

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



700



Mémoire de Mastère

Présenté à l'Université de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : Génie Civil Et Hydraulique

Spécialité : Hydraulique

Option : Hydraulique Et Technique Des Eaux

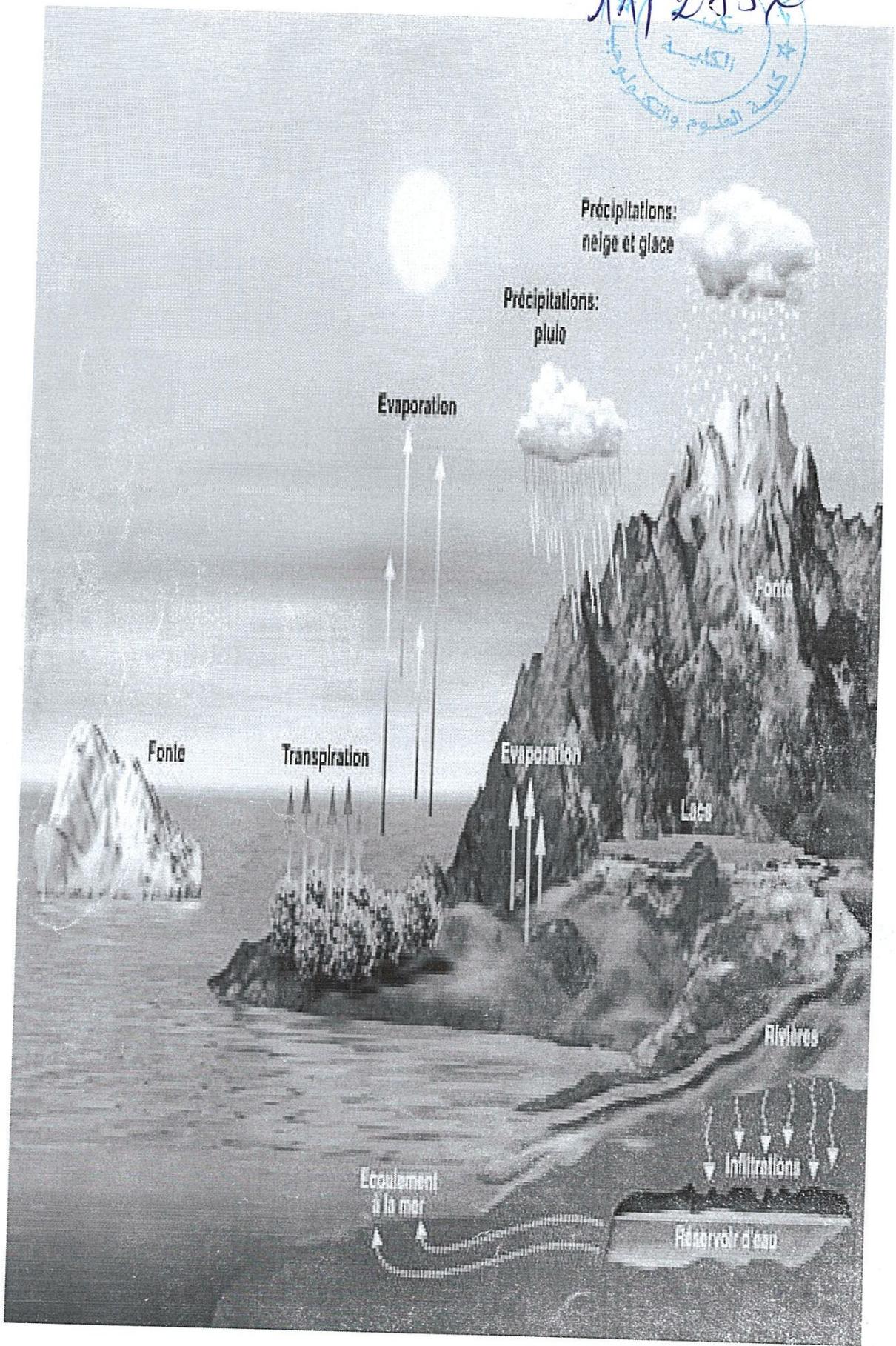
PRESENTE PAR : KADJOUH SAMIA

TRAITEMENT DES EAUX PAR PROCEDE D'ULTRAFILTRATION (CONSERVERIE AMOR BEN AMOR EL FEDJOU DJ –GUELMA-)

Sous la direction de: M^{me}. BOUREGBI NASSIMA

Juin 2011

11/2756
الكلية
العلوم والتكنولوجيا



SOMMAIRE

Page

Chapitre 1	Généralités sur les eaux potables	
	Introduction	
1.1	Objectif du Traitement	1
1.1.a	La connaissance de l'eau à Traiter	1
1.1.b	La définition des objectifs exacts du traitement	1
1.2	Paramètres nécessitant un traitement	1
1.3	Qualités générales des eaux issues de divers sources d'approvisionnement	3
A)	Les eaux de pluie	4
B)	Eaux de surface	4
b1)	Eaux de rivière (Pluie -amont	4
b2)	Eaux de rivière (pluie aval	4
b3)	Eaux de lac	5
C)	Eaux souterraines	6
D)	Les eaux de mer	7
1.4	Etapes Générale de traitement	8
1.4.1	Introduction	8
	Première étape : Prétraitement	8
a)	Le dégrillage	8
b)	Le dessablage	8
c)	Le débouage	8
d)	Le tamissage	8
e)	Le Pré oxydation	9
f)	La micro tamissage	9
	Deuxième étape : Le traitement secondaire	9
a)	La coagulation	9
b)	La floculation	10
c)	La décantation	11
	Troisième étape : Traitement tertiaire	11
	Les filtrations	11
1.5	Paramètres de contrôle	12
a)	La température	12
b)	Le Ph	12
c)	Conductivité	12
d)	TA	13
e)	TAC	13
f)	TM	13
g)) eau de javel	13



h) La turbidité	13
i) Dureté	13
j) Chlorure	14
k) Chlorure libre	14
l) Le fer	14

CHAPITRE 2

2.1 : Chaîne de Potabilité de l'eau de l'usine de BENAMOR	15
2.1 : Première étape	17
Autonettoyant	17
2.2 : Deuxième étape	18
Coagulation –Floculation - décantation	18
2.3 : Troisième étape	20
La filtration sur sable- la désinfection – l'ozonation	20
2.4 : Ultrafiltration	21
Dosage des produits chimiques pour	22
2.4.1 le lavage en courant CEB	
Dosage des produits chimiques	23
2.4.2 manuels	
Caractéristiques qui identifient les	25
2.4.3 équipements d'ultrafiltration	
2.4.4 Fonctionnement du système	28
2.5 : Anomalie de fonctionnement –entretien	28
2.5.1 :Entretien des vannes pneumatiques	29
2.5.2 Alarmes	30
2.6 : Déférisateur	30
2.6.1 Fonctionnement du système	30
2.7 : La nano filtration	31
2.7.1 La chloration	32
2.8 : Qualité demandée de l'eau	32
A) Paramètres organoleptiques	32
B) Paramètres physico chimiques	33
C) Paramètres indésirables	34
D) Paramètres Toxiques	34
E) Paramètres microbiologiques	34
2.9 : Paramètres principaux d'une eau potable	34
A) Paramètre organoleptiques	34
- Odeur	34
- Couleur	34
B) Paramètres physico chimiques	35
-Température	35
-pH	
Turbidité	

-conductivité

C) Paramètres chimiques	35
D) Paramètres indésirables	37
E) Eléments toxiques	38

CHAPITRE 3 : Aspect théorique de k'ultrafiltration

3.1 :Technologie membranaire	40
3.1.1 Système membranaire	40
3.1.2 Définition de la sélectivité	41
3.1.3 Définition de la perméabilité	42
3.2 : Mode de fonction des systèmes membrane en filtration	42
3.2.1 Filtration frontale	42
3.2.2 Filtration tengentiel	43
3.2.3 Membrane d'ultrafiltration	44
3.3 : Structure de membranes	44
3.3.1 Structure de membrane	44
3.3.2 Grandeurs caractéristiques des membranes	46
3.4 : En grasement et nettoyage des membranes	46
3.5 : Avantages et Inconvénients des différents techniques à membranes	48
3.5.1 Avantages des techniques des membranes	52

CHAPITRE 4 : Etude de rendement de l'ultrafiltration

Tableaux d'analyse	
Tableau de contrôle ultrafiltration	

Annexe
Conclusion
Bibliographie

RESUME :

L'ultrafiltration peut être définie comme un procédé de séparation en phase liquide par perméation à travers de membrane perméable sous l'action d'un gradient de pression

Donc l'ultrafiltration est un procédé de filtration à l'échelle moléculaire (10^{-1} - 10^{-3} μm)

Pour mieux comprendre ce procédé on a étudié le cas d'un système d'ultrafiltration qui existe à la chaîne de traitement des eaux de la conserverie Amor ben Amor El fedjouje Guelma.

Pour atteindre notre objectif on a étudié la chaîne de traitement de la conserverie ainsi les différentes théories des membranes d'ultrafiltration

Remerciement

Au terme de ce mémoire , nous tenons à
Exprimer nos remerciements et nître profonde gratitude avant tout au
bon Dieu qui nous a donné le courage et la force pour mener bien ce
modeste travail.

&

Nous tenons aussi à remercier notre encadreur
Mme BOUREGBI Nassima

&

Aux personnels de la station de traitement de l'usine Amor Benamor
(CAB) et surtout :
Safia, Fouad , Chouaib

Ainsi que le personnel du département de génie civil du centre
universitaire 08 Mai 1945 de Guelma et surtout les professeurs
surtout Monsieur Mansouri, Benyghla, Mme Bab, Khrouf, Maizi,
Toumi , Nouar

Et finalement, nous remercions
Respectueusement toutes les personnes qui nous ont apporté aide et
conseil pour la réalisation de ce travail.

Merci à Toutes et à Tous

Samia

Dédicace

*J*e dédie ce travail à :

- Mes parents qui m'ont élevée et soutenue tout le long
De ma vie et de mon parcours universitaire
Ma mère qui m'a bien élevée et encouragé
Mon père qui m'a soutenu moralement et financièrement
Je dédie ce travail à :

A mes frères et sœurs ,

Zina et son mari Ali et son adorable fils « Zaki »
Ouahiba et son mari Nouredine et leurs enfants
Houda , nadhir
Et surtout Abla , qui m'a donné tout son appui
A mon frère Sebti et sa femme et son fils Riadh
Ilaithem , salsabil

&

& mes amies de l'Institut

Ma chère et intime de tous les jours
« Nsaib Radia »

A mes amies

Hala, Fouzia, Soumia, Nabila, Yamina, Khaled Sissaoui et Khaled
Habchi, Ouahid

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Dans tous les cas, l'eau mise à disposition de consommateur dans le réseau de distribution doit être traitée même si l'homme n'en consomme directement qu'une très faible proportion. Il est en effet dangereux pour la santé et économiquement prohibitif d'envisager un double réseau de distribution, l'un des réseaux distribuant l'eau destinée à la consommation et l'autre réseau distribuant l'eau destinée aux autres usages.

Quel que soit l'usage qu'en fera le consommateur, l'eau arrivant au robinet de ce consommateur doit donc être « potable », c'est-à-dire répondre à la réglementation de la qualité de l'eau potable.

Il est nécessaire de traiter l'eau chaque fois que l'un des paramètres analytiques est supérieure aux normes en vigueur dans le pays considéré. L'O.M.S (Organisation Mondiale de la Santé) établit pour chaque paramètre des recommandations qui doivent être adaptées dans chaque pays, en fonction de l'état sanitaire et des considérations économiques de ce pays pour aboutir aux normes réglementaires nationales.

Chapitre 1 : Généralités sur les eaux potables

1.1 : Objectif de Traitement :

Pour finir l'objectif d'un traitement, deux paramètres s'imposent :

a) La connaissance de l'eau à traiter :

- Analyses complète sur échantillons représentatifs.
- Méthodes d'analyses
- Méthodes de prélèvement
- Variations annuelles de caractéristique de l'eau à traiter avec la connaissance des maxima et minima.
- Eventuellement les prévisions de changement de qualité d'eau (ex : usine , barrage exposé à une pollution).

b) La définition des objectifs exactes du traitement :

Ceux-ci peuvent être réparties en trois groupes :

- La santé publique qui implique que l'eau distribuée ne doit apporter aux consommateur ni substances toxiques (organiques ou minérales), ni organisme pathogènes. Elles doit donc répondre aux normes physico-chimique et bactériologique.
- L'agrément du consommateur, qui est différent du premier point car une eau peut être agréable à boire tout en étant dangereuse (source polluée,...), il s'agit des qualités organoleptiques , c'est-à-dire ce qui est perçu par le sens olfactifs de l'homme à savoir : la couleur, l'odeur et le goût .
- La protection réseau de distribution et aussi des installations des usagers (robinetterie, chauffe eau) contre l'entartrage et /ou la corrosion .

Dans tous les pays , ces objectifs se traduisent par une réglementation officielle.

Cette réglementation est en fonction de critères de santé publique, du degré de développement du pays considéré et de la technologie.

1.2- Paramètres nécessitant un traitement :

Nous noterons que ces paramètres sont forts différents suivant l'origine de l'eau brute.

L'eau brut pouvant être superficielle (rivière, lac, barrage, étang / ou souterraine , source, nappe alluviale, nappe phréatique).

Tableau (1.1) Principales différences entre les eaux de surface et l'eau souterraine(1)

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux Souterraines
* Température	* Variable suivant saison	* Relativement constante
* Turbidité MES (Vraies en colloïdales)	* Variable parfois élevée	* Faible ou nulle (sauf en terrain Karstique).
* Couleur	* Liée surtout aux MES (argiles, algues) sauf dans les eaux très douces et acides (acides	* Liée surtout aux matières en solution (acide humiques par exemple).
* Minéralisation	-Variable en fonction des	Sensiblement constante en

Globale	terrains , des précipitations des rejets.	général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
* Fe et Min divalents (à l'état dissous)	Généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'entrapphisation	Généralement présent
* CO ₂ agressif	Généralement absent ,	Souvent présent en grande quantité
* Q ₂ Dissous	* Le plus souvent au voisinage de la saturation . Absent dans le cas d'eaux très polluées	Absent la plupart du temps.
* Hs	* Généralement absent	* Souvent présent
* NH ₄	* Présent seulement dans les eaux polluées	* Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
* Nitres	* Peu abondantes en général	* Teneur parfois élevée
* Silice	* Teneur en général modéré	* Teneur souvent élevé
* Micropolluants Minéraux et organiques	* Présent dans les eaux de pays développés mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	* Généralement absentes, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps.
* Eléments vivants	* Bactéries (dont certaines pathogènes) , virus, plancton (animal et végétal).	* Ferro bactéries fréquentes
Solvants chlores Caractères eutrophies	Rarement présents. Accentué par les températures élevées	Souvent présents Non

-3-

Du fait de cette différence, il est évident qu'il découle une diversité dans les chaînes de traitement.

Les eaux de surface sont plus chargées de matières en suspension que les eaux souterraines, ainsi que des matières colloïdales, plancton animal les principaux paramètres pour le choix de la filière de traitement sont surtout la couleur, la turbidité , la nature et le poids des M.E.S. Le nombre de coliformes totaux de streptocoques fécaux, d'Escherichia (loi et la présence ou l'absence de Solmonella.)

Les eaux souterraines sont souvent considérées comme des eaux naturellement pures ce qui est une erreur, car souvent, elles contiennent du fer , manganèse, ammoniacque et matières organiques sans parler de la présence teneur excessive en fluor , nitrate teneur en CO₂ , agressif , dureté élevé , manque d'O₂ dissous et présence de goûts et/ou d'odeurs.

1-3 Qualités générales des eaux issues de divers sources d'approvisionnement

On retrouve quatre sources principales d'eaux brute ; les eaux de pluie , les eaux de surface , les eaux souterraines et les eaux de mer. Les caractéristiques générales de chacune de ce sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnement.

A/ Les Eaux de Pluie :

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous, comme les sels de magnésium et de calcium ; elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées , les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques la distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau (Gibraltar constitue à cet égard un cas isolé).

B/ Eaux de surface :

On peut répartir les eaux de surface en trois catégories : Eaux de rivière (partie amont) , eaux de rivière (partie aval) et eaux de lac. La dureté de toutes les eaux de surface est modérée.

B.1) Eaux de rivière (Partie amont)

L'amont d'une rivière est en général situé dans une région montagneuse, où la densité de pollution est faible et les industries pratiquement inexistantes. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- a) Turbidité élevée : le régime des rivières étant torrentiel, les eaux portent de grande quantités de matières en suspension.
- b) Contamination bactérienne : La pollution causée par l'homme ou l'industrialisation y est pratiquement inexistante.
- c) Température froide : Ces eaux proviennent soit des sources, soit de la fonte des neiges et des glaciers.
- d) Indice de couleur faible : Ces eaux n'ont pas eu le temps de dissoudre des matières végétales, principales sources de couleur.

B.2) Eaux de rivière (Partie aval)

L'aval d'une rivière est en général situé dans une région où la population est dense , l'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses.

Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- a) Contamination bactérienne élevée : Cette contamination est surtout imputable au déversement des égouts domestiques et agricoles.
- b) Contamination organique et inorganique élevée : les eaux usées, domestiques, agricoles et industrielles contiennent de grandes quantités de matières organiques et inorganiques.
- c) Indice de couleur pouvant être élevé. Dans beaucoup de cas, les eaux ont eu le temps de dissoudre des matières végétales qui les

colorent. Signalons que le débit et la quantité des eaux de rivière (amont et aval) peuvent varier en peu de temps. C'est pourquoi, les usines de purification doivent être suffisamment complexes pour réagir rapidement à toutes modifications des caractéristiques des eaux de rivière.

B.3) Eaux de Lac

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation, dont la période de rétention est longue. La turbidité de l'eau y est donc faible et la contamination bactérienne habituellement peu importante. Les caractéristiques des eaux de lac varient très lentement au cours de l'année, à l'exception de deux courtes périodes : au printemps et à l'automne. Durant ces périodes, la différence de températures entre les eaux de surface et les eaux profondes peuvent provoquer un renversement des eaux du lac et en augmentant ainsi brusquement la turbidité. On peut expliquer le renversement d'un lac de la façon suivante :

- En été, à la surface d'un lac, les couches d'eau exposées au rayonnement solaire et à l'atmosphère se réchauffent rapidement. Par contre, au fond d'un lac profond, l'eau se réchauffe beaucoup plus lentement. La figure 1.1 donne l'exemple de la variation de la température des eaux d'un lac en fonction de la profondeur.

C/ Eaux souterraines :

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps, les usines de purification n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusques et importantes de la qualité de l'eau brut. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont présentées ci-dessous.

- a) Turbidité faible : les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.
- b) Contamination bactérienne faible, le très long séjour dans le sol, la filtration naturelle et l'absence de matières organiques ne favorisent pas la croissance des bactéries.
- c) Température constante : les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère.
- d) Indice de couleur faible : les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales, sources de couleur.
- e) Débit constant : contrairement à celles des eaux de rivière, la qualité et la quantité des eaux souterraines demeurent constantes durant toute l'année.
- f) Dureté : souvent élevée. Les eaux peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents (Mg^{2+} , Ca^{2+} , etc) responsables de la dureté.
- g) Concentration élevée de fer et manganèse. Ces métaux souvent présents dans le sol sont facilement dissoutes lorsque l'eau ne contient pas d'oxygène dissous.

D/ Eaux de mer :

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on utilise que lorsque il n' y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous ; C'est ce qu'on appelle leur salinité. La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33 000 à 37 000 mg/L. Les données du tableau 1.1 révèlent que la salinité de l'eau n'est pas la même dans toutes les mers. Les salinités indiquées ici constituent des valeurs moyennes pour l'ensemble de chaque mer ou océans. En effet, les eaux situées près de l'embouchure de fleuves importants ont habituellement une salinité plus faible.

Le tableau 1.2 présente les concentrations des principaux ions qu'on retrouve dans une eau de mer. Ces quantités valables pour une eau dont la salinité est de 34 500 mg/l, peuvent être considérées comme les teneurs moyennes des océans.

Tableau 1.2 ; Salinité des principaux eaux de mer

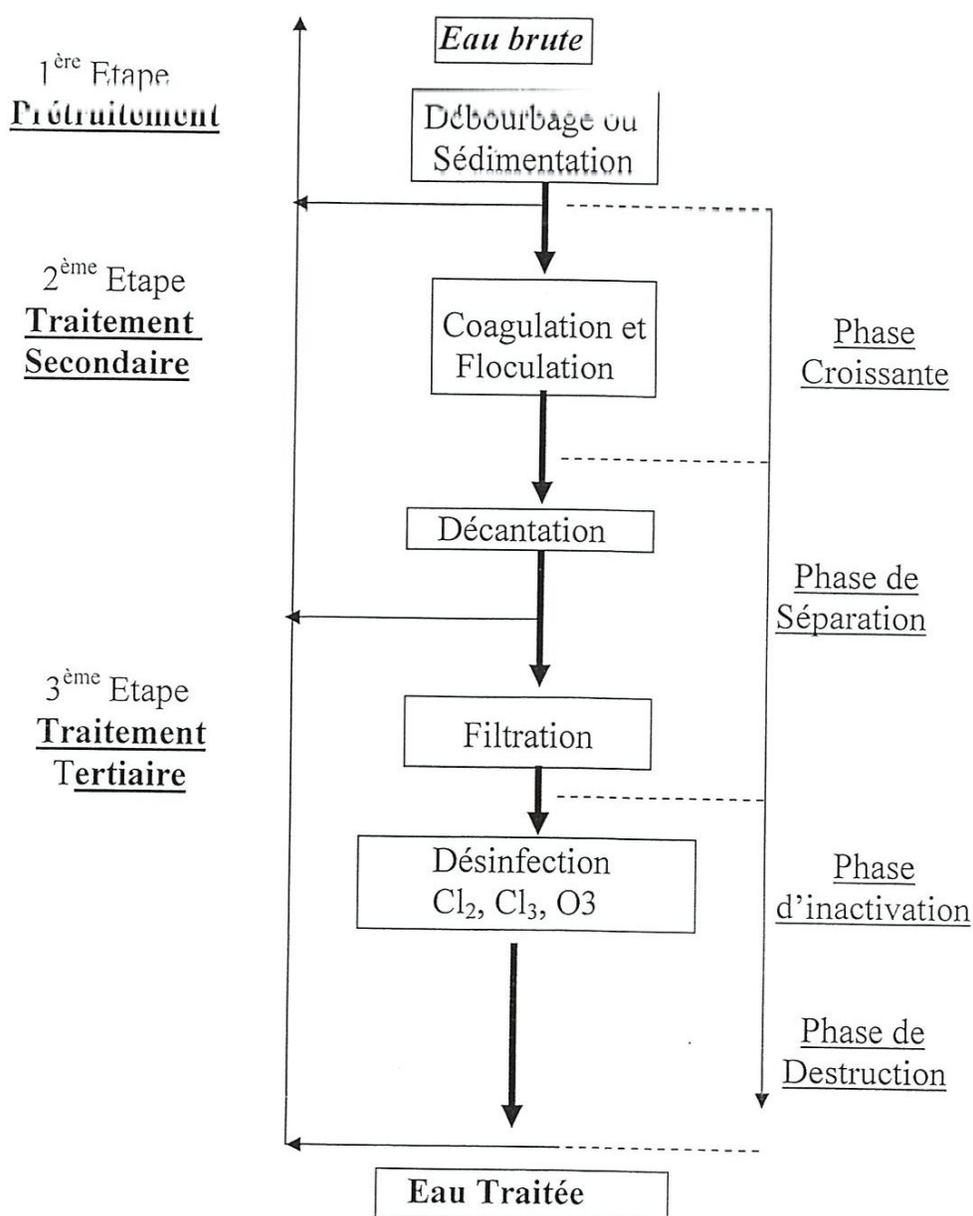
Mer ou Océan	Concentration (Mg / l)
• Mer Rouge	• 43 000
• Golfe Arabe	• 43 000
• Mer méditerranée	• 39 400
• Océan Atlantique	• 36 000
• Océan Indien	• 33 800
• Océan Pacifique	• 33 000
• Mer Adriatique	• 25 000
• Mer Noire	• 13 000
• Mer Baltique	• 7 000

1.4 : ETAPES GENERALES DE TRAITEMENT

1.4.1. Introduction :

En recourant en traitement des eaux , on vise la production d'une eau potable à partir d'une eau brute plus ou moins polluée. Pour ce faire , on soumet cette eau brut à diverses étapes de traitement réalisées dans plusieurs unités de l'usine de traitement des eaux.

Fig 1.1: Représentation schématique de la chaîne de traitement



- **Les différents coagulants**

Il y a plusieurs coagulants :

- Le sulfate d'aluminium
- Les polychlorures basiques d'aluminium
- Le poly chlorisulfate basique d'aluminium
- Le chlorure ferrique
- Le sulfate ferreux

Tableaux 1.3 : Différents Coagulants

Nom du Coagulant	Formes disponibles	Aspects	Densité	Taux de Traitement usuel	Gramme de Ph d'utilisation
Sulfate Aluminium	Concassé noisette Poudre liquide	Blanchâtre	1,45	10 à 150 g/m ³	5,75 ph 7,5
Poly chlorure Basique Aluminium PcBA	Liquide	Blanchâtre		10 à 100 g / m ³	Etendu
Poly chlorsulfates Basique Aluminium	Liquide	Blanchâtre	1,16	10 à 100 g / m ³	6 ph 9
Chlorure ferrique	Cristallisé Liquide	Brun	1,45	5 à 100 g / m ³	5 ph 8,5
Chlorsulfate ferrique	Solution	Brun rouge	1,50	5 à 100 g / m ³	5 ph 8,5
Sulfate ferrique	Poudre Liquide	Blanche Rouge Brun	1	10 à 100 g / m ³	5 ph 8,5
Sulfate ferreux	Poudre	Cristalline Vert Clair	0,9	10 à 40 g / m ³	Utilisé par eau diluant ph > 7,8

b) Flocculation

Définition : L'agglomération est a précipitation des particules colloïdales en suspension dans l'eau préalablement coagulées. Cette agglomération est facilitée par l'addition à l'eau d'adjuvants ou flocculants.

Son objectif est de compléter la phase de coagulation et vise à assurer une plus grande cohésion du floc et une meilleure vitesse de sédimentation ce qui permet d'utiliser au maximum la capacité des décanteurs .

- **Flocculent :** Produit minéral ou organique destiné à favoriser la flocculation des matières préalablement coagulées. Présentes dans une eau à traiter. On distingue des flocculants minéraux (silice activée, ...) organiques et d'origine naturelle alignates , synthétiques polyélectrolytes .

Synonymes = adjuvant de flocculation

- **Floc :** Suspension dans l'eau ensemble de particules Gélatineuses formées par l'action de coagulants et/ou de flocculants.

- **Différents flocculants :** Il existe plusieurs types de flocculants :

- Flocculants minérales comme la silice activée
- Flocculants organique naturels comme l'alginate et l'amidon

- Floculants organique de synthèse non ionique et anioniques.

Tableau 1.4 : Différents floculants

Nom du Floculant	Formes Disponibles	Origine	Taux de Traitement usuel
Floculant minéral La silice activée	Liquide se prépare Sur l'installation	Neutralisation d'une solution de silicate de soude par un acide Acide sulfurique Sulfate d'Aluminium Chlore Dioryde de carbone	0,2 à 1 g /m ³
Floculants organiques naturels L'alginat	Poudre	Extrait d'algue	0,2 à 1g/m ³
L'amidon	Poudre	Pomme de terre extrait de graisse végétales	0,2 à 1 g/m ³
Floculants organiques de Synthèse	Solution – Poudre Emulsion	Ils sont fabriqués au Laboratoire à partir de Polyacrilamides fabriqués à partir d'acrylate et acrylamides	0,02 à 0,5 g/m ³

c) Décantation :

La décantation est la méthode de séparation la plus fréquente des MES et des colloïdes (rassemblés sous forme de floc après une étape de coagulation – floculation).

La décantation procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en général des particules de floc en des particules résultant de la précipitation qu'a lieu lors des traitements d'adoucissement ou d'élimination du fer et du manganèse. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement. L'eau clarifiée, située près de la surface est dirigée vers l'unité de filtration.

Troisième Etape

* La filtration :

La filtration est un procédé de séparation qui utilise le passage d'un mélange solide - liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui retient les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat)

- Les étapes de Filtration

a) Filtration lente : Où la vitesse , quand on commence à

construire ces filtres ne dépassait pas 0,10 m/h, soit 2,40 m/j. Ces installations transformées modernisées, peuvent fonctionner à 10 m/g parfois plus en période de belle eau. Cependant, il est prudent de rester sauf circonstances particulièrement favorables aux environs de la vitesse de 7m/j.

b) Filtration rapide : Où la vitesse est supérieur à 3m/h soit 72 m/j. Les meilleurs installations firent appel uniquement à la filtration très lente (2,40 m/j) qui reproduit dans une certaine mesure celle qui s'opère naturellement à travers les terrains perméables en petit. On voyait dans ce traitement le moyen de clarifier les eaux et ainsi de les épurer bactériologiquement . En effet, en raison de la très faible vitesse de filtration, matières colloïdales et microbes se trouvaient arrêtés d'une manière très satisfaisante par la membrane biologique.

*** La désinfection :**

En fin de traitement, la désinfection permet l'élimination des micro-organismes pathogènes (bactéries et virus). On utilise pour cela soit un désinfectant chimique comme le chlore ou l'ozone, soit des rayonnements ultraviolets.

Il est important que ce traitement persiste tout au long du réseau afin qu'aucun germe ne puisse se développer dans les canalisations où l'eau peut séjourner plusieurs jours.

Enfin, si besoin est, la dureté et l'acidité de l'eau sont corrigées afin de protéger les canalisations de la corrosion ou de l'entratrage.

1.5 : Paramètre de contrôle :

Pour chaque type de traitement de désinfection , il est nécessaire de contrôler divers paramètres. Les paramètres contrôlés doivent permettre d'évaluer l'efficacité de la désinfection.

a) Température

Lorsqu'elle augmente, la prolifération microbologique s'accélère. Par ailleurs, la consommation en désinfection est plus importantes. Il est donc nécessaire d'être vigilant sur l'évolution de ce paramètre et d'ajuster les consignes de désinfectant en conséquence.

b) Le PH :

Le ph ou potentiel d'hydrogène doit être neutre (ph =7), selon qu'il soit supérieur ou inférieur à cette valeur , c'est-à-dire que l'eau étant basique ou acide confère des saveurs différentes à l'eau .

Les différents traitements pour rendre une eau potable exigent des normes précises de ph.

Généralement, les eaux naturelles ont un ph compris entre 6 et 8 et par conséquent elles sont favorables aux différents traitements.

c/ Conductivité :

La conductivité électrique est directement liée à la teneur en minéraux dissous,

son élévation entraîne souvent une salinité élevée. L'excès d'ions de calcium provoque l'entartrage des conduites. La conductivité ne doit pas dépasser 2000 us/cm (microiemens /cm).

d) TA (Titre alcalimétrique simple station) = mesure de la teneur d'une eau en alcalis (hydroxydes) et de la moitié de sa teneur en carbonates alcalins et alcalino-terreux, déterminée par addition de la quantité d'acide sulfurique nécessaire au virage de la phénophtaléine.

Le TA s'exprime en degrés français (°F). La notion équivalente allemande est le « p.wert » exprimé en degré allemands (° dh).

e) TAC : (Titre alcalimétrique complet) teneur d'une (ou hydrogène carbonates) alcalins et alcalino-terreux déterminée par addition de la quantité d'acide sulfurique nécessaire au virage du méhylorange (ou hélianthine).

Si le ph est inférieur à 8,2, le TA est nul et l'eau ne contient pratiquement que des bicarbonates. Il s'exprime en degré français (°F). La notion équivalente allemande est le « m.wert » exprimé en degré allemand (° dh).

TM (station ou unité de dureté de l'eau exprimé en degré français).

f) Dureté = (d'une eau) = teneur en calcium et magnésium s'opposant à la formation de masse avec le solvant et permettant le dépôt de sels insolubles et incrustants terts ou incrustation.

-Le titre hydrotimétrique TH (ou Th total, ou dureté totale) indique globalement la concentration en ions calcium C_a^{2+} et magnésium M_g^{2+}

-Le titre hydrotimétrique calcique (ou Th calcique, ou dureté calcique) exprimé la concentration en ions calcium C_a^{2+} .

-Le titre hydrotimétrique magnésium (ou Th magnésium, ou dureté magnésienne) exprimé la teneur en ions magnésium M_g^{2+}

-le titre hydrométrique s'exprime en degré français (°F)

-La dureté carbonatée indique la concentration en ions calcium et magnésium susceptibles de précipiter sous forme de carbonates. Elle est égale au TAC si le TM est supérieur au TAC ou égale au TM si le TM est inférieur au TAC.

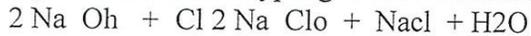
-La dureté temporaire (notion abandonnée au profit de la notion de dureté carbonatée), indique la concentration en calcium et magnésium qui précipite après ébullition prolongée.

-La dureté permanente indique la concentration en calcium et magnésium qui reste en solution après ébullition prolongée.

g) Eau de javel = Solution aqueuse d'hypochlorite de sodium ($NaClO$) utilisés en particulier pour la désinfection des eaux.

C'est un oxydant puissant. La concentration d'une eau de javel s'exprime en degrés chlorométriques ou degrés Gay-lussac = un degré chlormétrique correspond à 3,17 grammes de chlore libre par litre.

L'eau de javel est produite par électrolyse de chlorure de sodium. Cette réaction conduit à la formation de chlore gazeux et l'hydroxyde de sodium qui lui-même peut réagir avec le chlore pour donner de l'hypochlorite selon la formule :



L'eau de javel se décompose plus rapidement sous l'effet de la chaleur et par conséquent davantage en été qu'en hiver.

Lorsque sa concentration en chlore est importante, l'hypochlorite se décompose alors en chlorate, chlorure et oxygène perdant ainsi son effet désinfectant.

h) ' **chlore libre**

-Chlore résiduel libre = Chlore demeurant dans l'eau à la fin d'une période de contact déterminée et qui seut réagir chimiquement et biologiquement comme acide ng pockloreux ou ion hypachlorite.

-Chlore résiduel combiné, partie du chlore résiduel total dans l'eau à la fin d'une période de contact donnée qui réagit chimiquement et biologiquement en tant que chloramine.

-Chlore résiduel total = quantité totale de chlore libre ou combiné subsistant après le temps de réaction normal de l'eau à la chloration .

-Demande en chlore quantité de chlore pouvant être consommée par l'eau pour sa désinfection et pour la destruction des matières organiques. La demande pour une eau donnée varie avec la quantité de chlore ajoutée le temps de contact et la température.

- Chloration au point de remontée en chloration ou point critique :

Addition de chlore à l'eau jusqu'à ce que la demande de chlore soit satisfaite et que toute addition subséquente entraîne une teneur résiduel directement proportionnelle à la quantité ajouté au-delà du point de remontée.

i) **Chlorure**

La présence des chlorures dans l'eau peut avoir une origine . Les terrains traversés , les eaux de mer et l'activité humaine et industrielle en concentration excessive dans l'eau. Les chlorures rendent celle-ci corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes ; leur apparition brusque dans l'eau de consommation est indice de pollution. Les normes recommandent un maximum de 50 mg/l.

j) **le fer** : est l'un des éléments les plus abondants dans les sels ; on y retrouve donc plus fréquemment et en concentration plus élevée que le manganèse. Les concentrations de fer sont rarement supérieures à 10 mg/l et celles de manganèse à 2 mg/l.

CHAPITRE 2

CHAPITRE 2

2- Généralités :

La conserverie alimentaire AMOR BEN AMOR (CAB) sise à la commune de Bouati Mahmoud wilaya de Gelma a construit une annexe à la commune d'El fedjoudj qui sera alimenté en eau brut provenant de l'oued seybose par le biais du réseau d'irrigation des terres agricoles à lequel notre usine est connectée. Les eaux de l'Oued représentent généralement quatre aspects de pollution identifiés comme suit :

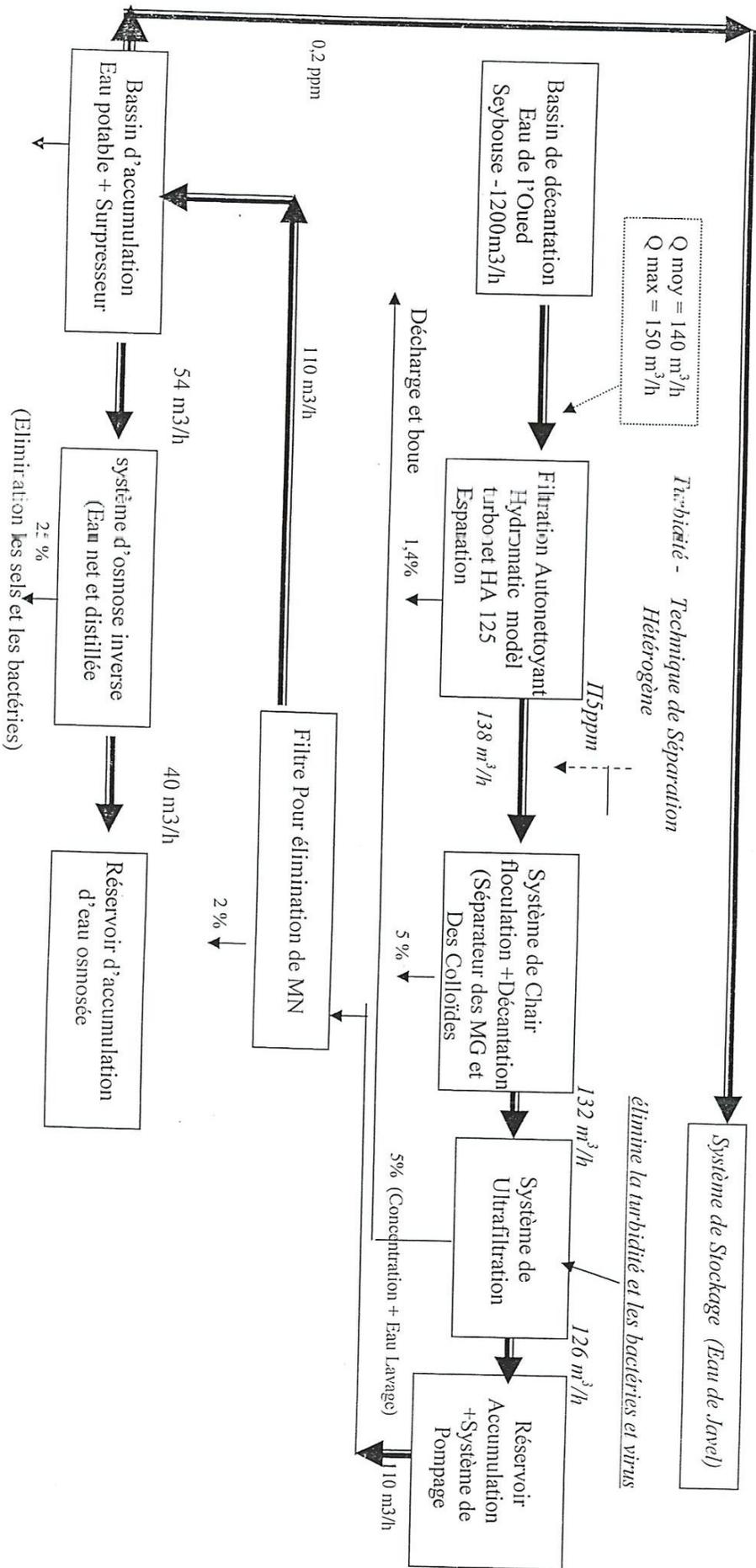
- Pollution domestique : Organique et chimiques
- Pollution industrielle : organiques et toxiques libérés par les industries
- Pollution agricole : Engrais, pesticides, etc...
- Pollution des eaux pluviales : impuretés, résidu des toits et chaussées

2.1 : Chaîne de potabilité de l'eau dans l'usine de BENAMOR :

De nombreux paramètres doivent être corrigés pour rendre l'eau potable. Les usines de traitement sont placées à proximité d'un point d'eau. Les médecins et les professionnels de l'eau ont élaboré un traitement biologique et physico-chimique. Le réseau de distribution est donc bien surveillé afin d'éviter la pollution et la contamination bactériennes. En effet, l'eau brute ne répond généralement pas aux normes de potabilité, contient souvent des produits indésirables tels que des particules en suspension ; des sels dissous ou des germes. Après lui avoir ôter ces substances, il faudra alors ajouter des réactifs pour que l'eau possède certaines qualités et respecte les normes en vigueur.

**REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE LA CHAÎNE D'EAU POTABLE
DE L'USINE BENAMOR - EL FEDJOUJ (Wilaya de Guelma)**

Etape de Traitement



2.1 : Première Etape :

* Autonettoyant :

L'autonettoyant est un système de filtration grossière composé de :

- Deux corps filtre et cartouche de soutien en acier inox AISI 304
- Brosses en polypropylène
- Degré de filtration 300 à 700 microns qui sert à éliminer les petites particules (boues)
- Alimentation électrique 12 VD.C
- Pression maximum d'exercice 10 Bars
- Le filtrage s'effectue en canalisant l'eau brute à travers l'élément filtrant depuis l'intérieur vers l'extérieur. Les manomètres positionnés à l'entrée et à la sortie du filtre permettent de vérifier si le fonctionnement est correcte . Au moment où on relève une différence de pression, il est nécessaire d'effectuer une régénération.

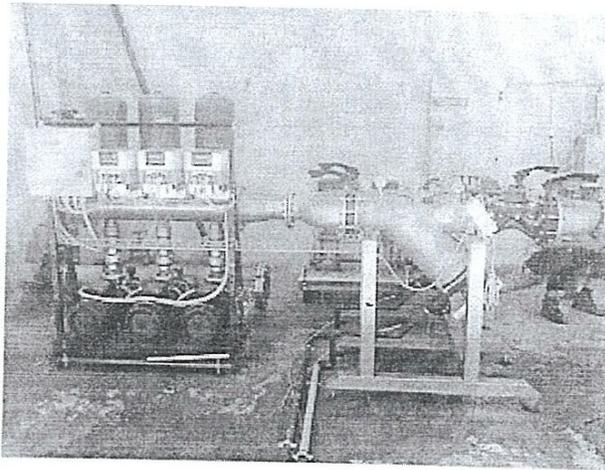


Fig 2.1 : Autonettoyant

Le système de régénération porte sur le contrôle différentiel de la pression entrée-sortie , cas où un différentiel de pression de 0,5 atm (on met en marche le cycle d'autonettoyant .

- 1) Fermeture totale de l'hydro vanne soutien pression laquelle en se fermant complètement portera la pression intérieure et extérieure du grillage filtrant à un équilibre parfait.
- 2) Evacuation sans recirculation des impuretés retenues par le grillage à l'aide d'hydro vanne de décharge qui moyennant un by- pass alimentera une turbine capable de conférer un mouvement circulatoire à une brosse se trouvant à l'intérieur du filtre.

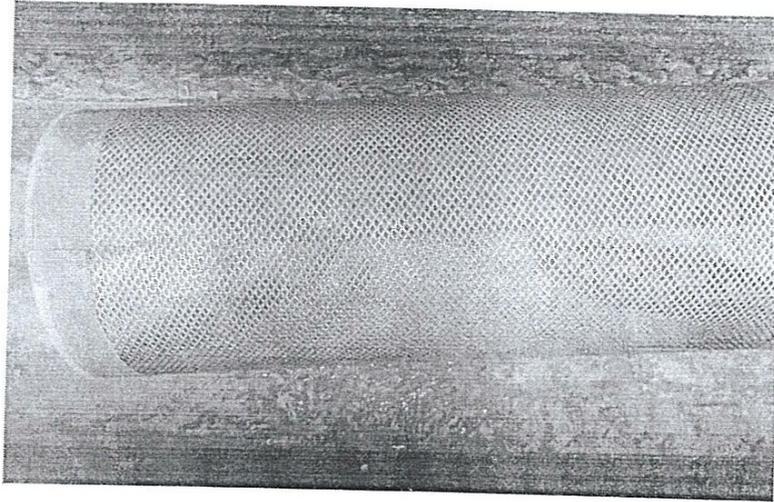


Fig 2.2 : Grillage interne de l'autonettoyant

Après avoir équilibré la pression à l'intérieur et à l'extérieur de la cartouche filtrante les parcelles de saleté n'adhèrent plus à la paroi du grillage et par effet du broissage et de la vitesse de l'eau en sortie créer par hydro vanne de décharge le cycle complet de régénération a lieu.

2.2 : Deuxième étape :

*** Coagulation –floculation – décantation)**

Après l'autonettoyant l'eau passe à travers un décanteur où on introduit les produits chimiques suivants :

CHA750 : Joue le rôle d'un coagulant

CHE Q3000 M (Poly électrolyte) : qui joue le rôle d'un floculant. La soude caustique concentration 33 l/l qui joue le rôle d'un alcalinisant.

L'eau de javel 28-33 % comme désinfectant au niveau du sédimentation , la réaction va se dérouler à l'aide d'un agitateur, on obtient dans cette phase des floes des particules solides qui passe à la phase de décantation et (séparation) , l'eau va monter et les floes va se précipiter sur la paroi des cellules, l'eau clarifier passe au bac d'accumulation.

La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont due à la présence de particules de très faible diamètre. Les colloïdes. Leurs élimination ne peut se baser sur la simple décantation. En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible. Le temps nécessaire pour parcourir 1m en chute libre peut être de plusieurs années. La coagulation et la floculation sont les processus qui permettent l'élimination des colloïdes. La coagulation consiste à les déstabiliser. Il s'agit de neutraliser leurs charges électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre. La floculation rend compte de leur agglomération en agrégats éliminés par décantation et/ ou filtration).

1- La coagulation floculation a pour but de s'affranchir de cette absence de sédimentation . Dans un premier temps , déterminer en fonction de l'eau à traiter, la dose de réactifs à ajouter et à la vitesse d'agitation du milieu est indispensable. Ces grandeurs s'évaluent en effectuant un jar test en laboratoire.

Des béciers reçoivent différentes doses de réactifs et sont tous agités à la même vitesse. En fin d'expérience se définissent les couples quantités de réactifs par rapport à la vitesse et au temps d'agitation qui permettent d'obtenir l'eau la plus limpide et à gros floes.

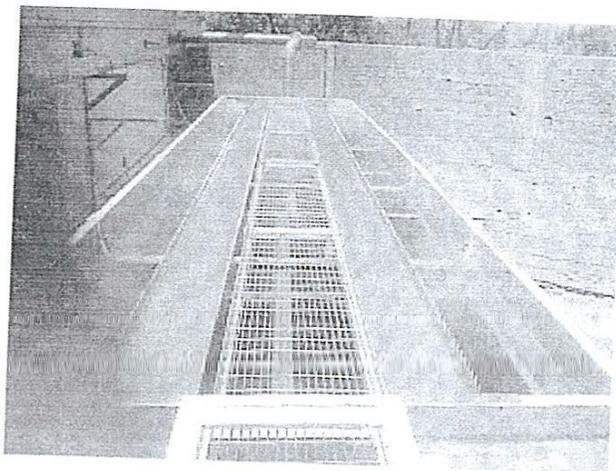


Fig 2.4 : Bassin coagulation – floculation

Un surdosage de réactif provoque une détérioration de traitement et un surcoût des opérations.

* L'eau tamisé passe par une cuve de prétraitement où l'on ajoute des coagulants à base d'aluminium (Al^{3+}) ou de fer (Fe^{3+}), tel que du sulfate d'aluminium de chlorure ferrique, du chlorosulfate ferrique. Ces réactifs très électropositifs permettent de supprimer les répulsions inter colloïdales : les cations métalliques se lient aux colloïdes et les neutralisent. Les particules peuvent désormais se rencontrer. La vitesse d'agitation des eaux à traiter est donc plutôt rapide pour bien mélanger l'eau avec les cations métalliques et ainsi favoriser leur rencontre avec les colloïdes.

La floculation permet de résoudre les problèmes liés au faible diamètre des colloïdes. En effet, la masse de ces particules est si petite qu'elle ne permet pas une sédimentation naturelle suffisante. L'ajout de flocculant organique ou naturel tels que : l'alginate de sodium, la silice activée et l'amidon permet l'agglomération des particules colloïdales. En effet, les flocculants ajoutés vont jouer le rôle de colle entre les particules. Les plus fines, contenant les polluants se ressemblent alors en flocons de plus en plus gros autour du micro sable. L'agrégation des particules forme des floes possédant une masse suffisante pour être décantés. Ces amas de particules emprisonnent d'autres éléments tels que les bactéries pouvant être pathogènes. La vitesse d'agitation est relativement faible afin de ne pas détruire les floes déjà formés (bassin de décantation).

- La décantation est une opération de séparation mécanique qui sous l'action de la gravitation peut séparer soit plusieurs liquides de densités différentes soit des solides insolubles. Le procédé de décantation dit à « contre-courant » consiste en une séparation des floes de l'eau au moyen d'un décanteur à lamelles superposées. Pour obtenir une efficacité maximale, les

lamelles sont inclinés de 60° . Ainsi , les floccs se déposent et glissent au fond du bassin.

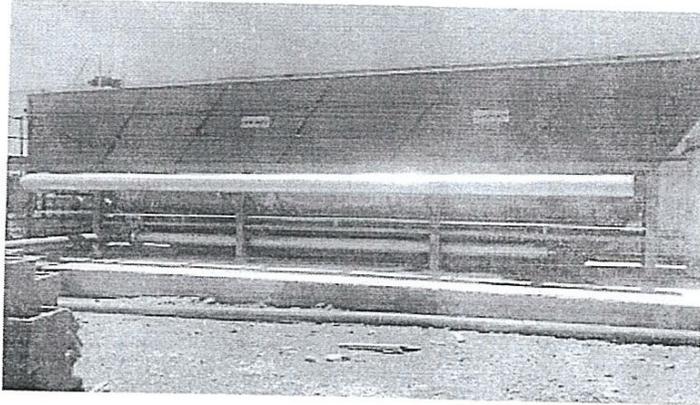


Fig 2.5 : Décanteur

A ce stade, 95 % de la pollution et 100 % des matières en suspension ont déjà été éliminées. L'eau clarifiée est alors récupérée en surface tandis que les particules décantées sont extraites par purges régulières ou centrifuges.

2.3 : Troisième Etape

*** La filtration sur sable :**

A la sortie du décanteur, l'eau est conduite vers un filtre à sable (en couche supérieure) et à anthracite (en couche inférieure) . Ce filtre contient des bactéries capables de transformer l'ammoniac en nitrite puis en nitrates en quantité infinies : 2 fois en dessous de la norme en vigueur. Il permet d'éliminer les métaux lourds tels que le zinc (Zn) , le cuivre (Cu) et le plomb (Pb). La suppression de particules dont la taille est supérieure à $20 \mu\text{m}$ est également réalisée lors de cette étape. La filtration s'effectue sur plusieurs filtres parallèles l'un à l'autre équipés d'un régulateur qui permet de maintenir un plan d'eau constant. Le nettoyage de ces filtres est réalisé à « contre courant » avec de l'air puis de l'eau .

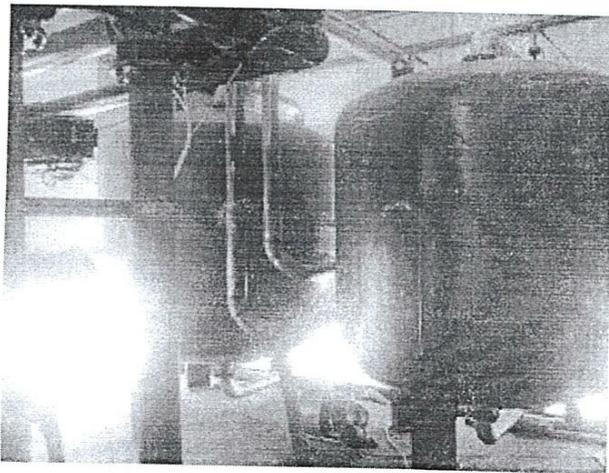


Fig 2.6 : Filtre à sable

* La désinfection – l'Ozonation :

Après sa filtration, l'eau subit une désinfection qui a pour but d'éliminer les germes bactériens résiduels. L'utilisation de procédés chimiques tels que : La chloration, l'ozonation ou le traitement par ultraviolet sont essentiels. La chloration s'effectue à l'aide de chlorure ou en dérivés chlorés : Eau de javel, d'oxyde de chlore... L'ozonation quand elle est réalisée avec un gaz à l'ozone. L'oxydation par le chlore en l'ozone agit principalement sur les métaux comme le fer et le manganèse ainsi que les matières organiques. Il détruit ou inactive les germes vivants, les virus et les bactéries présents dans l'eau.

L'ozonation est un traitement chimique par oxydation permettant d'hydrolyser les grosses molécules carbonées en petites chaînes carbonées biodégradables. L'élimination des pesticides, herbicides, fongicides et micro-algues présentes dans l'eau pouvant altérer les membranes est ainsi effectuée. L'utilisation de réactifs chimiques oxydants dans le traitement des eaux a pour visée la stérilisation de l'eau : la destruction des germes pathogènes.

L'ozone a l'avantage de permettre des actions complémentaires dans la destruction des grand nombre de micropolluants et dans l'amélioration des goûts, des odeurs et des couleurs. C'est une molécule formée de trois atomes d'oxygène : O_3 . Ce gaz soluble dans l'eau est un puissant oxydant. Ce réactif est qualifié de multifonctionnel. En effet, il détruit des composés toxiques tels que les cyanures et les phénols, ainsi que les colorants artificiels et organiques naturels comme les acides humiques et les tanins responsables de la coloration des eaux.

2.4 : Ultrafiltration :

C'est un procédé membranaire pour le traitement de l'eau. Dans le cas des techniques à membranes, l'écoulement du fluide est continu et frontal lorsque la quantité d'eau le permet le cas de l'utilisation HYDROMATIC.

L'ultrafiltration utilise des membranes microporeuse dont les diamètres de pores sont compris entre 1 et 0,1 à 0,01 μm et 100 nm, elle laisse passer les petites molécules (eau, sels) et arrête les molécules de masse moléculaire élevée (polymère, protéines, colloïdes) cette technique est utilisée pour l'élimination des macro solutés présents dans les effluents.

Elle retient les solides en suspension et les solutions de molécules de grosses tailles, tandis que l'eau et les molécules de petites tailles plus faibles passent à travers la membrane. Le seuil de coupure d'une membrane de l'ultrafiltration est caractérisé par la masse moléculaire de molécules retenues.

L'ultrafiltration, comme la micro filtration est utilisée pour l'élimination des pathogènes présents dans l'eau.

Ou :

Le système d'ultrafiltration UF est composé par deux unités qui peuvent fonctionner l'une séparé de l'autre.

Chaque unité est composée par un nombre variable de membranes en fonction du débit et de la qualité de l'eau qu'il faut traiter. Chaque membrane est posée à l'intérieur d'une vessie en fibre de verre. L'eau à traiter va traverser à l'intérieur des membranes et on va former 2 débits d'eau : Le concentré qui passe au vidage et filtré qui va être utilisé. Le système de prétraitement de l'eau brute ou de l'eau traitée en particulier.

Objectif du pré chloration est d'oxyder les métaux et les substances organiques dans l'eau brute afin d'optimiser la filtration sur les membranes. La pré chloration est un genre fait avec dosage de l'eau brute par l'eau de javel en quantité pour avoir un résiduel de 0,2 ppm de chlore libre en alimentation.

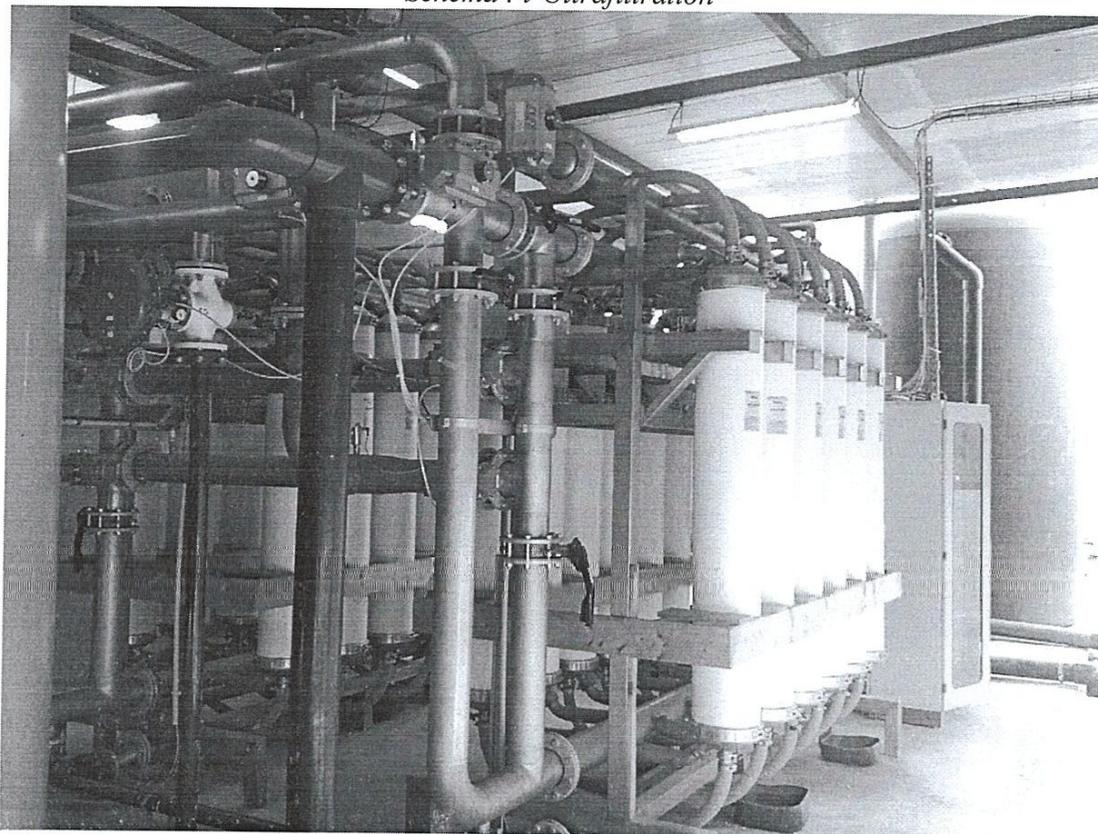


Fig 2.7 : système membranaire

2.4.1 : Dosage des produits chimiques pour le lavage en courant CEB :

Le lavage chimique en courant (CEB) est fait automatiquement. L'objectif est d'enlever le dépôt organique et la turbidité qu'on vaper se déposer sur la surface des membranes en causant un salement progressif et une augmentation de ΔP de la pression en alimentant Pa et de TMP (valeur qui s'appelle : pression de transmembranaire).

Ce lavage est fait automatiquement chaque un numéro qu'on peut décider avec le clavier, de contre lavages. Les produits chimiques qu'on va utiliser sont : Soude (20-30%) , et eau de javel. Les dosages sont fait par des pompes doseuses directement dans le tuyau de contre lavage pour avoir une eau avec ph = 105-11 et une valeur de chlore libre presque 200 ppm.

2.4.2 : Dosage des produits chimiques manuels = lavage chimique Batch (CIP) :

Le lavage chimique encourent avec recirculation en bac T2 (CIP) est une opération que l'opérateur doit décider sur l'analyse des paramètres de pression mais le cycle de CIP est automatique.

L'objectif est l'élimination des dépôts organiques , turbidité et salinité (entartement) qui vont se former peu à peu sur la surface de la membrane en causant un salement progressif et une augmentation de différentiel de pression et du TMP. Ce salement n'est plus possible d'enlever avec un simple CEB.

Le CIP est composé par les phases suivantes :

- Lavage alcalin avec soude 20-30 % et eau de javel 200 ppm

- Lavage acide avec acide chlorhydrique concentré.

Les produits sont dosés par pompe doseuse directement à l'intérieure du bac T2 à l'aide d'une pompe qui va recycler pendant tout le cycle du CIP. Le temps qu'il faut pour le lavage chimique (CIP) qui dépend du type d'entartement (1/2 heure jusqu'à quelques heures).

Post Chloration

Le but du post chloration est d'oxyder le fer et le manganèse présent en trace dans l'eau ultrafiltres. A la fin de post chloration, on a une eau sans traces de métaux en solution.

La post chloration est réalisée par un dosage direct d'eau de javel jusqu'à obtenir un résidu dans l'eau ultra filtrée. La présence d'un résidu de chlore libre est garantie par un contrôle de redox qui commande la pompe doseuse de l'eau de javel avec signal digital ou analogique .

➤ Conditions d'utilisation l'UF :

- Température ambiante min +5 max + 40 °C
- Température eau min +5 max + 30°C
- Humidité relative max 80 %
- Alkimentation électrique 10 %
- Fréquence alimentation électrique 50 Hz + 5

2.4.3 : Caractéristiques qui identifient les équipements d'ultrafiltration

Les caractéristiques des équipements d'ultrafiltration sont écrites comme suit :
UF 126

➤ Donné Hydrauliques :

Tuyau d'alimentation DN 200
 Tuyau du filtre DN 150
 Tuyau de décharge DN 150
 Pression alimentation 2,0 – 2,5 bars
 Débit alimentation 120 – 150 m3/h
 Débit filtré 100 -120 m3/h
 Débit contre lavage 140 -160 m3/h
 Débit lavage CIP 140 -160 m3/h
 Récupération (%) 90 – 95 %
 Pression des essais 4,0 bar
 Pression de travail 2,0 – 2,5 bar
 Turbidité max d'alimentation 50 – 100 NTU
 TMP maximum 2,2 bar
 DP maximum 2,5 bar
 Type de membranes TARGA 10-KOCM
 Num2ro de modules 2
 Numéro de membranes chaque module 12

➤ **Donnée Electrique**

Puissance installée 95 Kw – 160 A
Alimentation 380 VAC + neutre + terre 50 Mz triphasé

➤ **Donnée Pneumatiques**

Alimentation vannes arria séchée, déshuilé
Pression air 6,5 – 7,0 bar

➤ **Mise en Marche**

Après réalisation de toutes les opérations prévues, il faut ouvrir toutes les vannes raccordé avec les tuyaux d'alimentation.

- Vérifier que les pompes doseuses soient allumées
- Vérifier que les réservoirs des produits chimiques soient pleins.
- Vérifier que le robinet de l'air comprimé soit ouvert

Pour la mise en service de l'unité de l'ultrafiltration, il faut faire ce qu'on va décrire :

- 1- Tourner le disjoncteur « GENERAL » situé au milieu du tableau électrique de puissance en mettant en position « ON » ; à ce moment là la lumière « PRESENCE DE TENSION » s'allume.
 - Vérifier que le bouton d'urgence rouge à côté du tableau ne soit pas activé.
 - Après 10-15 secondes, le clavier va montrer la page initial (HYDROMATIC SARL)
- 2- Mettre tous les sélecteurs (avec le clavier) en position « Automatique ». En allant dans les pages du clavier, où il est montré le schéma de fonctionnement de l'UF , du CIP et de déferisateur.
 - S'assurer que toutes les vannes , les pompes doseuses , n'importe laquelle des composants qu'on peut commander par le clavier soit en position « Automatique ».
- 3- Avec le bouton de reset des alarmes situé en haut du clavier, il faut effacer tous les alarmes actifs jusqu'à ce que la lumière rouge soit éteinte.
 - S'il quelques alarmes restent actif, il faut contrôler sur la page des alarmes laquelle est active et voir la section 6 du manuel.
- 4- Presser le bouton de couler « Vert » et du « Start système ultrafiltration » dans l'affiche de commande. A ce moment là, le système démarre en mode automatique et va faire toutes les phases en séquence logique et complète autonomie. En tous cas ce qui porte le système , on arrête , il faut se référer au manuel section 7 et ce avant de mettre en marche.
- 5- Pour arrêter le système, il faut presser le bouton « rouge » de Stop sur la page principale du clavier. En cas d'urgence, il faut presser le bouton situé à droite du tableau électrique.

2.4.4 - Fonctionnement du système :

L'ultrafiltration UF126 est composé par deux groupes identiques des membranes (appelés A et B)

Chaque groupe est composé par 12 membranes vertical à fibre creuse dont le degré de filtration correspond à 100 KDalton. Le système UF126 est composé par un couple de pompes (P1-UF et P2-UF) qui donnent l'eau en pression à l'UF à partir du bac à la sortie du décanteur.

L'eau va être filtrée par les membranes à fibre creuse et va être accumulée à l'intérieur du réservoir T3-UF avec volume de 20 m3.

Après, et avec les pompes P7-UF et P8-UF elle va être envoyée au deferisateur model (DEF2400) est envoyée au bac d'accumulation de l'eau potable T4-UF.

Seulement une petite quantité de l'eau alimentée va être déchargée (concentrée) pour permettre de maintenir un correct gradient de concentration à l'intérieur des membranes.

Le fonctionnement de l'UF126 prévoit une série de cycles automatique qui permet de maintenir un état correct de fonctionnement et de nettoyage du système. On va tout de suite décrire :

1- Exercice	-2 - Contre lavage	3 - Faste Flush.	4- CED
5- CEB panse	6- Vidange après CEB	7- Rinçage après CEB	
8- Vidange avant du CIP	- 9- CIP Alcaline	-10- Vidange après CIP	
11- Rinçage	-12- CIP acide	- 13- Vidange après CIP acide	
	14- Rinçage après CIP acide.		

Le passage entre les phases 1-2-3 sont en condition normal de fonctionnement du système et vont suivre automatiquement jusqu'à rejoindre la valeur qui permet le passage à la phase 4. Cette valeur est constituée par le numéro qu'ont peut afficher sur le clavier qui s'appelle « Numéro des lavages avant le CEB »

Normalement cette valeur est variable entre 5 et 10

Les phases 4-5-6-7, s'appellent « cycle automatique le contre lavage et injection des produits chimiques (CEB) ». A la fin de la phase 7, le système à retourner à la phase d'exercice 1.

Les phases 8-9-10-11-13-14 s'appellent « cycle automatique de lavage » avec système en recirculation et injection des produits chimiques (CIP). Ce lavage est réalisé par l'opérateur (il doit décider s'il faut le faire), et il va se terminer en automatique. A la fin de la phase 14, le système va réaliser le mouvement à la phase 1 de l'exercice.

➤ Phase 1 : Exercice :

C'est la phase de production de l'eau ultrafiltre dont laquelle va se réaliser la filtration par les membranes. Dans cette phase les pompes d'alimentation P1-UF, P2-UF sont les en fonction et les pompes d'alimentation de deferisateur P7-UF, P8-UF (dans les deux cas les pompes sont l'une active et l'autre stop).

Le correct fonctionnement est contrôlé par un capteur de turbidité NT1-UF (turbidité mètre) et par une vanne modulante (VM1-UF) située sur la décharge du concentré de groupes.

Le degré d'ouverture de cette vanne est proportionnel à la valeur de turbidité présente dans l'alimentation de l'eau décanté.

Plusieurs capteurs de pression placés sur l'alimentation (PT1a-UF) permet du premier au deuxième groupe (PT1p-UF -, PT2p-UF) et sur le concentré du premier et du deuxième groupe (PT1c-UF, PT2c-UF) vont contrôler la différence de pression entre alimentation et permet (appelée DP) et la pression de transmembrane (appelée TMP).

La connaissance de la valeur du TMP est nécessaire pour connaître le degré de branchement de chacun des groupes et il est pourtant connexe au démarrage de la phase de contre lavage.

➤ **Phase 2 : Contre lavage :**

Cette phase permet de maintenir les membranes nettoyées en enlevant la boue de la surface de membrane même avec le mécanisme du courant..

La pompe P6-UF prend l'eau des réservoirs T3-UF et de l'envoyer à l'intérieur des membranes par la partie du permet en faisant détacher le déchet présent sur la surface de la membrane et les envoyer à la décharge (concentré et permet).

Cette phase peut être activée par un temps relatif à la valeur de TMP. Après un temps de fonctionnement de l'exercice qu'on peut définir sur le clavier (appelée temps de démarrage de contre lavage) , le PLC commande la phase de contre lavage en gardant toujours le groupe en exercice pour éviter d'arrêter la production d'eau filtrée nécessaire pour le lavage même.

ATMP : Quand on a une augmentation de pression liée au TMP en particulier , si on va à la valeur appelée « TMP maximum » défini sur le clavier, le PLC commande la phase de contre lavage. En tous les deux cas , le temps de contre lavage est défini sur le clavier.

➤ **Phase 3 : FAST-FLUSH**

C'est la phase suivante la phase de contre lavage et automatiquement démarre à la fin de la phase 2. Elle rince rapide et qui enlève la boue qui a été détaché par le contre lavage et l'envoie à la décharge par P3-UF.

Le réservoir T2-UF est toujours alimenté par la vanne EV20 qui alimente l'eau potable commandé par le niveau LT2-UF

Le temps de cette phase de Fast Flush (appelée temps de Fast flush) est défini par le clavier. A la fin de cette phase, on va retourner à la phase 1 de l'exercice.

➤ **Phase 4 : CEB**

En cette phase, et pareil à la phase contre lavage, il y a le dosage direct de l'eau de javel (Pompe D6-UF) et le dosage direct de soude (Pompe D4-UF). Ces deux produits sont injectés à l'intérieur du tuyau du contre lavage qui est alimenté par 8 la pompe P6-UF.

Cette procédure permet l'enlèvement du résidu organique déposé sur la surface des membranes . Ce résidu n'est pas détachable par un simple lavage mécanique.

L'eau qu'on utilise par le CEB est l'eau ultra filtrée (réservoir T3-UF). Le lavage à perdre sans recirculation le permet et le concentré vont directement à la décharge.

Le temps de la phase du CEB (Temps CEB) est réglable sur le clavier, a la fin de cette phase , on va à la phase suivante (CEB pause).

➤ **Phase 5 : CEB Pause**

Cette procédure est finalisée à maintenir la solution produite du CEB à l'intérieur des membranes pour un temps réglable par le clavier qui s'appelle « Temps de pause ».

➤ **Phase 6 : Rinçage après pause :**

En cette phase on a le remplissage du réservoir T2-UF jusqu'au niveau LT2-UF par l'ouverture de la vanne de l'eau potable « EV20-UF ».

Après le démarrage de la pompe P3-UF et va commencer le premier rinçage des membranes en equicorrent jusqu'à élimination du résidu de soude et de l'eau de javel permet au concentré qui vont directement à la décharge. Les numéros de rinçage que doit se faire est réglable par le clavier. A la fin de cette phase, démarre la phase d'exercice.

➤ **Phase 7 : Vidange après pause :**

En cette phase , s'ouvrent les vannes de décharge située au dessous de l'UF pour vider complètement tous les deux groupes. Le temps de cette phase s'appelle « Temps de vidange après pause » est réglable par le clavier .

➤ **Phase 8 : Vidange avant CIP :**

Même dans cette phase, comme dans la précédente, s'ouvrent toutes les vannes de décharge située -9- au dessous de l'UF pour vider complètement les deux groupes. Le temps de cette phase appelé « Temps de vidange avant CIP » est réglable sur le clavier. A la fin de cette phase , on va à la phase suivante.

➤ **Phase 9 : CIP Alcaline :**

C'est la phase de lavage alcaline à recirculation en equicorrent avec le dosage de soude et de l'eau de javel.

Le réservoir T2-UF est rempli par une eau potable par EV20-EF jusqu'au niveau LT2-VF. Pendant la phase de remplissage sont dosés tous les deux produits nécessaire (Soude avec DU-UF, eau de javel avec D6-UF).

Le temps de fonctionnement de la pompe doseuse de l'eau de javel D4 est réglable sur le clavier pour obtenir une valeur de 200 ppm de chlore dans la solution.

Le fonctionnement de la pompe de la sonde est commandé par le Ph mètre à la valeur réglable. Tous les temps de cette phase sont réglables sur le clavier.

➤ **Phase 10 : Vidange après CIP Alcaline**

Cette phase est pareille à la phase 7 (vidange après pause). Elle a le même objectif.

➤ **Phase 11 : Rinçage après CIP Alcaline**

Les mêmes objectifs et pareille à la phase 6 (rinçage après pause).

➤ Phase 12 : CIP Acide

C'est la phase de lavage acide en recirculation en equirrent avec dosage d'acide chlorhydrique.

Le réservoir T2-UF est rempli par une eau potable EV20-UF jusqu'à rejoindre du niveau de maximum réglée sur LT2-UF. Pendant la phase de remplissage de l'acide dosé par la pompe D5-UF commandé par la valeur de ph réglable par le clavier (ph 2,0 – 2,5). Le temps de la phase de CIP acide est réglable sur le clavier et à la fin de cette phase , on va à la phase suivante :

➤ Phase 13 : Vidange après CIP Acide

Cette phase est comme la phase N° 6 (vidange après pause). Elle à les mêmes objectifs.

➤ Phase 14 : Rinçage après CIP Acide

Cette phase est comme la phase N° 6 de rinçage après pause. Elle à le même objectif.

2.5- Anomalies de Fonctionnement – Entretien

2.5.1- Entretien des vannes pneumatiques :

Eliminer la pression de l'air des vannes ; ouvrir le couvercle après avoir enlevé les boulons de fermeture. Débarrasser les membranes et l'arbre de tout résidu.

Graisser l'arbre avec de l'huile à la silicone et /ou comptible pour gommés P.D.M

a) Entretien électrovannes air

On conseille de substituer les électrovannes chaque 2 ans de fonctionnement et de contrôler l'état de corrosion à l'intérieur avec fréquence annuelle.

b) Entretien instruments ph , turbidité et chlore résiduel

On conseille de faire chaque semaine le nettoyage des capteurs pM, Rx avec une solution 1N d'acide chlorhydrique. A la fin de nettoyage , il faut faire la calibration des instruments comme est écrit sur le manuel de chaque instrument.

2.5.2 : Alarmes

a) : Liste des alarmes :

Si une alarme est actif , il y a la lumière rouge placé sur le côté haut du tableau électrique allumé. Il ya la fermeture d'un contact reporté aux bornes du tableau (contact qu'il faut le raccorder à un signal lumineux et doit se placer dans une zone avec présence du personnel) et, enfin sur le clavier , on peut trouver une description de l'alarme actif. Quelques alarmes sont fatals, autres sont simplement un signal écrit qui va disparaître quand elle est désactivée.

b) : Display description :

Alarme analogique NT1 analogique turbidimètre cassé
Alarme analogique Ph analogique ph_mètre cassé
Alarme analogique PH1a analogique pression alimentation cassé
Alarme analogique PH1c analogique pression concentré groupe A cassé
Alarme analogique PH1p analogique pression permet groupe A cassé
Alarme analogique PH2c analogique pression concentré groupe B cassé
Alarme analogique PH2p analogique pression permet groupe B cassé
Alarme analogique QT1 analogique débitmètre QT1 cassé
Alarme analogique QT2 analogique débitmètre QT2 cassé
Alarme analogique T3 analogique niveau T3 cassé
Alarme analogique TT1a analogique pH mètre cassé
Alarme analogique TT2a analogique pH mètre cassé

Alarme communication avec décanteur interruption communication entre UF et HI-
S

Alarme ph haute alarme ph trop haute pendant le CIP acide réservoir T2

c) Reset alarmes :

Pour enlever le signal d'alarmes si la cause a été supprimé, il faut presser le bouton d'effacement alarmes dans la page principale du clavier.

Alarmes pM bars alarmes ph trop bas pendant CIP alcaline réservoir T2

Alarme pression maximum CIP alarme pression haute pompe P3

Alarme pression maximum PT1a alarme pression haute pompe P1c P2

Alarme pression maximum PT1p alarme pression haute pompe P6

Alarme pression maximum PT2p alarme pression haute pompe P6

Alarme manque d'air . Alarme de manque d'air instruments ou pression pas suffisant pour le correct fonctionnement de l'UF

Alarme T3 super maximum alarme niveau haut réservoir T3

Alarme T3 super maximum alarme niveau bas réservoir T3

Alarme température haute 1^{er} équipement alarme température haute eau en alimentation au groupe 2

Alarme thermique P3 alarme déclenchement thermique moteur pompe P3

Alarme thermique P6 alarme déclenchement thermique moteur pompe P6

Alarme thermique P7 alarme déclenchement thermique moteur pompe P6

Alarme thermique P8 alarme déclenchement thermique moteur pompe P8

Alarme thermique soufflante alarme déclenchement thermique moteur pompe soufflante

Alarme TMP 1^{er} équipement alarme TMP haut dans le groupe 1

Alarme TMP 2^{ème} r équipement alarme TMP haut dans le groupe 2

Alarme turbidité haute alarme turbidité haute en alimentation

Alarme DP 1^{er} haute alarme différentiel de pression haute groupe 1

Alarme DP 2^{ème} haute alarme différentiel de pression haute groupe 2

Alarme DP de fêrisation alarme différentiel de pression haute défrisateur

2.5.3 : Arrêt de la machine :

- Enlever ou neutraliser les systèmes de sécurité
- Désactiver ou escamoter les signaux d'alarme
- Ignorer les mises en garde et la signalisation opposées sur la machine.

2.6 : Déférisateur :

La déférisation est faite pour enlever tous le fer et le manganèse en l'oxydant et on le faisant précipiter sur le lit filtrant de sable et pyrolusite (filtres déférisateurs) pour éviter le dépôt de ces métaux sur les membranes de l'osmose sous formes d'hydrate.

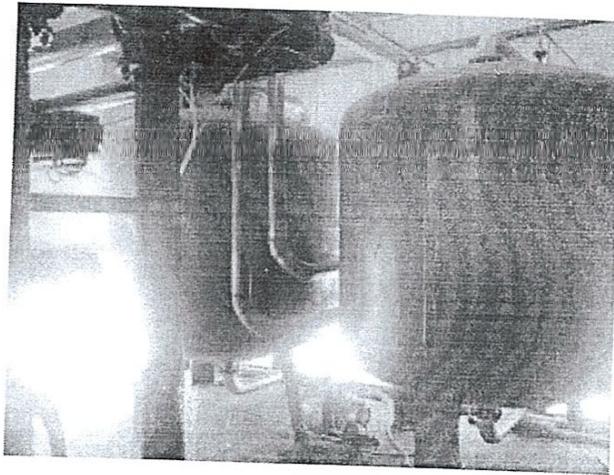


Fig 2.8 : Déférisateur

2.6.1 : Fonctionnement du système :

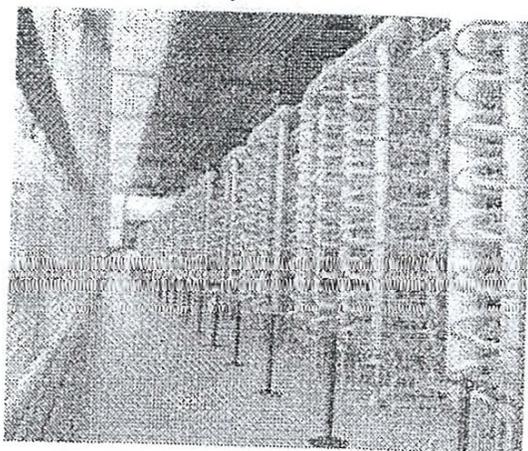
- Phase 1= Exercice = est la phase de la production de l'eau potable à l'aide de deux pompes supprimeurs . L'eau ultrafiltrée passe au déférisateur .
- Phase 2 = Contre Lavage par l'air : A l'aide d'un compresseur, l'air passe a contre courant, traverse les filtres à sable pour maintenir l'espace entre les grains de sable et facilite le passage à l'étape suivante.
- Phase3 : Contre lavage par l'eau potable : Pour éliminer les résidus des métaux.
- Phase 4 : Lavage par l'eau ultrafiltrée : C'est la dernière étape de lavage des filtres pour éliminer le reste de résidu.

2.7 : La nano filtration et l'osmose inverse :

La nano filtration est effectuée sur une membrane semi-perméable. Ce procédé est caractérisé par une « forte filtration » ; la taille des particules ciblées est de l'ordre de 1 à 10 mm et par une « forte pression » s'élevant à 20 bars . Les membranes de nano filtration

permettent d'éliminer la matière organique résiduelle et d'avoir une eau à grande stabilité bactériologique lors de sa distribution. Par ailleurs, cette technique nécessite une très faible quantité de chlore garantissant l'absence de goût. La taille des pores permet de supprimer quasiment tous les polluants. A l'issue de ce procédé, le calcium et le magnésium sont détruits. Un produit est formé : Le dioxyde de carbone. Le problème majeur de la nano filtration est son coût qui est supérieur de 60 % à celui de la filière classique du traitement de l'eau. Cependant, les normes de plus en plus strictes développent les filières comme la nano filtration.

- fig 2.9 : Nano filtration -

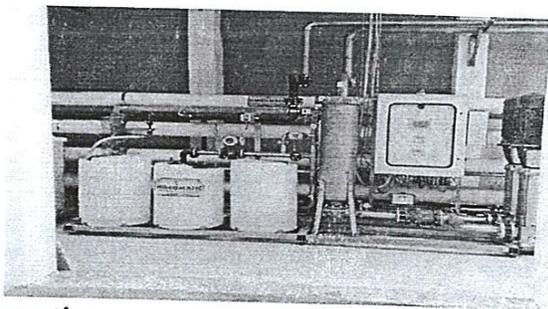


L'osmose inverse constitue la dernière étape de filtration de l'eau. Utilisée pour la première fois par la US Navy pour fournir de l'eau potable aux sous-marins. Ce procédé est aujourd'hui employé pour la purification et le dessalement de l'eau de mer. Ce système de filtrage très fin ne laisse passer que les molécules d'eau. On appelle osmose le transfert de solvant à travers une membrane. En exerçant une pression de 80 bars, on dépasse ainsi la pression osmotique (pression d'équilibre). L'eau franchit la membrane en sens inverse : ainsi, un plus grand volume d'eau pure est obtenu d'un côté. De l'autre, un plus petit volume d'eau plus concentré sert de piston.

Cependant, quelques inconvénients demeurent. En effet, les membranes se dégradent vite. Elles ont une espérance moyenne de vie de trois ans. De plus, cette technique consomme beaucoup d'énergie.

Enfin, on observe 25 % de perte en eau qui ne sont pas filtrés : le concentrat.

Fig 2.10 : Principe d'osmose inverse -*



2.7.1 : La chloration :

Le dioxyde de carbone formé lors de la nano filtration, étant instable et agressif doit être supprimé. L'eau est donc acheminée dans des réservoirs afin que le CO₂ se diffuse dans l'atmosphère.

La dernière étape de la potabilisation de l'eau est la chloration . En effet, à sa sortie elle est chlorée en grande quantité afin d'éliminer les dernières bactéries. Le milieu ne contenant plus de matière organique, les bactéries ne pourraient pas se développer. Pour que l'eau n'attaque pas le réseau de distribution, elle doit avoir un ph neutre. On le rééquilibre grâce à la chaux du carbonate de sodium , de la soude, de l'acide sulfurique et chlorhydrique, du bicarbonate de sodium et du carbonate de calcium. Pour que l'eau n'aura pas de goût désagréable, on procède à une déchloration . L'eau reste légèrement chlorée en fin de parcours afin de ne pas être altérée lors de sa distribution. Le chlore se décompose vite lorsqu'il est utilisé en grande quantité. Il faut donc légèrement chlorer l'eau en sortie d'usine afin de pouvoir la rechlorer tout au long du réseau de redistribution par la station de recoloration. Pour protéger le réseau des anti-tartes et anticorrosifs sont utilisés.

L'eau est ensuite stockés dans des châteaux d'eau avant d'être consommée par la population via les réseaux hydrauliques.

2.8 : Qualité demandée de l'eau

A/ Paramètre organoleptiques :

Paramètres	Unités	Niveau guide	Concentration maximale admissible
Couleur	MgL ⁻¹	1	20
Turbidité	Mgl ⁻¹ si	1	10
	O ₂ jTV	0,4	4
Odeur	Taux de dilution	0	2 à 12 ° C , 3 à 25 ° C
Saveur	Taux de dilution	0	2 à 12 ° C , 3 à 25° C

B/ Paramètres physico chimiques

Paramètres	Unités	Niveau guide	Concentration maximale admissible
Température	° C	12	25
Ph	Unité ph	6,5 -8,5	9,5
Conductivité (20° C)	Vs/cm	400	1250
Chlorure	Cl mg.l ⁻¹	5	200
Sulfate	So4 mg l ¹	5	250
Silice	Si Q2 mg l ⁻¹	-	-
Calcium	Ca mg/L	100	-
Magnésium	Mg mgl ⁻¹	30	50
Sodium	Na mg l ⁻¹	≤200	100
Potassium	K mg L ⁻¹	<10	12
Aluminium	Al mg l ⁻¹	30	0,05
Alcalinité	Co3li mgl ⁻¹	-	
Résidus			10
Dureté total	°F	35	1500

Préresidu sec	Mg.l ¹	-	-
Gaz carbonique Dissous (100°C)	CO2 mg.L ⁻¹	-	-
Oxydabilité	KMnO4 mg.l ⁻¹	1	5
Oxygène dissous	2% saturation	-	-

C/ Paramètres indésirables :

Designation en unité

Paramètres	Unités	Niveau guide	Concentration maximale admissible
Nitrate	NO ₃ mg.L ⁻¹	25	50
Nitrite	NO ₂ mg.L ⁻¹	-	0,1
Ammonium	MNH ₄ mg.L ⁻¹	0,05	0,5
Ammoniaque	NH ₄ mg.L ⁻¹	0,05	0,5
Azote Kjeldahl	N mg.L ⁻¹	-	1
Oxydabilité	Q2 mg.L ⁻¹	2	5
Hydrogène sulfure (HS ₂)	S mg.L ⁻¹	-	-
Substance extractible au chloroforme	Résidu sec mg.L ⁻¹	0,1	-
COT	C mg.L ⁻¹	-	-
Hydrocarbure dissous ou émulsionnés	U g.l ⁻¹	-	-
Indice phénol	C ₆ H ₅ OH mg.L ⁻¹	-	-
Bore	B v g..L ⁻¹	1,000	-
Agent de surface (bleu de méthylène)	Larrylsulfate Vg.l-1	-	-
Composés organochlorés autres que pesticides	Vg.l-1	1	-
Fer et manganèse	Fe vg l-1	100	300, 200 fer
Manganèse	Mn vg l-1	20	50
Cuivre	Cu vg l-1	50	-
Zinc	Zn vg.l-1	100 5,000	-
Fluorure (selon température)	F vg.l-1	8 à 12 ° C (1500) 25 à 30° C (700)	-
Cobalt	Co vg l-1	-	-
MES	Vg l-1	Absence	-
Chlore libre résiduel	C ₁₂ mg.L ⁻¹	-	-
Baryum	Ba vg l-1	-	100
Argent	Ag vg l-1	-	10
DB5	Mg l-1	-	50 % teneur initial O ₂

D : Paramètres toxiques

Arsenic	0,05 mg/L	Cad maximum	0,01 mg/L
Argent	0,05 mg/L	Cyanure	0,05 mg/L
Barium	1,00 mg/L	Chrome	0,05 mg/L
Cuivre	1,50 mg/L	Mercure	0,001 mg/L
Plomb	0,05 mg/L	Hydrogène sulfuré	0,02 mg/L
Sélénium	0,01 mg/L	Zinc	5,00 mg/L
H.P.A	0,20 mg/L		

H.P.A = Hydrocarbures polycyclique aromatiques

E : Paramètres microbiologiques

Paramètres	Unités	Directive	C.E.E
Coliformes totaux	U/100 ml	-	0
Coliformes thermotolérants	U/100 ml	-	0
Streptocoques fécaux	U/100 ml	-	0
Spores de bactéries sulitaux réductrices	U/20 ml	-	-
Germes totaux		-	0
- 37 ° C 24 h	U/ml	10	-
- 22 ° C 72 h	U/ml	100	-
Germes pathogènes		absences	-
Salmonelles	4/5 l		-
staphylocoques	u/100 ml		-

2.9 : Paramètre principaux d'une eau potable :

A) : Paramètre organoleptiques :

➤ Odeur et saveur

Une eau de consommation humaine doit être insipide et inodore. Dans une eau brute, la saveur dépend essentiellement de la quantité et de la nature des corps dissous (le fer de manganèse, le chlore actif, etc...), alors que l'odeur est due à la plus part du temps à la pollution par des substances chimiques telles que les hydrocarbures et les matières organiques en décomposition.

➤ Couleur

L'eau potable doit être incolore et limpide. Dans une eau à traiter, la couleur est due aux différents éléments qui s'y trouvent à l'état dissous ou colloïdal.

Une eau colorée pose toujours un doute pour la consommation mais, une eau limpide n'est pas forcément potable.

B) : Paramètres physico-chimiques :

➤ Température :

Elle est d'une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux. Une eau de boisson est de bonne fraîcheur à la consommation lorsque sa température varie entre 9 et 12 ° C. Une température élevée dans les ouvrages et réseaux de distribution peut favoriser le développement planctonique, la température ne doit pas dépasser les 25 ° C.

➤ Le PH :

Le pH ou potentiel d'hydrogène doit être neutre (pH =7), selon qu'il soit supérieur ou inférieur à cette valeur , c'est-à-dire que l'eau étant basique ou acide confère des saveurs différentes à l'eau .

Les différents traitements pour rendre une eau potable exigent des normes précises de pH.

Généralement, les eaux naturelles ont un pH compris entre 6 et 8 et par conséquent elles sont favorables aux différents traitements.

➤ La turbidité :

La turbidité d'une eau est déterminée par sa teneur en matières en suspension (grains de silice, matières organiques, etc...).

Lorsque cette teneur est élevée , l'eau se trouble et forme d'importants dépôts dans les tuyaux et les réservoirs .

La turbidité d'une eau de boisson doit être maintenue inférieure à 5 NTU (unité néphélométrique de turbidité).

➤ Conductivité :

La conductivité électrique est directement liée à la teneur en minéraux dissous, son élévation entraîne souvent une salinité élevée. L'excès d'ions de calcium provoque l'entartrage des conduites. La conductivité ne doit pas dépasser 2000 us/cm (microiemens /cm).

C :Paramètres chimiques

➤ Oxygène dissous :

L'oxygène est fonction de la nature de l'eau Sa teneur dépasse rarement mg/l Ainsi pour une eau superficielle, elle peut avoisiner la saturation, contrairement aux eaux profondes qui contiennent très peu A titre d'exemple, une eau saturée d'air à ° C et sous la pression normale contient 9,1 mg/l.

➤ Matières en suspension :

La teneur des matières en suspension dans l'eau est fonction de la nature des terrains traversés , des saisons, de la pluviométrie, des rejets , etc....

L'eau destinée à la consommation humaine doit être dépourvue de ces matières. Les normes recommandent un maximum de 2 mg/l.

➤ **Résidu sec :**

La recherche de résidu sec dans l'eau nous renseigne sur sa teneur en matières dissoutes et en suspension.

➤ **Dureté totale (TH) (Station)**

Dite aussi titre hydrométrique (TH), lorsque le TH d'une eau est élevée. Elle est dite « dure » et douce dans le cas contraire. Pour les besoins domestiques, il est recommandé d'avoir une eau dont le TH varie entre 80 et 160 mg/l. A titre d'exemple, une eau dure donc à TH élevée réduit considérablement le pouvoir moussant d'un savon.

➤ **Titre alcalimétrique (TA)**

Le titre alcalimétrique exprime la teneur en hydroxydes (OH⁻) en carbonate (CO₃²⁻) et en phosphates (PO₄³⁻)

$$TA = [\text{OH}^-] + \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{2} + \frac{[\text{PO}_4^{3-}]}{3}$$

➤ **Chlorure**

La présence des chlorures dans l'eau peut avoir une origine. Les terrains traversés, les eaux de mer et l'activité humaine et industrielle en concentration excessive dans l'eau. Les chlorures rendent celle-ci corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes; leur apparition brusque dans l'eau de consommation est indice de pollution. Les normes recommandent un maximum de 50 mg/l.

➤ **Calcium :**

C'est le métal alcalino-terreux le plus répandu dans la nature et constitue l'élément dominant des eaux de boisson.

Les normes de potabilité recommandent une teneur maximale de 200 mg/l de CaCO₃ (carbonate de calcium).

➤ **Sodium**

Sa présence dans l'eau est due aux formations géologiques contenant du chlorure de sodium (NaCl) traversée par l'eau. Les normes recommandent un maximum de 200 mg/l.

➤ **Potassium**

Dans les eaux naturelles, le potassium existe à raison de 10 à 15 mg/l ce qui ne représente aucun inconvénient pour la santé humaine. Les normes recommandent un maximum de 20 mg/l.

➤ Magnésium

Le magnésium présente dans l'eau souvent à la forte concentration. Il est autre un élément déterminant de la dureté de l'eau et au-delà de 150 mg/l, il confère à l'eau un goût désagréable.

➤ Sulfate

Leur présence a divers d'origine. Elle peut résulter de la dissolution de sulfate de calcium (gypse) de l'oxydation des sulfates (pyrites) ou de la matière organique d'origine animale. Les normes recommandent une concentration limite de cet élément de 400 mg/l.

D) : Substances Indésirables

➤ Fer et Aluminium

Le fer ne présente aucun inconvénient pour l'organisme, mais des concentrations importantes dans l'eau la rendent désagréable à la consommation.

Les normes recommandent un maximal de fer de 0,3 mg/l et pour l'aluminium 0,2 mg/l.

➤ : Manganèse

On peut le trouver à des concentrations de l'ordre de 1 mg/l dans les eaux souterraines et à moins de 0,05 mg/l dans les eaux de surface. Il est responsable de la formation de la couche noirâtre sur les canalisations lorsqu'elles se détachent donnent une couleur douteuse à l'eau. Les normes recommandent une concentration maximale de 0,5 mg/l.

➤ : Matière organiques

Les matières organiques peuvent être présentes sous forme dissoute (acides humiques, pigments et composés d'origine artificielle comme les hydrocarbures, les solvants chlorés ou les pesticides), ou en suspension (déchets végétaux, placton, ...). Elles proviennent pour l'essentiel de la matière organique présente (décomposition des plantes et des animaux) mais aussi de composés issus de l'activité humaine. Leur concentration est infime dans les eaux profondes et peut atteindre quelques dizaines de milligrammes par litre dans les eaux de surface. Les normes recommandent une concentration maximale de 3 mg/l.

➤ L'azote ammoniacal

Sa présence dans l'eau dénote une dégradation incomplète de la matière organique. En général, cet élément se transforme rapidement par oxydation en nitrites et nitrates.

Les normes limitent sa concentration maximale à 0,5 mg/l.

D) Eléments toxiques

Pour ce type de substance ayant une action néfaste pour l'organisme humain, il est souhaitable de ne pas en trouver dans l'eau de boisson.

Cependant, les normes fixent des valeurs au-delà desquelles leur toxicité est confirmée.

Arsenic	0,05	Mg/l
Argent	0,05	Mg/l
Baryum	1,00	Mg/l
Cyanure	0,01	Mg/l
Chrome	0,05	Mg/l
Cuivre	1,50	Mg/l
Mercure	0,001	Mg/l
Plomb	0,05	Mg/l
Sulfure d'hydrogène	0,02	Mg/l
Sélénium	0,01	Mg/l
Zinc	5,00	Mg/l



LES NORMES ALGERIENNES D'UNE EAU POTABLE

Paramètres physico chimiques	Unités	normes algériennes
pH à 20°C	-	6,5-8,5
Conductivité	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ 20°C	2800
Turbidité	(U ; NTU)	5
température	°c	8
CO2		
oxygène dissous	mg/l	8
Résidu à sec 105°C	mg/l	2000
Chlore résiduel	mg/l	<0,1
MES à 105°C	mg/l	
MVS	%	
TDS	mg/l	
Paramètres de pollution	Unités	normes algériennes
nitrate NO3	mg/l	50
nitrite NO2	mg/l	0,1
Ammonium NH4	mg/l	0,5
ortho phosphates PO4	mg/l	0,5
matière oxydables	mg/l	
analyse fines	Unités	normes algériennes
DBO5	mg/l	!
DCO	mg/l	
plomb Pb	mg/l	0,05
Nickel Ni	mg/l	0,01
Cadmium Cd	mg/l	0,05
Cobalt Co	mg/l	0,005
Chrome Cr	mg/l	
Cuivre Cu	mg/l	
minéralisation globale	Unités	normes algériennes
calcium ca	mg/l	200
magnésium	mg/l	150
sodium	mg/l	200
potassium	mg/l	20
chlorure	mg/l	500
sulfate	mg/l	400
bicarbonates	mg/l	
dureté totale TH	mg/l	500
dureté totale TH	°F	

CHAPITRE 3

3.1 : Technologie membranaires :

3.1.1 : Systèmes membranaires

La technologie membranaire est devenue une véritable technologie de séparation lors de la dernière décennie. La force principale de la technologie membranaires est le fait que cela fonctionne sans ajout de produits chimiques, avec une consommation d'énergie relativement faible et une conduction de process facile et bien arrangée.

Le terme technologie membranaire est un terme générique pour différents procédés de séparations très caractéristiques. Ces procédés sont du même type, car dans chacun d'eux une membrane est utilisée. Les membranes sont de plus en plus utilisées pour des procédés de traitements d'eaux souterraines, de surface, ou usées. Les membranes sont maintenant compétitives par rapport aux techniques conventionnelles. Le procédé de séparation membranaire est basé sur la présence de membranes semi-perméables.

Le principe est assez simple: la membrane agit comme un filtre très spécifique qui laisse passer l'eau, tandis qu'elle retient les solides en suspension et d'autres substances.

Il y a plusieurs méthodes pour permettre aux substances de pénétrer la membranes. Il y par exemple l'application de hautes pressions, le maintien d'un gradient de concentration des deux côtés de la membranes et l'introduction d'un potentiel électrique.

La filtration sur membrane peut être utilisé comme une alternative à la floculation, aux techniques de purification, à l'adsorption (filtres à sable et charbon actif, échange d'ions), extraction et distillation. Il y a deux facteurs qui détermine l'efficacité d'un procédé de filtration sur membrane, la sélectivité et la productivité. La sélectivité est exprimée par un paramètre appelé la rétention ou le facteur de séparation (exprimé en $l/m^2 \cdot h$). La productivité est exprimée par un paramètre appelé le débit (ou flux) (exprimé en $l/m^2 \cdot h$).

La sélectivité et la **productivité** sont dépendant de la membrane.

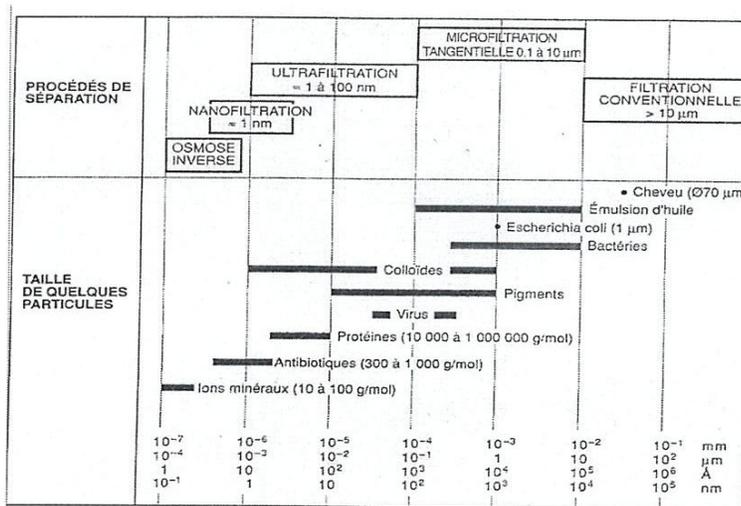


Fig 3.1 : Situation des techniques de séparation par membranes
En fonction de la taille des particules retenues.

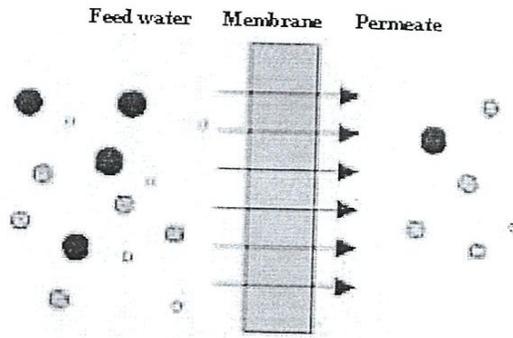


Fig 3.2 : système membranaire

3.1.2 : Définition de la sélectivité :

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

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

Avec C_o : concentration de l'espèce à retenir dans la solution et C_p concentration de la même espèce dans le perméat.

Dans le cas de l'ultrafiltration, l'efficacité de la membrane est en général caractérisée par le seuil de coupure (cut-back en anglais), qui peut être défini comme étant la masse molaire M (g/mol) correspondant à une rétention pratiquement totale (90% le plus souvent) d'une macromolécule déterminée (fig .3). cette notion est spécifique à l'ultrafiltration ; elle n'a pas de sens en

Différents solutés sont utilisés pour tester la sélectivité d'une membrane d'ultrafiltration.

- polysaccharide tels que les dextrans
- protéines telles que l'albumine bovine ou l'ovalbumine

Malheureusement, in n'existe actuellement ni molécules ni conditions standardisés. Or la sélectivité d'une membrane d'ultrafiltration dépend de nombreux paramètres.

- La taille de la molécule
- La forme de la molécule : Une molécule linéaire aura une probabilité plus grande de passer à travers une membrane qu'une molécule globulaire ;
- La charge électrique de la molécule
- L'absorption de soluté par la membrane
- Les caractéristiques chimiques de la solution (ph, salinité, présence de certains ions tels que Ca^{++})

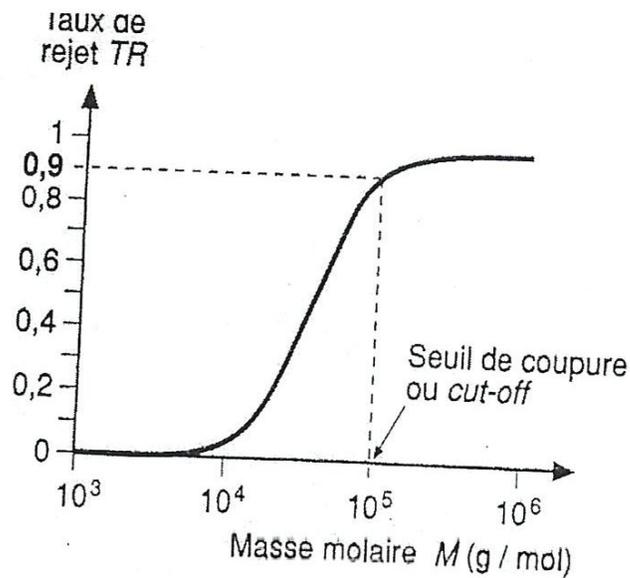


Figure 3.3 : Caractérisation de la sélectivité d'une membrane d'ultrafiltration

osmose inverse dans la mesure où des entités chimiques de même taille peuvent avoir, dans les mêmes conditions opératoires, des taux de rejet très différents. Elle n'a pas non plus de sens en microfiltration malgré une certaine analogie sur le plan des mécanismes, les espèces retenues (micro-organismes, boues) ne pouvant être définies ni par une masse molaire ni par une taille en dehors d'un diamètre apparent ou équivalent.

3.1.3 : Définition de la perméabilité :

les figures 23 et 24 donnent quelques ordres de grandeur des perméabilités des différentes membranes commercialisées, cette différence tend à disparaître pour des concentrations plus élevées.

3.2 : Mode de fonction des systèmes membrane en filtration :

Les systèmes de filtration sur membranes peuvent fonctionner de deux façons: la filtration frontale et la filtration tangentielle. L'objectif de l'optimisation des techniques membranaires est d'atteindre la production la plus élevée possible pendant une longue période, avec des niveaux de pollutions acceptables.

3.2.1 : Filtration frontale

Quand on fait une filtration frontale, toute l'eau qui pénètre dans le module est pressé contre la membrane. Certains solides et composés, selon la taille des pores de la membrane, restent derrière la membrane tandis que l'eau la traverse. Par conséquent il y a ensuite une plus grande résistance pour passer la membrane. Quand la pression de l'eau d'alimentation est continue, le flux traité diminue. Après un certain temps le flux a tellement diminué que la membrane a besoin d'être nettoyée.

La filtration frontale est utilisée car la perte d'énergie est moindre que lorsqu'on applique une filtration tangentielle. Ceci car toute l'énergie est dans l'eau qui passe effectivement la membrane.

La pression nécessaire pour presser l'eau à travers la membrane est appelée le Pression Trans-Membranaire (PTM ou TMP en anglais).

La PTM est définie comme le gradient de pression de la membrane, ou la pression moyenne de l'alimentation moins la pression du perméat. La pression de l'alimentation est souvent mesurée au point initiale d'un module membranaire. Cependant cette pression n'est pas égal à la pression moyenne car le flux à travers la membrane provoque des pertes de pression hydraulique.

Lors du nettoyage d'une membrane, les impuretés sont éliminées hydrauliquement, chimiquement ou physiquement. Lors de la procédure de nettoyage, le module est temporairement hors service. Par conséquent le fonctionnement frontale est un procédé discontinu.

En pratique on essaie toujours de rendre le temps de filtration le plus long possible, et le temps de nettoyage le plus court possible.

Lorsqu'une membrane est nettoyé avec le perméat, on diminue la production d'eau. Le facteur qui indique la quantité de production est appelé recouvrement.

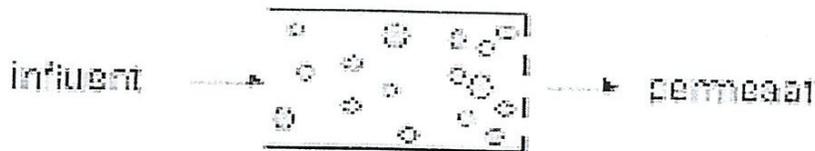


Fig 3.4 : Filtration frontale

3.2.2 : Filtration Tangentielle

Lorsqu'on effectue une filtration tangentielle, l'eau d'alimentation est recyclée. Lors de la recirculation de l'eau, le flux est parallèle à la membrane. Seulement une petite partie de l'eau d'alimentation est utilisée pour la production de perméat, la plus grande partie de l'eau quitte le module. Par conséquent le filtration tangentielle a un coût énergétique élevé car toute l'eau alimentant le système doit être apporté sous pression.

La vitesse de l'eau alimentant le système de façon parallèle à la membrane est relativement élevée. Le but de ce débit est le contrôle de l'épaisseur du gâteau. Les forces d'écoulement sont élevées, ce qui permet d'emporter les solides en suspension dans l'eau.

Le fonctionnement tangentiel peut permettre d'avoir des débits stables. Mais on doit quand même procéder à un nettoyage des installations cross-flow de temps en temps. Le nettoyage est effectué par un rinçage Backward ou avec des produits chimiques.

Le système cross-flow est utilisé pour l'osmose inverse, la nano-filtration, l'ultra-filtration et la micro-filtration, selon la taille des pores de la membranes.

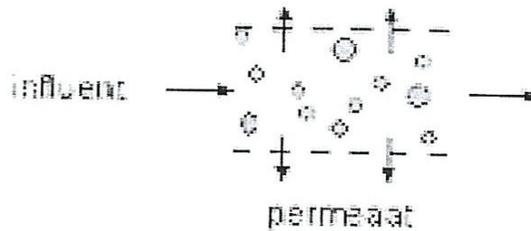


Fig 3.5 : Filtration tangentielle

3.2.3 : membrane d'ultrafiltration :

Une membrane d'ultrafiltration est une membrane artificielle poreuse, organique ou inorganique, de type anisotrope (asymétrique) ou composite.

La couche mince, ou couche active, ou encore peau, de faible épaisseur (de l'ordre de 10 μm), comportant des méso pores, est supportée par une ou plusieurs couche plus poreuses et plus solides du point de vue mécanique, le tout ayant, par exemple dans le cas des membranes organiques, une épaisseur d'environ 150 μm . Dans le cas d'une membrane anisotrope, la peau est supportée par un milieu de même nature mais ayant des pores plus gros, assurant un drainage aisé et présentant une bonne tenue mécanique.

3.3 : Structure et conduction des systèmes membrane :

3.3.1 : Structure de membrane :

Du point de vue structure de, on peut distinguer les membranes homogènes, les membranes asymétriques, les membranes composites et les membranes fibres creuses (fig. 1).

a) Les membranes homogènes : sont peu développées car elles ont une perméabilité relativement faible. La seule membrane de ce type est une membrane de microfiltration, fabriquée par irradiation d'un polymère (polycarbonate ou polyester) par des particules chargées.

b) Les membranes asymétriques : dites aussi anisotropes, découvertes vers 1960 par Loeb et Sourirajan, sont constituées de deux couches superposées :

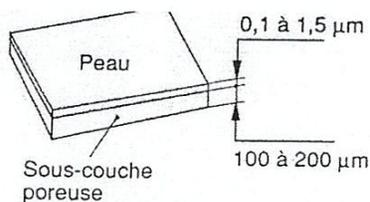
- une sous-couche de 100 à 200 μm d'épaisseur, de texture relativement poreuse ;
- une « peau » de très fine épaisseur (de 0.1 à 1.5 μm).

Les propriétés de séparation de ces membranes (perméabilité, sélectivité) dépendent uniquement de la structure de leur peau. En particulier, la perméabilité d'une membrane étant inversement proportionnelle à son épaisseur, il est évident qu'elle sera élevée.

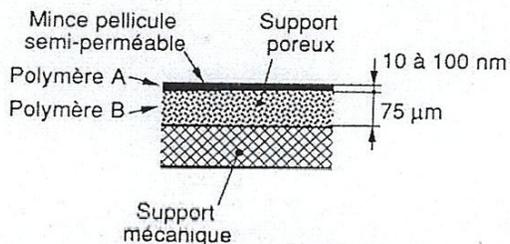
c/ Les membranes composites : ont été développées en vue d'augmenter la perméabilité des membranes asymétriques classiques en réduisant l'épaisseur de la couche active. Elles sont obtenues en déposant sur support poreux préalablement formé (poly sulfone ou autres polymères) une mince pellicule semi-perméable de 10 à 100 nm. Le support poreux et la peau active sont constitués de polymères différents, d'où le nom de membranes composites.

d/ Les membranes fibres creuses : sont constituées de tubes creux ayant un diamètre extérieur compris entre 50 et 1000 μm et un diamètre intérieur entre 25 et 800 μm . Elles sont obtenues par des procédés de filage analogues à ceux utilisés dans l'industrie textile. Leur structure est généralement asymétrique avec la couche active située soit à

l'extérieur de la fibre (membranes d'osmose inverse B9 et B10 de Du Pont de Nemours, membranes de microfiltration de Mentes), soit à l'intérieur de la fibre (membranes d'ultrafiltration d'Amicon)

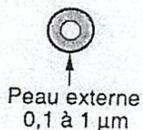
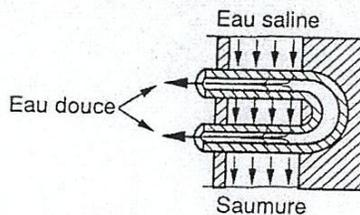


(a) membrane asymétrique ou anisotrope



(b) membrane composite

Exemples de membranes composites.		
Membrane ...	UOP PA 300 (distribuée par Fluid Systems)	Filmtec FT 30 (commercialisée par Filmtec Corp.)
Polymère A ..	Poly(éther/amide)	Poly(amide/imide)
Polymère B ...	Polysulfone	Polysulfone



(c) membrane fibre creuse: principe de fonctionnement et vue en coupe

Exemples de fibres creuses.			
Fournisseur	Application	Diamètre (en µm)	
		intérieur	extérieur
Du Pont de Nemours	Dessalement d'eau saumâtre	40	85
Du Pont de Nemours	Dessalement d'eau de mer	40	100
Dow Chemical	Dessalement d'eau saumâtre	90	250

Fig 3.6 : les différentes structures de membranes

3.3.2: Grandeur caractéristiques des membranes:

Les grandeurs caractéristiques des membranes d'ultrafiltration commercialisées ont été rassemblées en huit groupes il s'agit :

- a) De l'approvisionnement, qui précise le nom du fabricant, la marque et le code de la membrane
- b) Des propriétés physico-chimiques, qui regroupent les valeurs du seuil de coupure, du taux de rétention et la nature du composé utilisé pour se mesurer
- c) Des propriétés de transfert, qui ne comprennent que la densité du flux à l'eau
- d) Des propriétés structurales, qui indiquent la nature de la couche active
- e) Des propriétés mécaniques qui donnent la pression d'utilisation (maximale ou conseillée)
- f) De la tenue, qui fait état de la température et du pH du milieu
- g) Du type de module réalisé et son modèle si possible
- h) Enfin de quelques applications courantes

3.4 : En Grassement et Nettoyages des membrane :



Fig 3.7 : Nettoyage de membranes

Le colmatage est un des problèmes les plus importants que l'on rencontre lors de la mise en œuvre des techniques à membranes. Il peut être défini comme une diminution du débit de perméable au cours du temps, qui est associée en général à une variation de la sélectivité (augmentation, le plus souvent).

Les dépôts que l'on rencontre peuvent être de natures très diverses :

- sels minéraux (carbonate de calcium, sulfate de calcium, sulfate de magnésium,....)
- hydroxydes (hydroxyde de fer,
- matières organiques (protéines, gels divers, pectines,.....)
- films biologiques provenant de développements bactériens.

L'origine de ces dépôts peut être variée :

*concentration trop élevée (soit concentration moyenne, soit les surconcentrations locales dues aux phénomènes de polarisation)

*présence de matières en suspension qui se déposent sur les membranes par suite de conditions hydrodynamiques favorables (vitesse faibles)

*réaction d'adsorption entre certaines molécules et le matériau membranaire.

- a) Nettoyage par contre-pression: Cette procédure, appelée en anglais back flushing, consiste à employer une pression dirigée du circuit de perméat vers le circuit de concentrant. Un volume contrôlé de perméat traverse la membrane en sens inverse et, dans de nombreux cas, élimine une partie des dépôts. L'efficacité de ce nettoyage dépend beaucoup d'une part du type de dépôt, et d'autre part, de la fréquence et de l'amplitude des impulsions de la pression appliquée à contre-courant.

Il faut noter que cette procédure ne peut être utilisée que lorsqu'il y a une bonne liaison mécanique entre la membrane et son support. C'est le cas en particulier des membranes minérales et de certaines membranes fibres creuses.

- b) Nettoyage chimique: Même avec un prétraitement bien conçu et des conditions opératoires convenablement choisies, on constate, dans la plupart des cas, un colmatage progressif des membranes au cours du temps. Le nettoyage chimique est presque toujours nécessaire si l'on veut que l'installation fonctionne suivant ses performances nominales.

➤ Fréquence de nettoyage : la décision d'effectuer un nettoyage chimique d'un module d'osmose inverse ou d'ultrafiltration peut être liée :

-soit à la valeur maximale de la perte de charge que l'on impose de ne pas dépasser

-soit la valeur du débit de perméat correspondant à une diminution de 20 et 25% du débit nominal

-soit à un programme de nettoyage systématique prédéterminé dans les cas où l'on a une installation importante qui comporte un nombre élevé de modules. On peut ainsi avoir assuré la production .

- Solution de nettoyage : la choix des solution de nettoyage dépend, d'une part, de la nature des dépôts qui sont à l'origine du colmatage et, d'autre part, de la nature des membranes : il faut en effet dissoudre les dépôts sans détériorer ces dernières. On comprend dans ces conditions que chaque fournisseur de membranes préconise pour chaque cas une solution de nettoyage fonction de la nature de la membrane et de la nature du dépôt.

Les solution généralement employées sont présentées dans le tableau suivant. Il reviendra à l'utilisateur de s'assurer qu'elles sont compatibles avec la membrane à nettoyer.

Tableau 3.1 : Solution de nettoyages préconisés en fonction des types de dépôts

Type de solution de nettoyage	Type de dépôt
Solutions acides (acide citrique, acide chlorhydrique)	Dépôts carbonatés hydroxydes
Solutions basiques (soude caustique)	Dépôts organiques
Solutions de détergents (avec ou sans enzymes)	Dépôts organiques protéines
Solutions oxydantes (chlore)	Dépôts biologiques dus à des développements bactériens

3.5 : Avantages et Inconvénients des différents techniques à membranes :

3.5.1 : Avantages des techniques à membranes :

- ❖ Elles opèrent à température ambiante en général, d'où l'absence de dénaturation des molécules fragiles telles que les protéines et le respect des qualités organoleptiques grâce à l'absence de choc thermique. On peut citer comme exemple la concentration de jus de tomate par osmose inverse ou la débactérisation du lait par microfiltration tangentielle.
- ❖ La séparation est fondée sur des critères physiques (diamètres de pores) et ne fait pas intervenir de réactifs chimiques comme extractants (solvants, acides, bases.....), réactifs qui sont, en général, une source importante de pollution. Ainsi, dans le cas de la déminéralisation de l'eau, l'osmose inverse présente un avantage par rapport à l'échange d'ions qui produit des quantités importantes d'effluents.
- ❖ Elles ne font pas intervenir de changement de phase ; il n'y a donc pas d'enthalpie à fournir, ce qui permet, par rapport à l'évaporation, d'être plus économe en énergie. A titre d'exemple, l'osmose inverse connaît un développement important dans le domaine du dessalement de l'eau de mer, en particulier parce que la consommation d'énergie associée au procédé est très faible.
- ❖ Les procédés peuvent fonctionner en continu et sont simples et faciles à automatiser, du moins en principe. Ainsi, contrairement à la filtration frontale ou à l'échange d'ions, qui sont des procédés séquentiels (avec des phases de fixation et d'élution pour l'échange d'ions), la circulation tangentielle du liquide à traiter permet d'éviter l'accumulation progressive de dépôts. Cet avantage doit toutefois être pondéré par la nécessité de procéder à des nettoyages périodiques des membranes.

3.5.2 : Inconvénients des techniques à membranes :

- ❖ Colmatage des membranes : qui se traduit, en général, par une baisse de la perméabilité et une modification de la sélectivité qui n'est pas toujours souhaitable.
- ❖ Sélectivité imparfaite des membranes : elle n'est jamais égale à 100% sauf peut-être en microfiltration. De plus, en ultrafiltration industrielle, la séparation ne se fait dans de bonnes conditions que pour des molécules ayant un rapport de masses moléculaires supérieur ou égal à 10.
- ❖ Durée de vie des membranes limitée : soit par perte de résistance mécanique, soit par suite d'une mauvaise tenue aux réactifs utilisés pour le nettoyage.
- ❖ Nécessité de faire circuler le liquide : à filtrer tangentiellement à la membrane à des vitesses relativement élevées (2 à 5 m.S-1), ce qui implique des pompes de grande taille et de consommations d'énergie élevées (cas, par exemple de la microfiltration).

Dans la filtration sur membrane on peut distinguer d'une part la micro et l'ultra filtration et de l'autre la nano filtration et l'osmose inverse (RO ou hyper filtration). Quand on utilise la filtration sur membrane pour éliminer des particules de taille relativement importante on utilise la micro filtration ou l'ultra filtration. Dans ce cas la productivité est importante alors que les différences de pressions sont faibles. Lorsqu'on doit éliminer des sels de l'eau, on utilise la nano filtration et l'osmose inverse. Les membranes de nanofiltration et d'osmose inverse ne fonctionnent pas selon le principe des pores, la séparation s'effectue par diffusion à travers la membrane. La pression requise pour réaliser la nano-filtration ou l'osmose inverse est beaucoup plus élevée que la pression requise pour la micro et l'ultrafiltration, tandis que la productivité est beaucoup plus faible.

la filtration sur membrane a un certain nombre d'avantages sur les techniques de purification existantes :

- *- C'est un procédé qui peut être exécuté lorsque les températures sont faibles. C'est important car ça permet de traiter des matériaux sensibles à la chaleur. C'est pourquoi ce procédé est largement utilisé par l'industrie alimentaire.
- *- c'est un procédé avec un coût énergétique faible. La plupart de l'énergie requise est utilisée pour pomper le liquide dans la membrane. La quantité totale d'énergie utilisée est mineure comparée aux autres techniques telles que l'évaporation.
- *- Le procédé peut facilement être agrandi.

Les différents types de procédés des systèmes de filtration sur membrane

Les systèmes de filtration sur membranes peuvent fonctionner de deux façons: la filtration frontale et la filtration tangentielle. L'objectif de l'optimisation des techniques membranaires est d'atteindre la production la plus élevée possible pendant une longue période, avec des niveaux de pollutions acceptables.

Systèmes membranaires

Le choix du type de système membranaire est dépend d'un grand nombre de paramètres, tels que les coûts, les risques de colmatages des membranes, la densité, et le nettoyage nécessaires. Les membranes ne sont jamais utilisées sous la forme d'une grande surface plane, car cette surface importante a souvent pour conséquence des coûts d'investissement important. C'est pourquoi les systèmes sont construits de façon dense pour permettre de placer une grande surface de membrane dans le volume le plus petits possible. Pour cela on utilise différents assemblages, les deux principaux sont les systèmes membranaires tubulaires et les systèmes membranaire plans et en spirale (plate & frame). Les systèmes tubulaires comportent les membranes tubulaires, capillaires et à fibres creuses. Les membranes existent sous forme tubulaires, capillaires ou fibres creuses. Dans les membranes planes et en spirale on distingue les membranes en spirale et les membranes pillow shaped (forme oreiller).

MENU	SET POINT	LOG ON/OFF	SYSTEME	DEMAR / ARRÊTE	CYCLE CENTRALE	RESET ALARME	GRAPHI RELEVÉ	ALARME	AUTO																																
SYSTEME DE ULTRAFILTRATION UF EN ARRÊTE POUR NIVEAU DE MAXIMUM T4 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">ULTRAFILTRATION</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">DEFENSISATEURS</div> </div> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Cycle général désactivé</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>QT1</td><td>0000,0</td> <td>PT1a</td><td>0000,0</td> <td>PT2p</td><td>0000,0</td> <td>T3</td><td>000 %</td> </tr> <tr> <td>QT2</td><td>0000,0</td> <td>PT1c</td><td>0000,0</td> <td>TTA</td><td>0000,0</td> <td>TMP A</td><td>0000,0</td> </tr> <tr> <td>NT1</td><td>0000,0</td> <td>PT2c</td><td>0000,0</td> <td>TTE</td><td>0000,0</td> <td>TMP B</td><td>0000,0</td> </tr> <tr> <td>PH</td><td>0000,0</td> <td>PT1p</td><td>0000,0</td> <td>T1</td><td>000 %</td> <td></td><td></td> </tr> </table>										QT1	0000,0	PT1a	0000,0	PT2p	0000,0	T3	000 %	QT2	0000,0	PT1c	0000,0	TTA	0000,0	TMP A	0000,0	NT1	0000,0	PT2c	0000,0	TTE	0000,0	TMP B	0000,0	PH	0000,0	PT1p	0000,0	T1	000 %		
QT1	0000,0	PT1a	0000,0	PT2p	0000,0	T3	000 %																																		
QT2	0000,0	PT1c	0000,0	TTA	0000,0	TMP A	0000,0																																		
NT1	0000,0	PT2c	0000,0	TTE	0000,0	TMP B	0000,0																																		
PH	0000,0	PT1p	0000,0	T1	000 %																																				

PT1a = Pression d'alimentation	QT1 = Débit d'entrée d'eau ultrafiltration
PT1c = Pression de concentrât colonne A « filtrée »	QT2 = Débit de sortie d'eau ultrafiltration
PT2c = Pression de concentrât colonne B	NT1 = Turbidité entrée de l'ultrafiltration
PT1p A = Pression du perméat colonne A	
PT2p B = Pression du perméat colonne B	
TTA = Température dans la colonne A	
TT B = Température dans la colonne B	
T1 = Réservoir d'accumulation d'eau après décantation (Niveau de remplissage)	
T3 = Réservoir d'accumulation d'eau après ultra filtration (Niveau de remplissage)	
TMPD = Différence de pression dans la membrane colonne A	
TMPB = Différence de pression dans la membrane colonne B	

Encrassement des membranes

Lors des filtrations l'encrassement des membranes est inévitable, même avec un prétraitement suffisant. Le type et la quantité d'encrassement dépend de beaucoup de facteurs différents, tels que la qualité de l'eau alimentant le système, le type de membranes, le matériaux de la membrane, la conception du procédé et son contrôle.

Les particules, le bio encrassement et le tartre sont les trois principaux types d'encrassement d'une membrane. Du fait de ces contaminants une charge de travail plus importante est nécessaire pour pouvoir garantir une capacité continue des membranes. Au bout d'un moment la pression nécessaire est tellement élevée que le système n'est plus économiquement et techniquement valable: il faut nettoyer la membranes.

Conditions d'utilisation l'UF :

- Température ambiante min +5 max + 40 °C
- Température eau min +5 max + 30°C
- Humidité relative max 80 %
- Alimentation électrique 10 %
- Fréquence alimentation électrique 50 Hz + 5

CHAPITRE 4

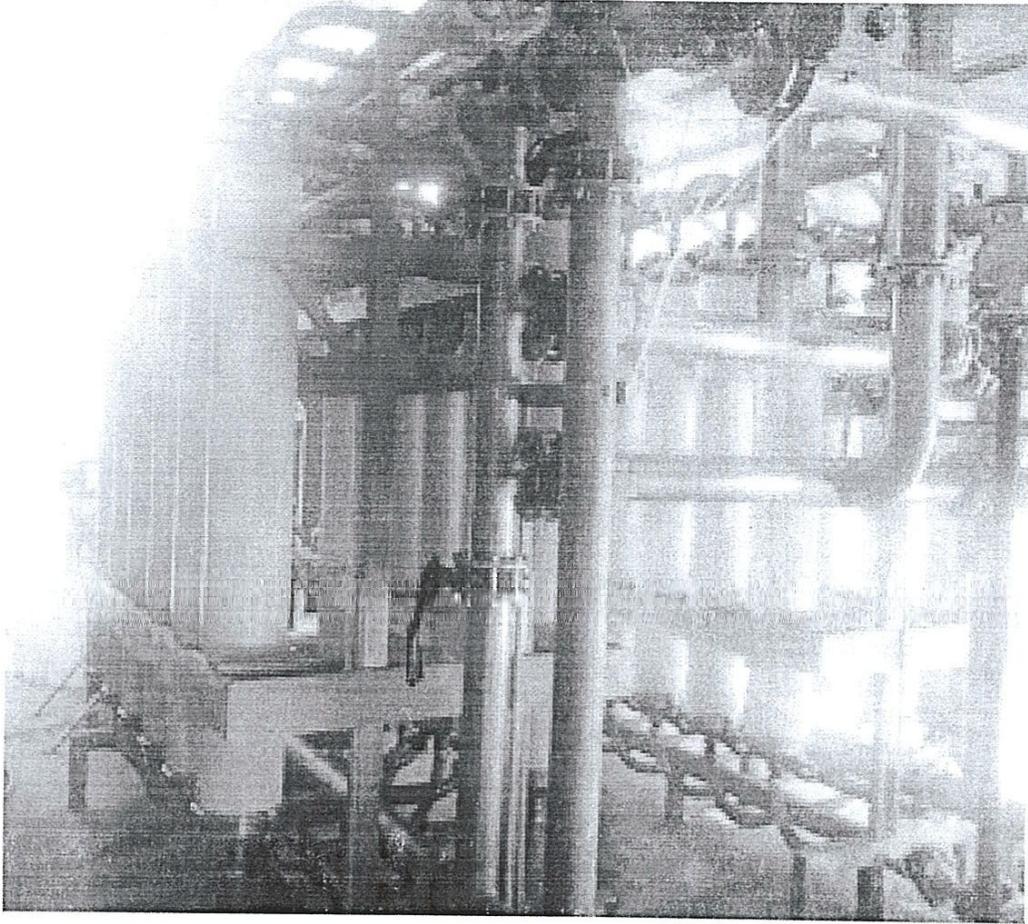


Fig 4.1 : Système membranaire

4.2 : Tableau de Contrôle

MENU	SET POINT	LOG ON/OFF	SYSTEME	DEMANDE / CONTRÔLE	CYCLE GÉNÉRAL	RESET	GRAPHES	ALARMES	AUTO
<h2>SYSTEME DE ULTRAFILTRATION</h2> <p>UF EN ARRÊTE POUR NIVEAU DE MAXIMUM T4</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #cccccc;"> ULTRAFILTRATION </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #cccccc;"> DEFERISATEURS </div> </div> <h3>Cycle général desactivé</h3>									
QT1	0000,0	PT1a	0000,0	PT2p	0000,0	T3	000 %		
QT2	0000,0	PT1c	0000,0	TTA	0000,0	TMP A	0000,0		
NT1	0000,0	PT2c	0000,0	TTB	0000,0	TMP B	0000,0		
PH	0000,0	PT1p	0000,0	T1	000 %				

PT1a = Pression d'alimentation	QT1 = Débit d'entrée d'eau ultrafiltration
PT1c = Pression de concentrât colonne A « filtrée »	QT2 = Débit de sortie d'eau ultrafiltration
PT2c = Pression de concentrât colonne B	NT1 = Turbidité entrée de l'ultrafiltration
PT1p A = Pression du perméat colonne A	
PT2p B = Pression du perméat colonne B	
TTA = Température dans la colonne A	
TT B = Température dans la colonne B	
T1 = Réservoir d'accumulation d'eau après décantation (Niveau de remplissage)	
T3 = Réservoir d'accumulation d'eau après ultra filtration (Niveau de remplissage)	
TMPD = Différence de pression dans la membrane colonne A	
TMPB = Différence de pression dans la membrane colonne B	

Suivi des Analyses Physico-chimique De l'eau De la Station De Traitement

Date de l'analyse	HI-S SEDIMENTATION					ULTRAFILTRATION					DEFERISATION									
	Entree (eau brute)			Sortie (eau brute)		sortie UF					sortie DEF (EAU POTABLE)									
aspect	PH	cond	aspect	PH	cond	Ci2	PH	cond	Ci2	For	Mn	PH	cond	Ci2	For	Mn	CI	TATAC	TH	
04/07/2010	Peu claire	7.55 à 25.0c	1503 à 25.1c	clair	7.73 à 25.0c	1501 à 25.2c	0.3	7.80 à 25.0c	1507 à 25.3c	0.4	0	traces	7.63 à 25.0c	1504 à 25.5c	0.2	0	0	240	10/300	40
08/07/2010	Blanc sale	7.91 à 25.0c	1138 à 25.3c	Pen claire	7.64 à 25.0c	1198 à 25.1c	0.1	7.66 à 25.0c	1203 à 24.8c	0.5	0.1	0	7.60 à 25.0c	1204 à 24.9c	0.3	0	0	220	10/210	28
14/07/2010	Blanc sale	7.92 à 23.5c	881 à 23.5c	clair	7.90 à 24.0c	893 à 24.0c	0.1	7.60 à 24.0c	939 à 24.5c	traces	0.1	0	7.67 à 24.0c	940 à 23.5c	traces	0	0	220	20/180	24
17/07/2010	Blanc sale	7.66 à 25.0c	1197 à 24.5c	clair	7.67 à 25.0c	1200 à 24.5c	0.1	7.76 à 25.0c	1168 à 24.6c	0.5	0.06	traces	7.73 à 25.0c	1139 à 24.7c	0.1	0	0	240	10/160	36
20/07/2010	Blanc sale	7.58 à 27.0c	1070 à 25.8c	Clair	7.51 à 27.0c	1123 à 26.0c	traces	7.66 à 26.0c	1154 à 25.7c	0.3	0	0.05	7.45 à 26.0c	1189 à 25.3c	0.1	0	0	200	10/180	24
24/07/2010	Blanc sale	7.48 à 24.0c	974 à 23.8c	Clair	7.08 à 24.0c	1079 à 23.8c	traces	7.20 à 24.0c	1098 à 23.9c	traces	0	0	7.23 à 24.0c	1121 à 24.0c	0.1	0	0	240	10/170	32
30/07/2010	Blanc sale	7.92 à 24.0c	881 à 23.5c	Clair	7.90 à 24.0c	893 à 24.0c	0.1	7.35 à 24.0c	1010 à 25.0c	traces	0.06	0.05	7.31 à 25.0c	1015 à 25.0c	0.5	0	0	200	10/150	28
04/08/2010	trouble	7.34 à 26.0c	938 à 26.3c	clair	7.47 à 26.0c	1019 à 26.3c	traces	7.38 à 26.0c	1031 à 23.5c	traces	traces	0.05	7.30 à 25.0c	1040 à 23.5c	0.3	0	0	200	10/160	28

L'ABORATOIRE :

CAB

GRUPE BENAMOR

CONSERVÉRIE AMOR BENAMOR « CAB »

EL FEDJOUJ, Wilaya de Guelma

Tél : +213 37 23 83 00/01/03 - Fax : +213 37 23 83 02 - Email : cabsami@yahoo.fr - Site web : www.benamor.group.com

SUIVI DES ANALYSES PHYSICO-CHEMIQUES DE L'EAU

DATE	Eaux Brut				Eau Clarifié (t1)				Eau U- Filtrée (t3)				Eau Potable (Entrée)				Eau Pot							
	Asp	pH	Con	Asp	pH	Con	Cl2	pH	Con	Cl2	Fe	Mn	pH	Con	Cl2	Cl-	TA	Fe	TAC	TH	MI	pH	Con	Cl
26/9/10	Blanc Sale	7,5 28°C	9,68 23,1°C	Clair	7,32 23°C	10,31 22,9°	Traces	7,43 23°C	10,27 23,4°	0,00	0,05	7,54 23°C	10,14 23°		100	0,0	0	160	29	0	7,66 24°	10,59 23,9°	0,0	
30/9/10	Peu clair	7,71 22°C	902 21,9	Clair	7,37 22°C	946 2,9	Trace	7,48 22°C	955 21,8	-	-	7,64 22°C	92 21,1	1,00	142	0,0	-	160	36	36	-	7,77 22	10,44 21,9	Tr
04/10/10	Peu clair	7,55 22°C	901 22,1	Clair	7,32 23°C	946 22,9	Trace	7,49 23°C	981 23,2°	0,06	0,05	7,54 23°C	979 23,5°	0,75	177,5	0,00	0	150	35	35	0	7,64 26	10,25 26,1	Tr
10/10/10	Peu Clair	7,69 23°C	940 23,5	Clair	7,36 24°C	987 23,9	0,2	7,37 24°C	1016 23,6	0,0	0,15	7,49 24°C	1020 23,5	1,0	134,9	0,00	0	130	24	24	0,15	7,79 24°	10,00 24,1	0,1
12/10/10	Troublé	7,69 22°C	960 21	Clair	7,25 21,5°C	1029 21,3	0,2	7,45 22°C	1051 21,6°	0,0	0,00	7,54 22,1°C	1043 21,9	0,75	177,5	0,0	0	140	34	34	0,0	7,77 24°	10,19 23,9	0,1
17/10/10	Peu Clair	7,61 20,3°C	11,45 21,52	Clair	7,37 20°C	11,80 20,2°	0,10	7,45 20°C	12,28 20,5	0,5	0,15	7,46 20°C	12,23 20,5	0,5	184,6	1,0	0	130	28	28	0,05	7,74 22,1	10,42 22,1°	0,0
21/10/10	Peu Clair	7,70 21°C	11,85 20,9°	Clair	7,68 21°C	11,93 20,6°	Trace	7,88 20°C	12,22 20,3	0,00	0,15	7,86 20°C	12,22 20,4	1,0	170,4	10	0	170	50	50	0,4	7,73 20°	11,34 20°	Tr
25/10/10	Planc sale	7,77 23°C	12,73 23,3°	Clair	7,59 24°C	13,09 24,6	0,3	7,62 24°C	13,31 23,6	-	-	7,77 24°C	13,41 24,1	1,0	-	-	-	-	-	-	-	7,7 23°	11,97 22,8	0,3
28/10/10	Blanc Sale	7,83 19°C	13,09 19°	Clair	7,55 19°C	13,48 18,8	0,3	7,57 19°C	13,52 18,8	0,4	0,15	7,71 15°C	13,60 18,7	0,4	200	10	0	180	28	28	0,05	7,84 19°	12,69 19,1	0,1
31/10/10	Peu Clair	7,80 19°	13,04 19°	Clair	7,51 18,6°C	13,41 18,6	0,3	7,71 18,8°C	13,88 18,8	0,00	1,15	7,75 19°C	13,79 19°	1,0	205	1,0	0	200	42	42	0,05	7,96 19°	13,21 19°	0,5
07/11/10	Peu Clair	7,79 19,8°C	13,14 17,6	Clair	7,85 17,7°C	13,37 7,7	0,5	8,01 17,8°C	14,00 17,8	0,0	0,15	7,98 18,4°C	14,00 18,4	1,5	255,6	10	0,0	220	42	42	0,05	9,95 18,5	13,31 18,4	Tr
10h30	Peu Clair	7,75 20°C	14,26 20,5	Clair	7,88 20°C	14,43 20,3	0,75	8,05 20	14,87 20,1	0,00	1,15	7,93 20°C	14,74 20,2	1,5	234,3	1,0	0,0	260	60	60	0,15	8,04 20°	14,31 21°	0,4

CAB

**GROUPE BENAMOR
CONSERVERIE AMOR BENAMOR « CAB »
EL FEDJOU DJ, Wilaya de Guelma**

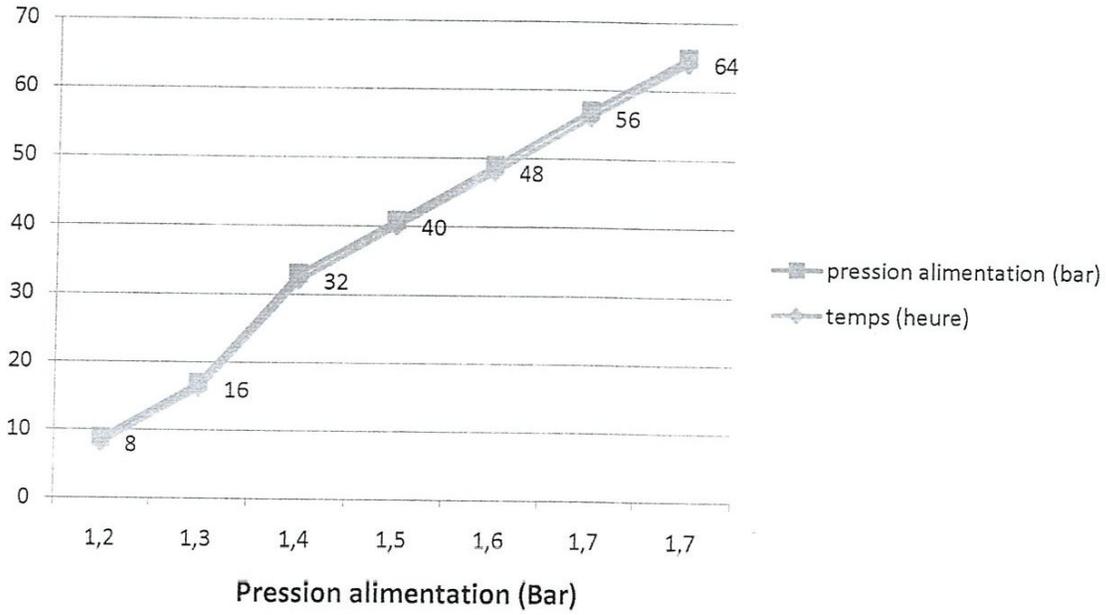
Tél : +213 37 23 83 00/01/03 - Fax : +213 37 23 83 02 - Email : cabsami@yahoo.fr - Site web : www.benamor.group.com

SUIVI DES ANALYSES PHYSICO-CHEMIQUES DE L'EAU

Date	Eaux Brut			Eau Clarifié (T1)			Eau U-Filtrée (T3)						Eau Potable (Entrée)						Eau Potable (Sort)						
	Asp	PH	Con	Asp	PH	Con	PH	Con	C12	Fe	Mn	PH	Con	C12	TA	TAC	Fe	Mn	Cl	Th	PH	Con	C12	Ta	TAC
23/02/11 10 h 00	Peu Clair	7,71 18°C	1576 18,3	Clair	7,84 19°C	1586 17,9	7,85 17°C	1569 17,4	1,00	-	-	7,78 18°C	1587 17,8	1,00	-	-	-	-	-	70	7,89 18°	1576 17,7°	0,4	-	-
27/02/11 10h40	Peu Clair	7,56 21°C	1558 21,5	Clair	7,74 21°C	1539 20,9	7,78 21°C	1567 21°	0,75	-	-	7,8 21°C	1564 20,7	0,75	-	-	-	-	-	65	7,88 20°	-	-	-	-
02/03/11 9 h20.00	Peu clair	7,56 19°C	1562 18,7	Clair	7,75 19°C	1556 18,5	7,81 18°C	1558 18,4	0,75	0,00	0,15	7,77 19°C	1550 18,5	0,5	10	220	0,00	0,05	260	65	7,84 19	1551 18,6	0,4	10	221
06/03/11 9 h 40	Peu clair	7,70 21°C	1560 20,6	Clair	7,78 20°C	1567 19,9	7,78 20°C	1568 19,8	0,03	0,00	0,15	7,79 20°C	1565 20,4	0,3	10	250	0,00	0,05	-	65	7,93 20	1558 20,2	0,4	10	251
09/03/11 10 h 20	Peu clair	7,64 21°C	1566 20,8	Clair	7,87 21°C	1570 20,8	7,92 21°C	1578 20,7	0,75	-	-	7,82 21°C	1570 21,5	0,75	-	-	-	-	319,5	60	8,00 20	1561 20,3	0,4	-	-
13/03/11 11h00	Peu clair	7,69 18°C	1590 17,8	Clair	7,90 18°C	1604 17,90	7,82 18°C	1607 18,1	0,75	0,00	7,87	1602 18,1°C	0,4	10	250	0,00	-	284	70	-	-	0,3	-	-	-
16/03/11 8h 45	Peu clair	7,78 18°C	1546 18,2	Clair	7,91 18°C	1560 18,3	7,88 19°C	1570 18,6	0,5	0,00	0,05	7,91 19°C	1565 18,50	0,75	10	290	0,00	0,05	319,5	60	7,96 19	1551 18,6	0,2	10	29
18/03/11 8h50	Peu clair	7,64 17°C	1512 17,2	Clair	7,86 17°C	1517 17,1	7,91 17,2°C	1520 17,4	1,00	0,00	0,05	7,87 17,5°C	1516 17,8	0,75	10	280	0,00	0,05	248,5	65	7,97 18	1521 18,6	0,2	10	28
23/03/11 9 h 30	Peu clair	7,65 23	1536 23,2	Clair	7,82 23°C	1538 23,3	7,83 23°C	1543 23,3	0,56	-	-	7,88 23°C	1536 22,7	0,5	-	-	-	-	-	65	8,04 23	1528 22,8	0,3	-	-
27/03/11 9 h 00	clair	7,68 25°C	1542 24,6	Clair	7,85 25°C	1546 24,8	7,84 28°C	1548 25,1	0,4	0,00	0,05	7,84 28°C	1543 25,3	0,5	10	280	0,00	0,05	319,5	50	8,01 25	1535 24,7	0,2	10	28
30/03/11 8 h 45	Peu clair	7,79 22°C	1546 21,5	Clair	7,89 22°C	1549 21,5	7,86 22°C	1550 21,8	0,2	0,00	0,05	7,88 21°C	1541 21,4	0,1	-	-	0,00	0,00	-	60	8,00 21	1516 21,1	0,1	-	-
02/04/11 9 h 00	clair	7,61 21°C	1591 21,4	Clair	7,81 21°C	1593 21,3	7,80 21°C	1594 21,1	0,3	-	-	7,84 21°C	1593 21	0,4	10	300	-	-	213	55	7,98 21	1572 21,4	0,3	10	300

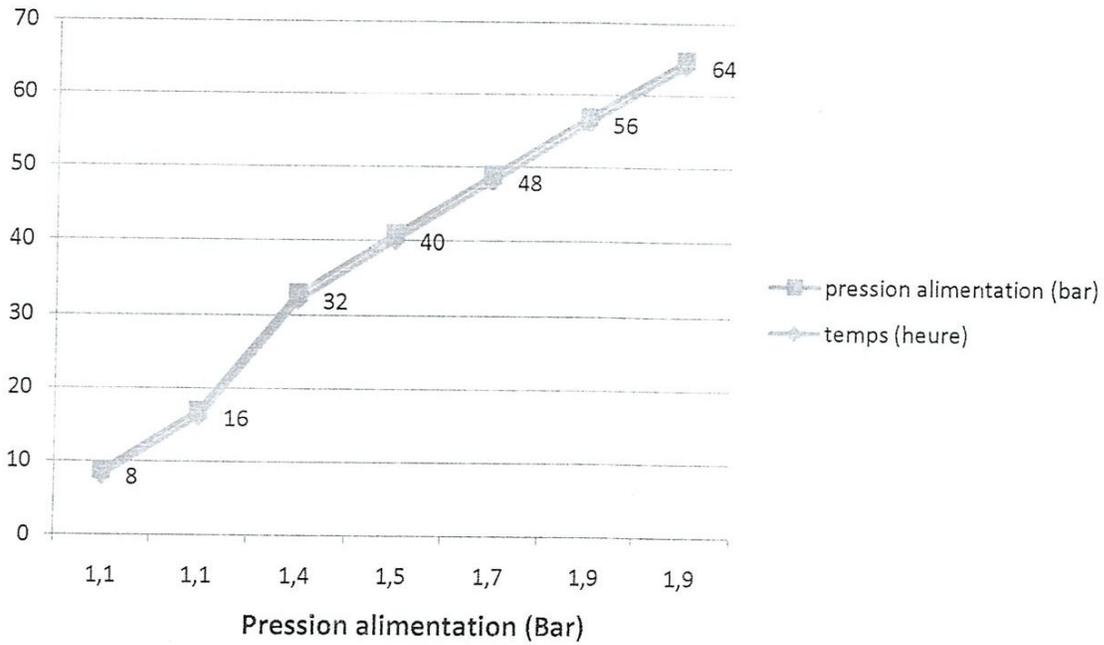
Date	TTA Température eau brute	NT1 UF entrée	PT1a UF bar	Colonne A		Colonne B		Différence pression colonne A et B		QT1 UF compteur entrée	Volume eau brute entrée par jour	QT1 UF débitmètre entrée	QT2 UF compteur sortie	Volume eau filtré par jour sortie	QT2 UF débitmètre sortie	Rx U
				PT1c UF bar	PT1p UF bar	PT2c UF bar	PT2p UF bar	TMP A	TMP B							
	°C	NTU	bar	bar	bar	bar				m ³	m ³	m ³ /h	m ³	m ³	m ³ /h	
	T	NTU	pt1a								Vebe			vefs	qt2s	
Mois de Janvier																
02/01/2011	21,2	3,05	1,2	0,6	0,2	0,6	0,2	0,5	0,5	62159	""	68,6	39407	""	51,3	
03/01/2011	22,8	6,76	1,3	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,5	62609	450	68,9	39729	322	50,8	
05/01/2011	19,6	3,34	1,4	0,7	0,2	0,7	0,2	0,6	0,6	62714	105	66,3	39804	75	48,4	
06/01/2011	18,3	2,62	1,5	0,7	0,2	0,7	0,2	0,6	0,6	62797	83	66,5	39864	60	47,4	
10/01/2011	20,9	3,15	1,6	0,7	0,2	0,7	0,2	0,6	0,6	63002	205	67,4	40002	138	48,2	
12/01/2011	20,3	4,78	1,7	0,6	0,2	0,7	0,2	0,6	0,6	63224	222	67,4	40155	153	49,6	
16/01/2011	17,2	2,33	1,7	0,5	0,2	0,6	0,2	0,5	0,5	63384	160	68,6	40270	115	46,7	
Mois de Fevrier																
17/02/2011	19,8	3,93	0,8	0,5	0,2	0,6	0,2	0,4	0,5	63612	228	68,9	40406	136	45,3	
18/02/2011	21,2	3,66	0,8	0,6	0,2	0,6	0,2	0,5	0,5	63772	160	68,3	40517	111	47,1	
19/02/2011	18,5	4,29	0,9	0,6	0,2	0,7	0,2	0,6	0,6	63878	106	66,8	40589	72	46,2	
20/02/2011	18,3	4,95	1	0,7	0,2	0,7	0,2	0,6	0,6	63953	75	66,3	40643	54	46,5	
23/02/2011	19,3	4,51	1	0,7	0,2	0,7	0,2	0,6	0,7	64074	121	66	40722	79	47,1	
25/02/2011	19	2,49	0,8	0,6	0,2	0,6	0,2	0,5	0,5	64299	225	68,4	40884	162	48	
26/02/2011	20,2	3,19	0,8	0,5	0,2	0,6	0,2	0,5	0,5	64486	412	68,9	41019	297	50,5	
Mois de Mars																
27/03/2011	21,6	2,57	0,7	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,5	64638	64638	68,4	41130	41130	51,1	
30/03/2011	20,1	3,46	0,7	0,5	0,2	0,5	0,2	0,3	0,4	64894	256	70,5	41316	186	55,5	
31/03/2011	20,7	4,21	0,6	0,4	0,2	0,5	0,2	0,3	0,4	65057	163	70,7	41440	124	53,4	
01/04/2011	21,3	3,17	0,7	0,5	0,2	0,5	0,2	0,4	0,4	65200	143	70,4	41544	104	53	
03/04/2011	21,4	2,7	0,7	0,5	0,2	0,5	0,2	0,4	0,4	65340	140	69,1	41650	106	51	
06/04/2011	22,4	2,74	0,6	0,3	0,2	0,4	0,2	0,3	0,3	65673	333	71,9	41900	250	52	
08/04/2011	22,5	2,34	0,6	0,4	0,2	0,4	0,2	0,3	0,3	65867	194	71,3	42040	140	55	

Temps (Heure)



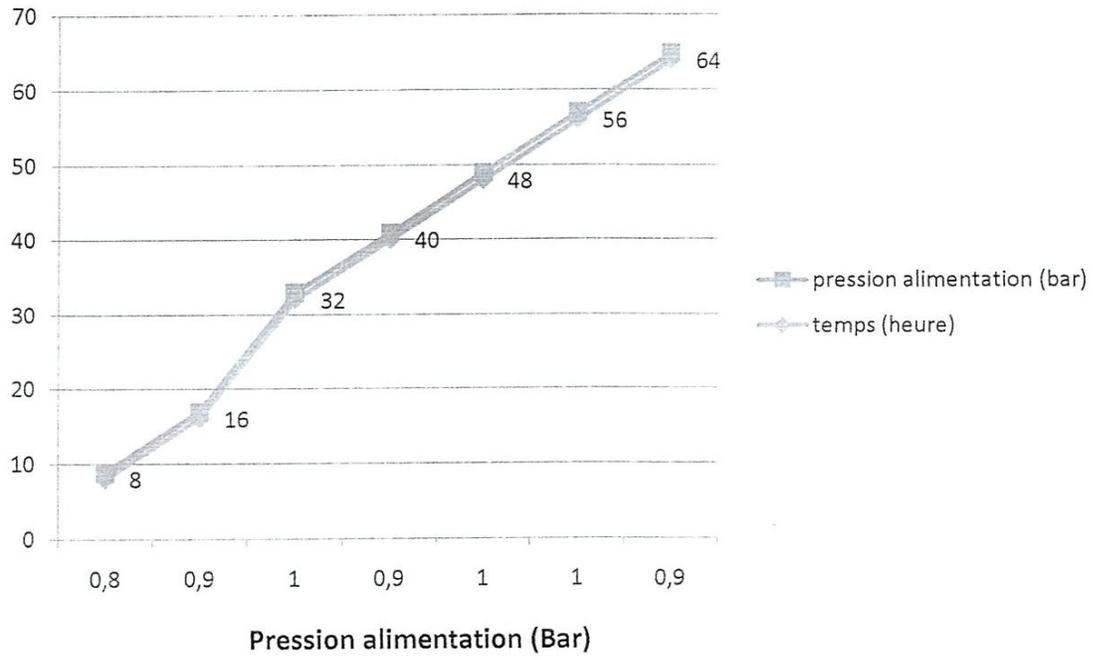
Influence des heures de fonctionnement du système d'Ultra-filtration sur la pression d'alimentation (h=8 heures)

emps (Heure)



Influence des heures de fonctionnement du système d'Ultra-filtration sur la pression d'alimentation (h=8 heures)

Temps (Heure)



Influence des heures de fonctionnement du système d'Ultra-filtration sur la pression d'alimentation (h=8 heures)
Mois de Janvier

- On remarque d'après la courbe de variation de la pression d'alimentation du système de l'ultrafiltration en fonction du temps de fonctionnement, que la pression augmente en fonction du temps. Cela signifie qu'il y a colmatage des membranes.

D'après le tableau de fonctionnement de l'ultrafiltration, on remarque que la pression du concentrat t (0,5 – 1,2) est toujours supérieur à la pression du perméat (0,2 – 0,3) et la pression d'alimentation (,8 – 1,9).

* On remarque d'après la courbe de conductivité entrée et sortie du système ultrafiltration fonctionne en parallèle., si la pression augmente la conductivité est en baisse et au cas ou la pression diminue la conductivité augmente .

CONCLUSION

L'analyse bibliographique nous montre l'importance du procédé de l'ultrafiltration dans l'élimination de virus et de molécules de taille (10^{-1} - 10^{-3}) μm par le mécanisme de transfert de la membrane de type capillaire qui consiste à considérer les membranes comme un milieu poreux constitué d'une multitude de capillaires ; dans ce cas , sélectivité et perméabilité peuvent être déterminées à partir du diamètre de pore , du nombre de pores et de leur courbe de distribution.

L'analyse de toutes les théories du troisième chapitre nous permet de conclure que :

- La technologie membranaire est devenue une véritable technologie de séparation.
- sans ajout de produits chimiques,
- avec une consommation d'énergie relativement faible et une conduction
- Utilisée dans le traitements d'eaux souterraines, de surface, ou usées
- Il y a deux facteurs qui déterminent l'efficacité d'un procédé de filtration sur membrane :

- la sélectivité
- et la productivité.

L'analyse et le contrôle du procédé de l'Ultrafiltration nous permet de dire que :

- Une augmentation de la pression d'alimentation en fonction des heures de marche des membranes.
- Une augmentation de la conductivité entre l'entrée et la sortie du système de l'ultrafiltration..

Bibliographie

- [1] Degré mont « Mémento technique de l'eau » ;9 édition 1989
Edition technique et documentation, paris
- [2] A.Kettab « traitement des eaux potables »
Office des publications universitaires 1989
- [3] Raymond Desjardins « le traitement des eaux » édition de l'école
Polytechnique de Montréal 1997
- [4] Emilian koller «traitement des pollutions industrielles (eau, air, déchets,
Sols, boues.) » 1989
- [5] Jacques bomin « hydraulique urbaine » tome 1, 1986
André du pont « hydraulique urbaine »
- [6] Jacques Mayet « la pratique de l'eau »
Publication du moniteur, paris 1994
- [7] Documentations de la stations de traitement
D'eau Potable de Guelma « Omar ben Omar »
- [8] Technique de l'ingénieur « volume j2II Génie des procédés,
Dominique LECLERC « filtration en profondeur aspects théoriques »
J3 503.
-Dominique LECLERC« filtration aspects généraux » j3 499
- [9] Technique de l'ingénieur « volume j2II Génie des procédés,
Georges Mériguet « filtration Technologie » j3 510
- [10] Technique de l'ingénieur « volume j2 II Génie des procédés,
- Alain Maurel « techniques séparatives à membranes osmose inverse,
Nano filtration, ultrafiltration, microfiltration tangentielle » j2 790

-Alain Maurel « osmose inverse et ultrafiltration, II technologie et applications » j2 796-j2 797

- [11] Technique de l'ingénieur « volume k 9-1999 Génie des procédés,
-Rémy AUDINOS « membranes semi-perméables (membranes échangeuses d'ions) » k361
-Rémy AUDINOS « volume k 5-2000 (membranes semi-perméables (membranes d'osmose Inverse) » k 362

-Rémy AUDINOS « volume k -2000(membranes semi-perméables membranes de nano filtration) » k 363

-Rémy AUDINOS « membranes semi-perméables (membranes d'ultrafiltration) » k 364

- [12] Technique de l'ingénieur « volume c 5-2000 Eaux de distribution (Traitements unitaires) » k5 200

Site Internet :

- [13] <http://www.ademe.fr/partenaires/boues/page/fiyihtm>
[14] <http://www.Mddep.Gov.qc.ca/eau/potable/depliant/index.htm>
[15] <http://www.univ-ubs/72.14.209.104/search?q=cache:IKIK90/rqw8,Fr./ecologies/controlequalite.Htm+parametre+physicochimiques+des+eaux+potable>
[16] <http://www.mddep.Gouv.qc.ca/eau/potable/depliant/index.htm>
[17] http://fr.Wiki.pdia.org/wiki/eau_potable