont réalisé de bonnes synthèses bibliographiques à ce sujet. Nous décrirons brièvement dans ce qui suit différentes méthodes défavorisant le colmatage.

III.6.1.1 Choix de la membrane :

En fonction du diamètre des matières en suspension ou des particules, on doit choisir un diamètre moyen de pores de membrane afin d'éviter une coïncidence des diamètres qui entraînerait une obstruction des pores. Le type de membrane à choisir tient compte de la nature de la solution à traiter dans le sens de la limitation des interactions possibles entre les deux.

III.6.1.2 Prétraitement de la solution d'alimentation :

La solution d'alimentation peut subir soit un prétraitement « physique » (préfiltration, floculation-coagulation, dilution...) soit un traitement « chimique » (variation du pH, de la force ionique, désinfection ...). Dans les deux cas l'objectif sera d'éliminer les causes du colmatage.

III.6.1.3 Choix des conditions opératoires :

Un fonctionnement prolongé à pression élevée entraîne un vieillissement de la membrane se traduisant par une diminution du flux de solvant au cours du temps. L'élévation de la pression transmembranaire est accompagnée d'une augmentation de la résistance hydraulique de l'encrassement. Il n'est donc pas souhaité de travailler à une pression supérieure à celle qui correspond au flux limite [9].

III.7 Méthode de nettoyage des membranes [14]:

Il y a différentes méthodes pour nettoyer les membranes, tels qu'un rinçage "vers l'avant", un rinçage "vers l'arrière" et un rinçage à l'air.

♦ Lorsqu'un rinçage "vers l'avant" (forward flush) est effectué, les membranes sont rincées avec l'eau d'alimentation ou le perméat, l'eau circulant dans le même sens que lors de la filtration. On utilise un débit plus rapide que lors de la phase de production, il y a de ce fait des turbulences et les particules qui sont absorbées sur les membranes sont libérées et rejetées. Les particules qui sont absorbées dans les pores des membranes ne sont pas éliminées, seul un rinçage "vers l'arrière" permet de les éliminer.

♦ Un rinçage "vers l'arrière" (backwash flush) s'effectue dans le sens inverse du procédé de filtration. Le perméat est envoyé sous pression du côté de l'alimentation du système, on utilise un débit deux fois supérieur à celui utilisé lors de la filtration. Si ce rinçage ne suffit pas il faut alors effectuer un nettoyage avec des produits chimiques.

♦ Lors d'un procédé de nettoyage chimique, les membranes sont trempées dans une solution d'eau de javel, de peroxyde d'hydrogène ou d'acide chlorhydrique. Les membranes trempent d'abord dans la solution pendant quelques minutes et ensuite on effectue un rinçage (vers l'avant ou vers l'arrière) ce qui permet de rincer les contaminants.

♦ Une nouvelle méthode de nettoyage est le rinçage à l'air (= rinçage air/eau) (air flush). Il s'agit d'un rinçage "vers l'avant" durant lequel de l'air est injecté dans le tuyau. Le fait d'utiliser de l'air (alors que la vitesse de l'eau reste la même) crée un système de nettoyage beaucoup plus turbulent.

Rinçage vers l'avant :

Lorsqu'on effectue un rinçage "vers l'avant" la membrane réalise temporairement une filtration "cross-flow" sans production de perméat.

Le but de ce rinçage est l'élimination des couches de contaminants qui se sont formées sur la membrane en créant des turbulences.

Il y a un gradient de pression hydraulique élevé lors de ce rinçage.

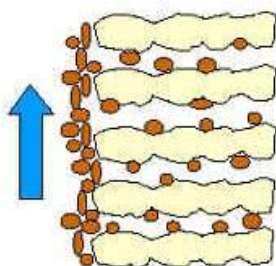


Figure (III.6): *Rinçage vers l'avant*

Rinçage vers l'arrière :

Lors de ce rinçage, les pores sont rincés de l'intérieur vers l'extérieur. La pression du côté perméat de la membrane est plus élevée que la pression dans la membrane, de ce fait les pores sont nettoyés. Ce rinçage est effectué sous une pression environ 2,5 fois supérieure à la pression de production.

On utilise toujours le perméat pour ce type de rinçage car le compartiment du perméat doit rester sans contamination (il n'est donc pas question d'utiliser un type d'eau non traité). Une conséquence de ce rinçage est une diminution du taux de recouvrement du procédé, par conséquent il doit prendre le moins de temps possible. Cependant il doit durer suffisamment longtemps pour passer entièrement au moins une fois le volume du module.

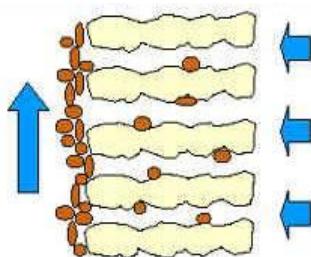


Figure (III.7): *Rinçage vers l'arrière*

Rinçage air ou Air/eau :

Le procédé de rinçage à l'air, développé par Nuon en coopération avec DHV et X-flox, a montré qu'il était très utile pour éliminer efficacement les contaminants de la membrane. Utiliser l'air signifie rincer les membranes avec un mélange d'air et d'eau. De l'air est ajouté au rinçage "vers l'avant", provoquant la formation de bulle d'air,

ce qui entraîne une turbulence plus importante. Et de ce fait les contaminants sont éliminés de la membrane.

L'avantage de ce procédé sur le rinçage "vers l'avant" est qu'il utilise une capacité de pompage plus petite lors du nettoyage.

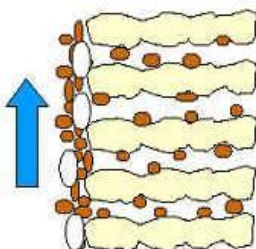


Figure (III.5): Rinçage air ou Air/eau

Nettoyage chimique :

Lorsque les méthodes de nettoyage mentionnées ci-dessus ne sont pas assez efficaces pour réduire le débit (d'alimentation) à un niveau acceptable, il est nécessaire de nettoyer les membranes chimiquement.

Lors de ce procédé on ajoute des produits chimiques, tels que l'acide chlorhydrique (HCl) et l'acide nitrique (HNO_3), ou des agents de désinfection, tel que peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), au perméat lors du rinçage " vers l'arrière ". Dès que tout est rempli avec le perméat, il faut laisser tremper avec les produits chimiques, le module est ensuite rincé et la production peut reprendre.

On combine souvent les méthodes de nettoyage, par exemple on peut utiliser un rinçage "vers l'arrière", pour éliminer les contaminants des pores, suivi par un rinçage " vers l'avant " ou avec de l'air. La stratégie utilisée dépend de beaucoup de facteurs. Dans la pratique la méthode qui convient le mieux est déterminé par des essais. [14]

III.8 Comparaison entre les techniques classiques et membranaires :

La tableau (III.3) suivant présente la comparaison entre les techniques classiques et membranaires:

Les techniques membranaires	Les techniques classiques
*L'investissement est très faibles * Le système est très simple et l'installation est plus petite * Les bactéries sont enlevées de l'eau et pas seulement inactivées * Le système est propre et n'a pas d'effet négatif sur l'environnement * La microfiltration donne une bonne qualité d'eau goût et odeur nul	* Le système est très compliqué et l'installation est très grande * Une l'usage utilisation des produits chimiques (sont des méthodes physico-chimiques) * La qualité d'eau produite est indésirable(mauvais goût causé par la matière organique) * Les bactéries ne sont pas enlevées mais inactivées par l'eau

Conclusion générale :

D'après notre étude bibliographique, les nouvelles filière de production d'eau potable par microfiltration (MF), l'ultrafiltration (UF) et la nanofiltration (NF), l'osmose inverse (OI), tendent à remplacer les procédés classiques (coagulation , floculation, décantation, filtration sur sable, désinfection), cela présentent ces inconvénients: bous toxiques difficiles à gérer, réaction secondaires: l'interaction matière organique-chlore confère à l'eau de mauvais gouts qui peut nuire à l'état de santé des consommateurs voir cancérigène, consommation des reactifs

L'avantage principale des techniques membranaires c'est le traitement des eaux sans utilisation d'aucun produit chimique , donc ces techniques donnent des resultats très positifs (qualité de l'eau et de debit), mais Le principal obstacle dans leurs application reste le colmatage des membranes.

Références Bibliographiques

[1] : A.KATTAB.

« Traitement des eaux ». Ben-Aknoun 1992

[2]: C.CHEZE

« Les traitements de leau ». professeur des Universités Ancien Directeur d'Ecole d'ingénieurs et d'IUT Dans les ateliers de Normandie Roto Impression s.a.s. 61250Lonrai

[3]: A.KHADIDJA

« production d'eau potable par les techniques classiques ». Centre universitaire D'El-oued 2008/2009

[4]: Gestion de l'eau dans le processus de préparation et la vente des aliments de rue

05 /01/2012 / 12:34

[5]: A.Khalid

F.S.T.Tanger-B.P: 416-Tanger-Email: azaar@fstt.ac.ma 05/15/2012 18:04

[6]: N.AMEL

« Elaboration d'une membrane de filtration d'eau à base de polyéthylène basse densité et de gypse de Bouzgaïa ». Chlef 2008/2009 page: (14)

[7]: A.P.TAMAS

« Étud comparée du colmatage en nanofiltration et en ultrafiltration d'eau de surface ». Université Laval dans Octobre 2004 page: (18-19-20-21)

[8]: M.CHIKHI

« Etude de la complexation des cations métalliques en vue de leur séparation par un procédé membranaire ». Université Mentouri Constantine Le 08/07/2008 page: (43)

[9]: C.K.DIAWARA

« Contribution à l'étude de la rétention du fluore et de métaux lourds en solution par des procédés membranaires de nanofiltration et d'ultrafiltration. Application à des eaux de boisson de France et du Sénégal et à des solutions de métaux lourds ». Université Cheikhanta Diop de Dakar. Le 10 janvier 2004 page: (32-33)

[10]: B.ESPINASSE

« Approche theorique et experimentale de la filtration tangentielle de colloides : Flux cretique et colmatage ». Le 15 décembre 2003 à Toulouse page: (31)

[11]: M.BONNELLY

« Étude pilote d'affinage par nanofiltration pour la production d'eau potable ». l'Université Laval Juillet 2005 page: (20-21-22)

[12]: Y.BESSIERE

« Filtration frontale sur membrane : Mise en evidence du volume filtre critique pour l'anticipation et le controle du colmatage ». L'université Paul Sabatier 27/10/2005 page: (20)

[13]: J.M.BERLAND et C.JUERY

« Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau ». Document technique fndae n°14 Décembre 2002 page: (10)

[14]: <http://www.lenntech.fr/membrane-nettoyage.htm> 25 mai 2012 14:30

[15]: A.DABEE

« Les techniques membranaires a gradient de pression ». Département Industrie et Agriculture 16/06/2006 page: (5)

[16]: copyright TECHNO-MEMBRANES juiett 2004 page :(1)

[17]: N.WEHBE

« Denitrification de l'eau potable en reacteur catalytique membranaire et photocatalytique ». L'université de LYON Le 23 octobre 2008, devant le jury page :(33)

Résumé:

les inconvénient des techniques classiques de traitement des eaux ont aide à la découverte nouvelles techniques qui ont reconnu un développement considerable surtout ces temps.

Dans notre sujet, nous viserons pour une étude comparative entre les techniques classiques et techniques membranaires en traitement de l'eau. Parmi les caractéristiques des techniques classiques (coagulation, floculation, decantation, filtration sur sable, désinfection) Un inconvénient des techniques classiques comme l'utilisation de réactifs chimiques.

Mots clés: traitement des eaux, eau potable, coagulation et floculation, techniques membranaires, techniques classiques.

ملخص:

إن سلبيات التقنيات الكلاسيكية لمعالجة المياه ساعدت على إكتشاف التقنيات الحديثة والتي شهدت تطورا كبيرا في الآونة الأخيرة.

في موضوعنا، سوف نسعى للحصول على دراسة مقارنة بين التقنيات التقليدية وتقنيات الأغشية في معالجة المياه . من بين خصائص التقنيات التقليدية (تجلط، التلبد، والترشيح بالرمل، والتطهير) ومن مساوئ التقنيات التقليدية يكمن في استخدام المتفاعلات الكيميائية.

مفاتيح الكلمات: معالجة المياه, ماء صالح للشرب, التجايط, التلبد , التقنيات الغشائية , التقنيات الكلاسيكية