

Osmose inverse et choix des membranes d'osmose inverse pour le domaine de l'hémodialyse



24^{ème} session de formation de
Association des techniciens de dialyse
Toulouse, 2015

Veliana Todorova
Responsable Marketing et scientifique
Traitement de l'eau
Baxter

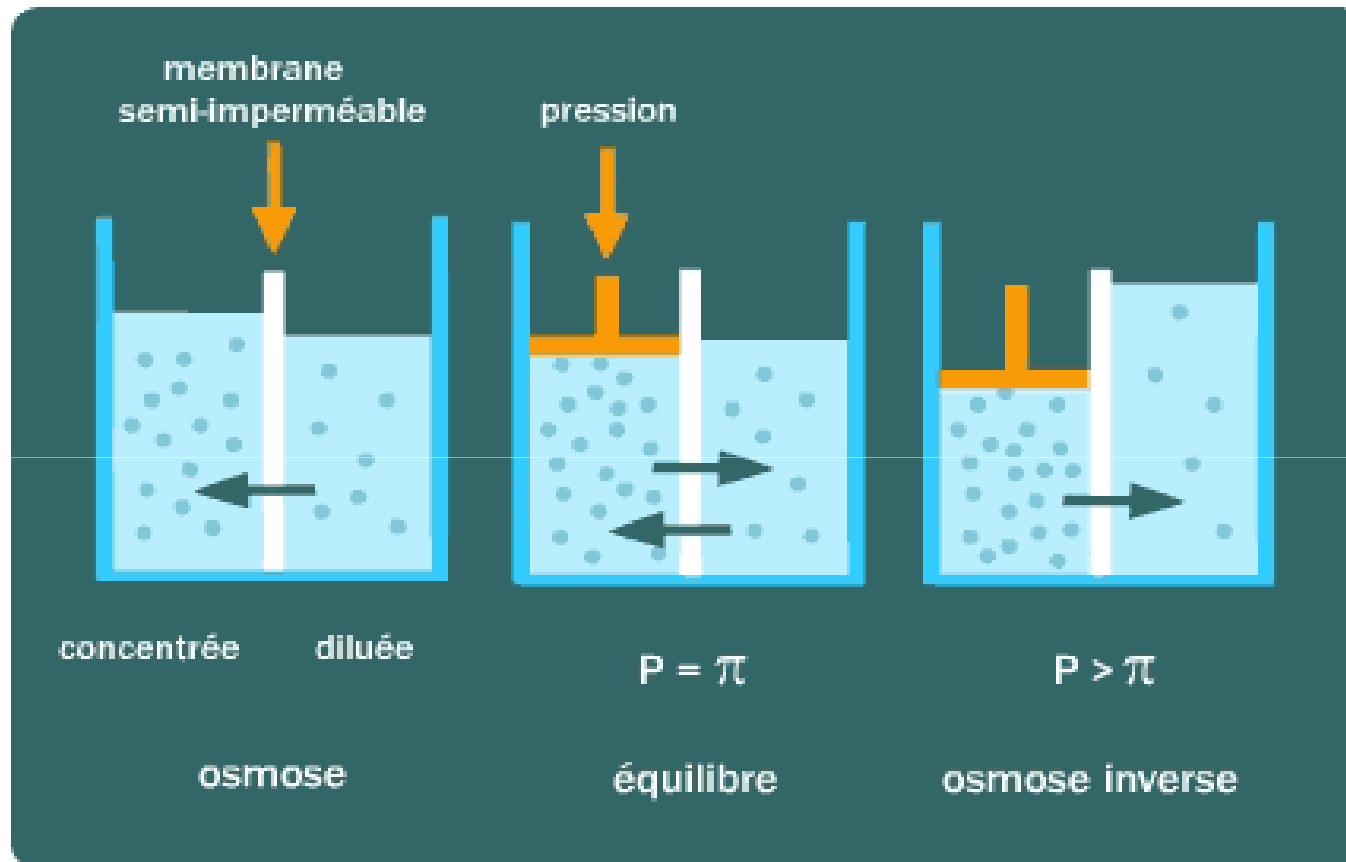
Sommaire

Baxter

1. L'osmose inverse: principes et fonctionnement
2. Quelles membranes pour le domaine de l'hémodialyse?
3. La désinfection des membranes d'osmose

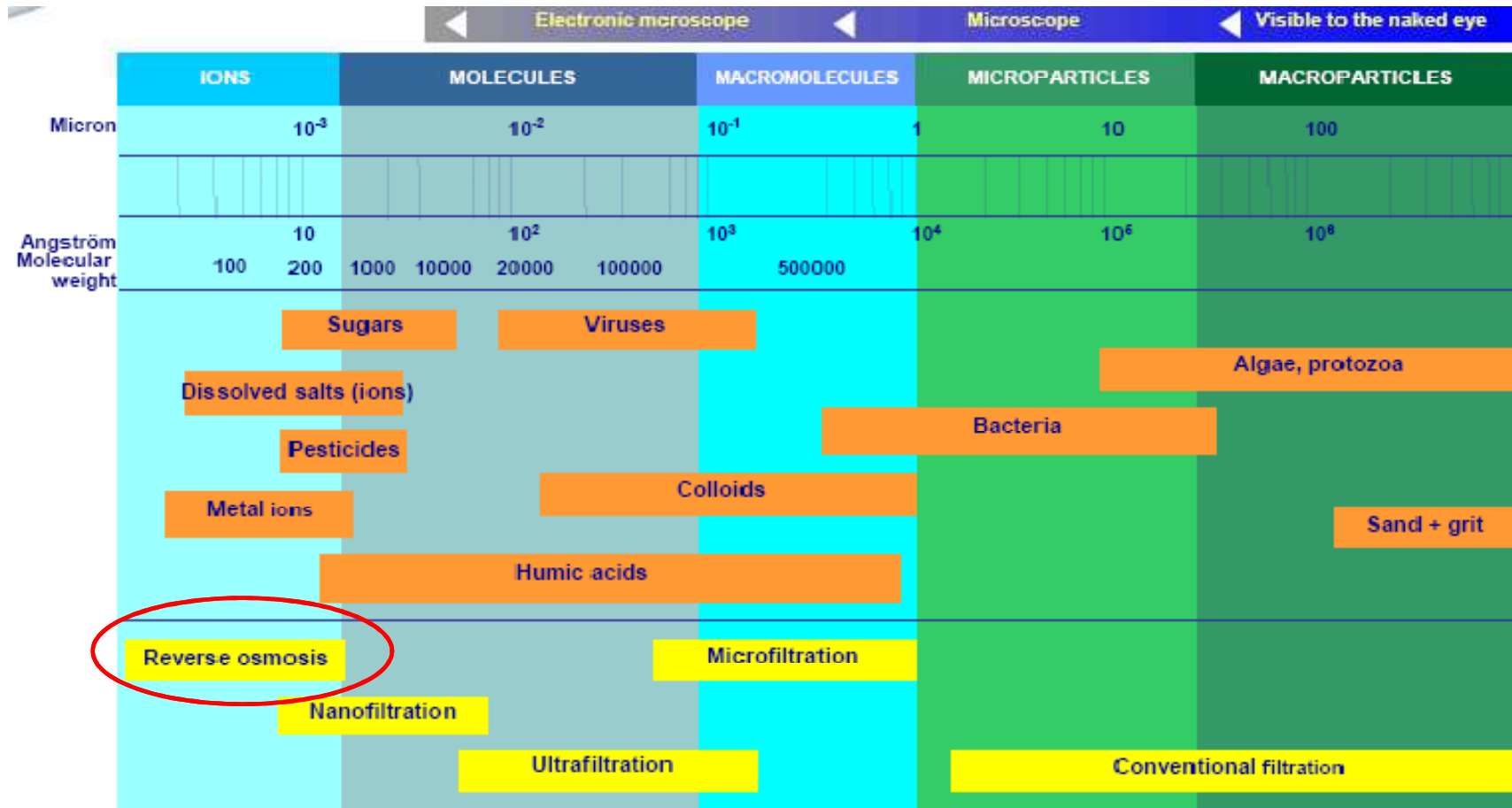
L'osmose inverse:
principes et fonctionnement des
membranes

Osmose et osmose inverse



π = Pression osmotique
P = Pression hydrostatique

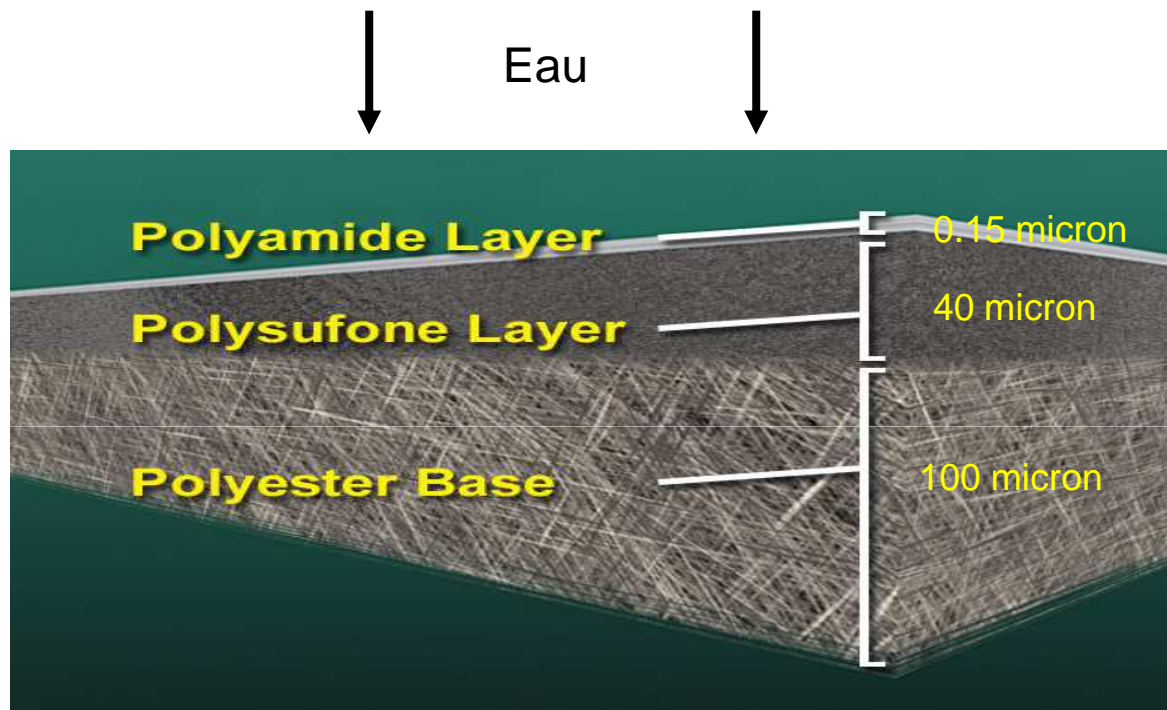
P pour dessalement de l'eau de mer: ~80B
P eau osmosée en dialyse : ~13 - 20B



- L'osmose inverse se situe dans le domaine du 0,0001µm à 0,001µm (150 – 200 Da)

Construction de la membrane

Baxter

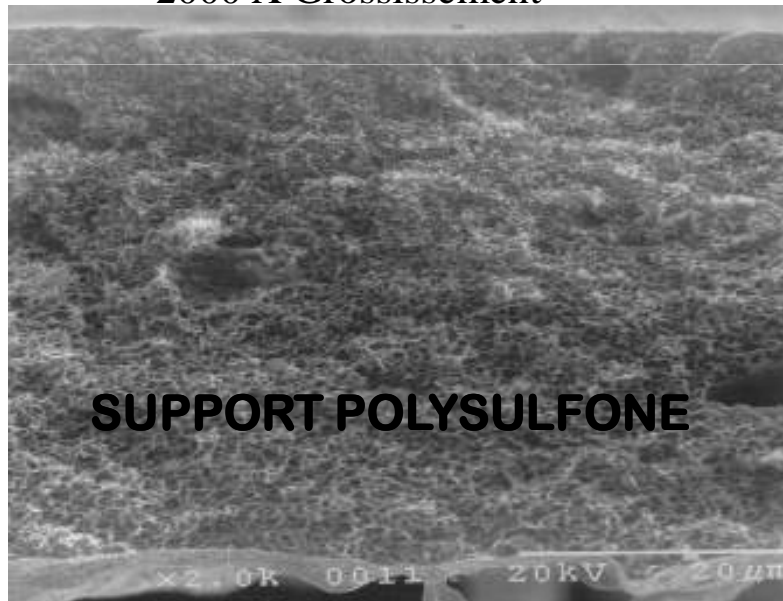


- ✓ Couche de Polyamide - Élément de réjection
- ✓ Couche de Polysulfone - Couche intermédiaire de lissage
- ✓ Couche de Polyester – Couche de support mécanique de la membrane

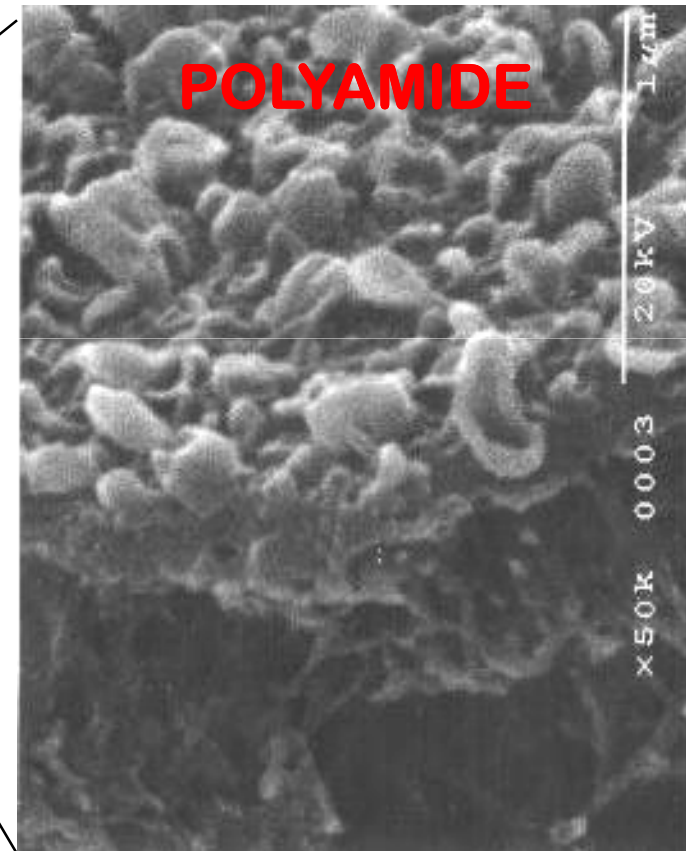
La membrane en polyamide

- Epaisseur = 0.15 micron

Vue de côté
2000 X Grossissement



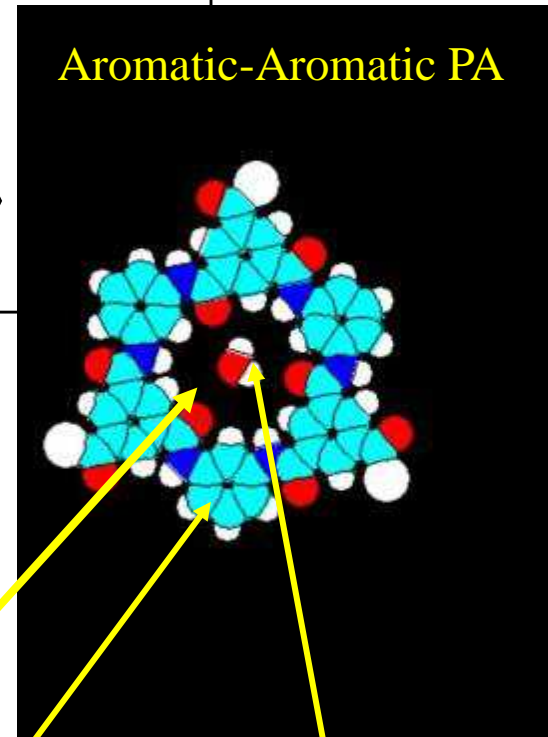
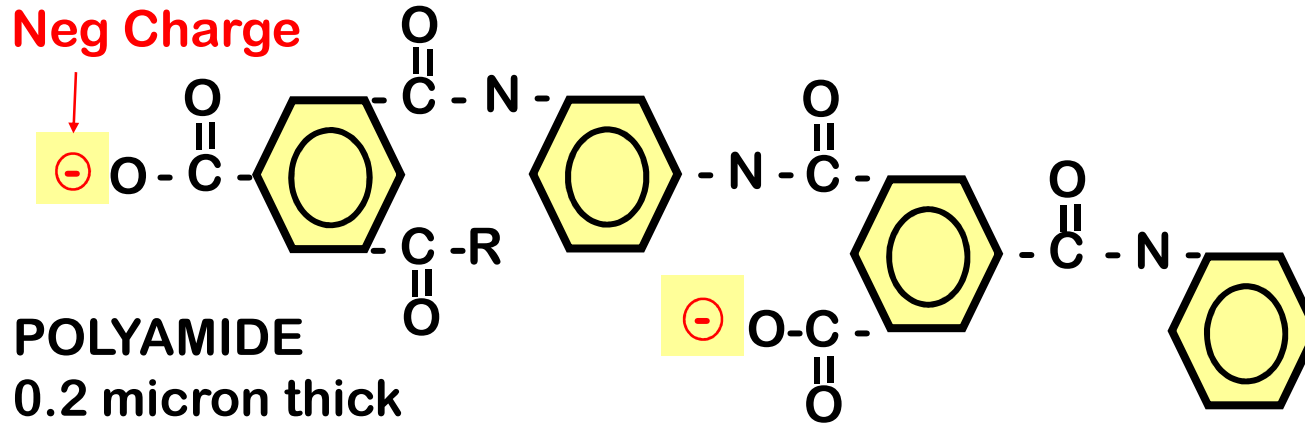
Couche supérieure en Polyamide
50,000 X Grossissement



Composition de la membrane

Baxter

Neg Charge



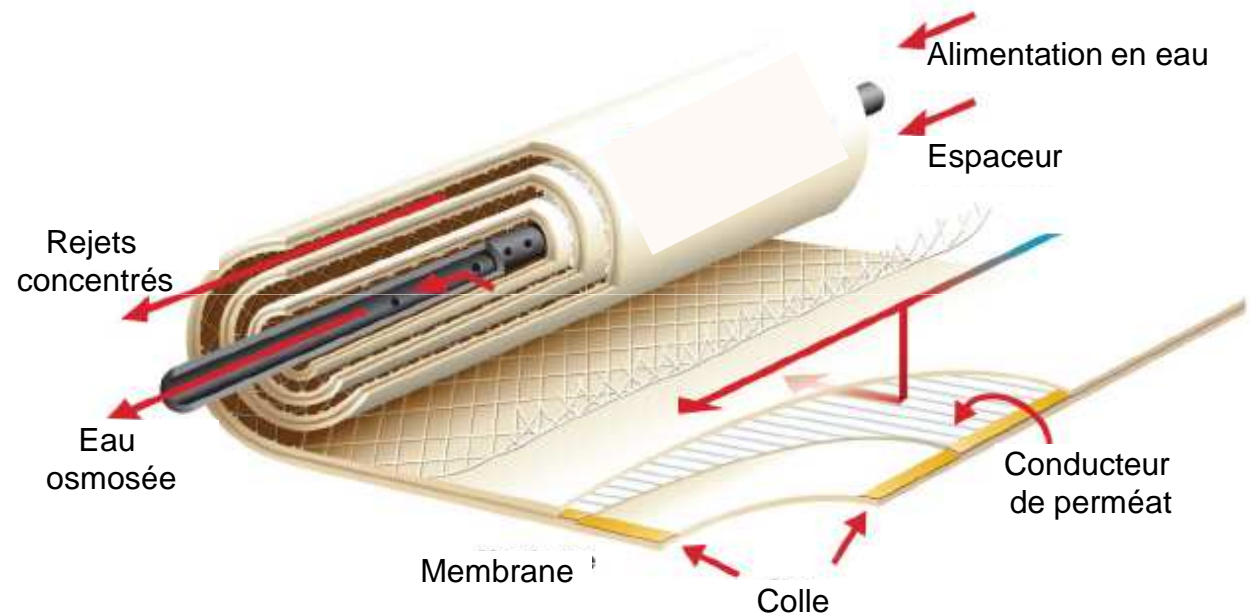
- Contrôle de la tailles des pores formés par polymérisation

Volume Libre

Molécule d'eau

Cercle Aromatique

Construction des modules en spirale



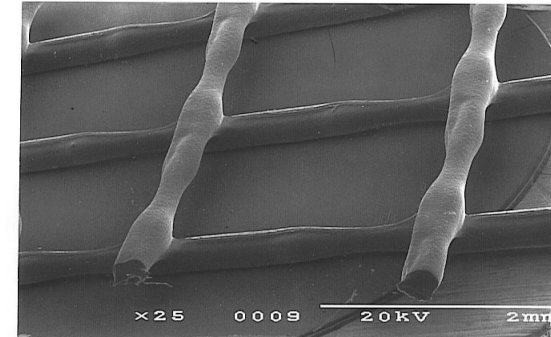
Construction des modules

Baxter

- L'espaceur
 - Sépare les feuilles de membranes en permettant le flux de l'eau entre les membranes
 - Assure une circulation turbulente entre les membranes
 - Epaisseur de 24 à 34 μ m;
 - En polypropylène

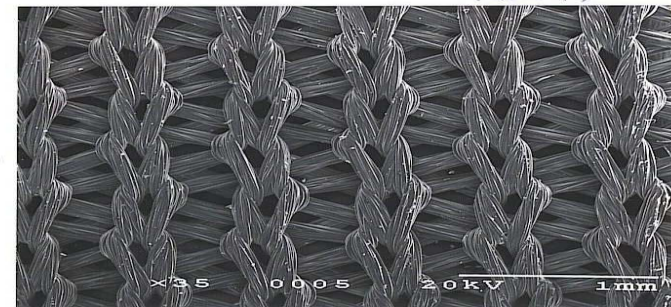
- Le conducteur de perméat
 - Support des feuilles de membrane
 - Conduit le perméat vers le tube collecteur
 - En polyester ou polypropylène pour les éléments supportant pH et Temp. élevées
 - Épaisseur de 10 à 16 μ m

Sample #2



281-72-9

Photo #3



245-84-3

Sample Side one

Mécanismes de réjection des éléments

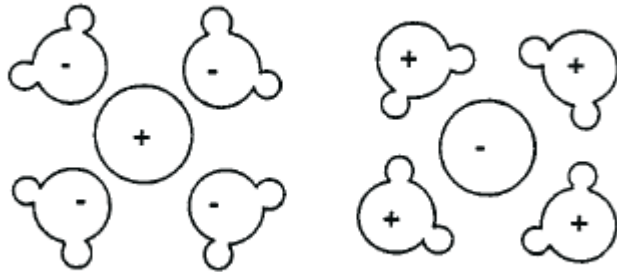
Baxter

- L'osmose inverse assure l'élimination de la quasi totalité des ions, des substances organiques dissoutes et des micro-organismes
 - L'osmose inverse permet l'élimination de 95% des ions monovalents et 99% des trivalents
 - 1 étage d'osmose inverse permet d'éliminer 4 à 6 logs des bactéries
 - Une double-osmose permet la rejection de 8 à 9 logs de microorganismes
- 3 facteurs collaborent pour la réjection des éléments
 - Solvatation des ions
 - L'élimination par la taille : les molécules d'eau seules ont une taille plus petite que les molécules attachées à un anion ou cation
 - Répulsion électrostatique

La solvatisation

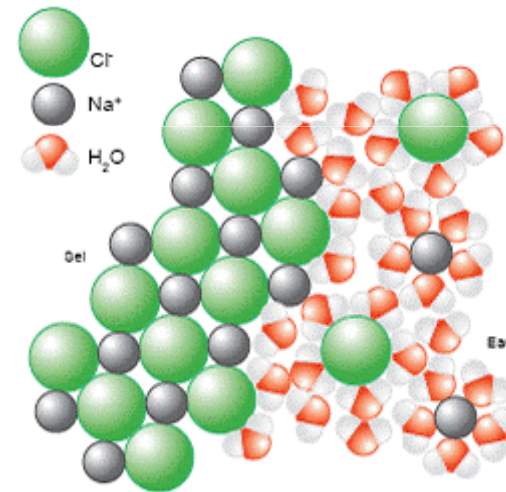
- Grand pouvoir dissolvant de l'eau vis-à-vis des cristaux ioniques comme certains sels, acides ou bases

HYDRATATION DES IONS PAR LES MOLECULES D'EAU OU SOLVATATION



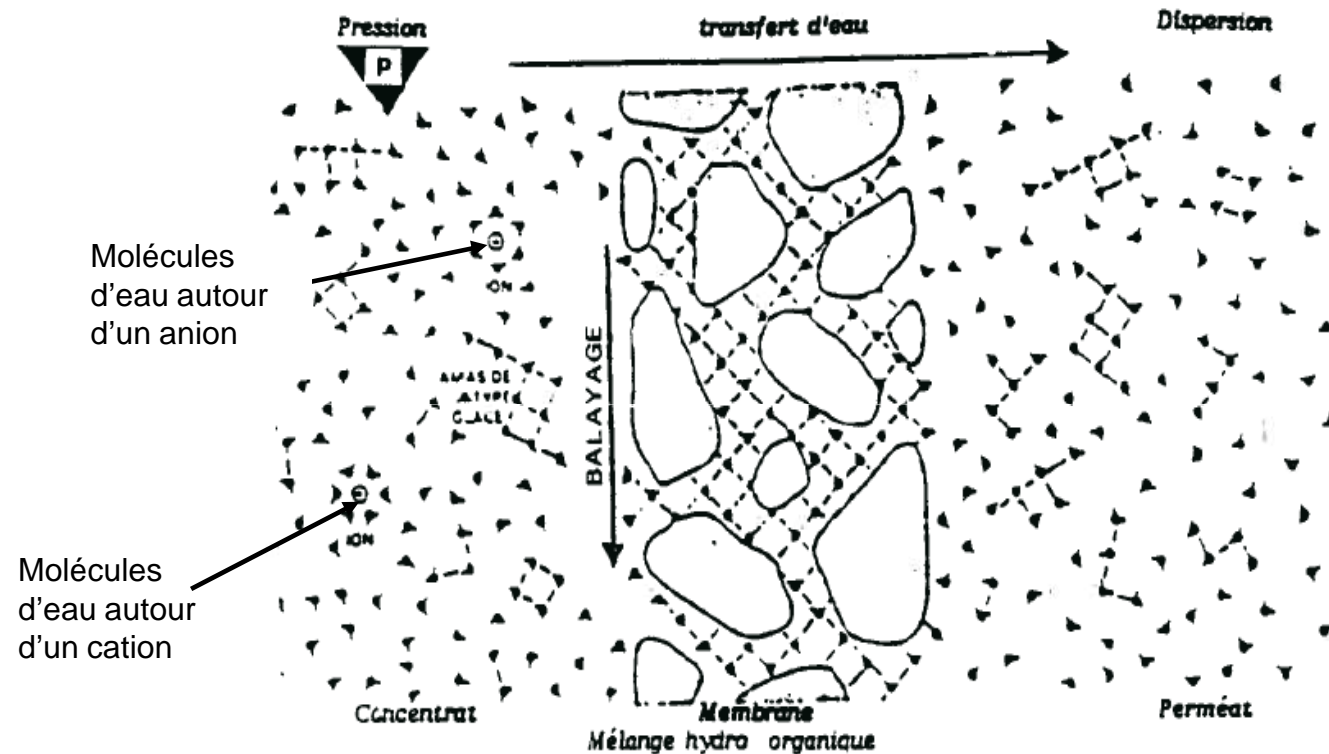
Autour d'un cation

Autour d'un anion



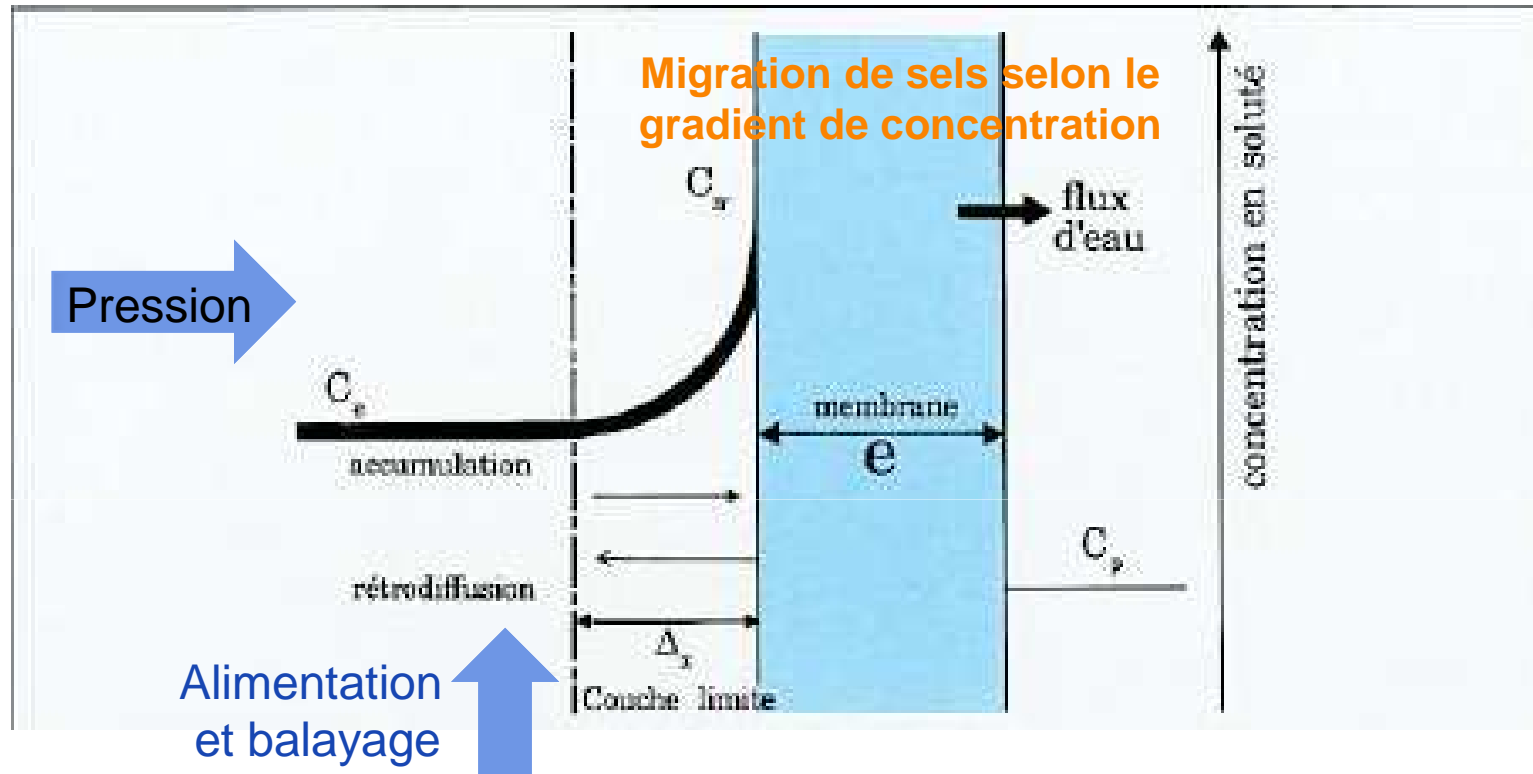
Le processus de dissolution d'un grain de sel de table, à savoir de chlorure de sodium, dans l'eau

La solvatisation des ions et la répulsion électrique



- Plus les molécules sont chargées, plus la rejection est efficace
 - les ions trivalent sont éliminés plus efficacement que les ions monovalents
- Les molécules organiques non chargées sont moins bien éliminées

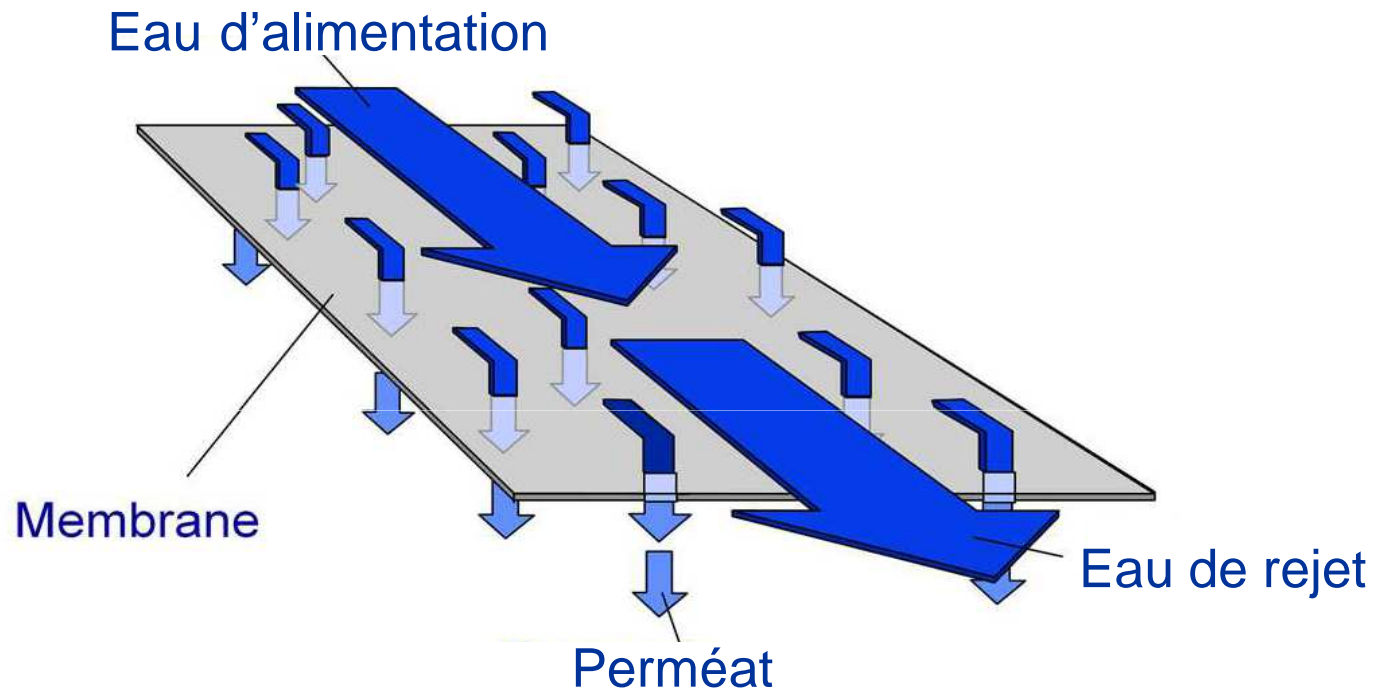
Polarisation de la membrane



- Le transfert de perméat provoque une accumulation de molécules et d'ions le long de la membrane - couche limite
- Plus la couche limite augmente, plus la pression nécessaire pour produire de l'eau osmosée est importante
- La polarisation est signe d'usure de la membrane

Le balayage assure la limitation de la polarisation

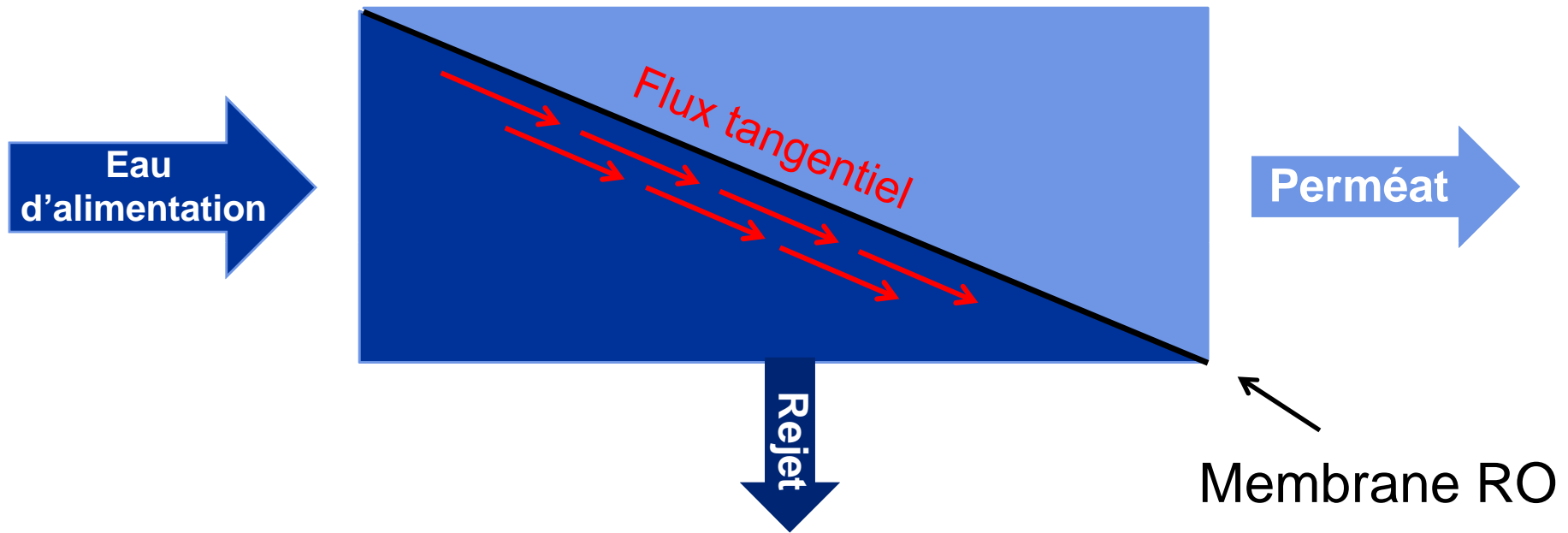
Baxter



- Le balayage diminue l'épaisseur de la couche limite et favorise la rétrodiffusion des solutés
- Seule une partie du liquide passe à travers la membrane,
- Le reste du liquide est re-circulé pour assurer le balayage

Circulation de l'eau

Carter d'osmose inverse



* Toute contre-pression positive peut être néfaste pour les membranes d'osmose

Les taux de rejection



Solute	MW	Rejection %
Acetaldehyde	44	65
Acetaminophen	151	>90
Acetic Acid at pH 3	60	35
Acetic Acid at pH 5.5	60	70
Acetic Acid at pH 9	60	99
Acetone	58	71
Aniline	93	75
Anthraquinone	208	93
Atrazine	215	99
BDHAC Benzylidimethyl Hexadecylammonium Chloride	396	99
Bentazon	240	97
Benzene	78	27
Benzoic acid	122	92
Benzothiozole	135	79
Biphenyl	154	91
Bis (2-ethylhexyl) phthalate	390	94
Bisphenol-A	228	96
BOD surface waters		95
Bromoform (see THMs)	253	67
Caffeine	194	99
Carbon tetrabromide	332	98
Carbon tetrachloride	154	98
Chlorobenzene	112	50
Chloroform	119	31
Citric acid (1400 ppm)	192	97
Clofibric acid	214	99
COD surface waters		97
Cresol-o	108	84
Cyclohexanone	98	95
Dichlorobenzene 1,2	147	97
Dichlorobenzene 1,3	147	66
Dichlorobenzene 1,4	147	61
Dichloroethane 1,2	99	77

Solute	MW	Rejection %
Haloacetic acid: Dibromoacetic acid (DBAA)	128	99
Haloacetic acid: Dichloroacetic acid (DCAA)	129	90
Haloacetic acid: Monobromoacetic acid (MBAA)	94	99
Haloacetic acid: Monochloroacetic acid (MCAA)	94	99
Haloacetic acid: Trichloroacetic acid (TCAA)	163	90
Heftaldehyde	114	100
Humic acid (surface waters)	1000	>99
Hydroxy-capric acid 3	188	98
Isophorone	138	96
Isopropyl alcohol [IPA] or [2-propanol] or [isopropanol]	61	95
Isopropylphenol 4	136	84
Isoproturon	206	97
Lactic acid @ pH2	90	94
Lactic acid @ pH5	90	99
Linuron	322	96
Mecoprop	215	97
Methanol	32	25
Methyl ethyl ketone (MEK) (butanone) (1000 ppm)	72	75
Methyl isobutyl ketone	100	98
Methylnapthalene	142	67
Napthalene	128	80
Pentachlorophenol	266	99
Pentanone 3 (diethyl ketone)	86	74
Perchloroethene	165	95
Pesticides chlorinated		99
Phenol	94	65
Propionic acid	74	73

Paramètres influençant la production d'eau osmosée

Loi de Fick et de Henry:

$$Q_p = K_p \cdot S / e (\Delta P - \Delta \pi) \cdot K_t$$

Q_p – débit d'eau à travers de la membrane

K_p – coefficient de perméabilité à l'eau de la membrane

S – surface de la membrane

E – épaisseur de la membrane

ΔP – différence de la pression de part et d'autre de la membrane

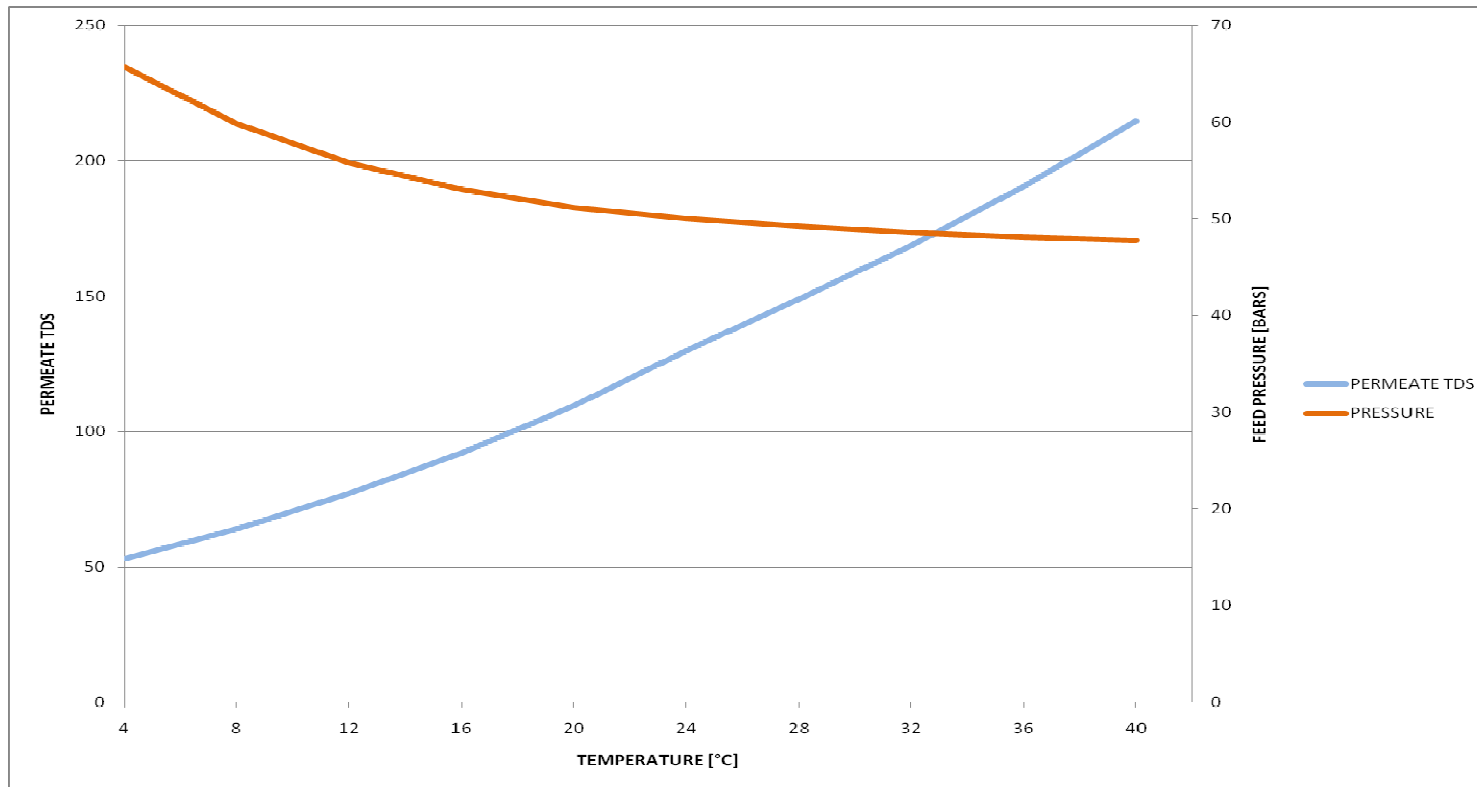
Δp – différence de pression osmotique de part et d'autre de la membrane

K_t – coefficient de température

Paramètres influençant la production d'eau osmosée

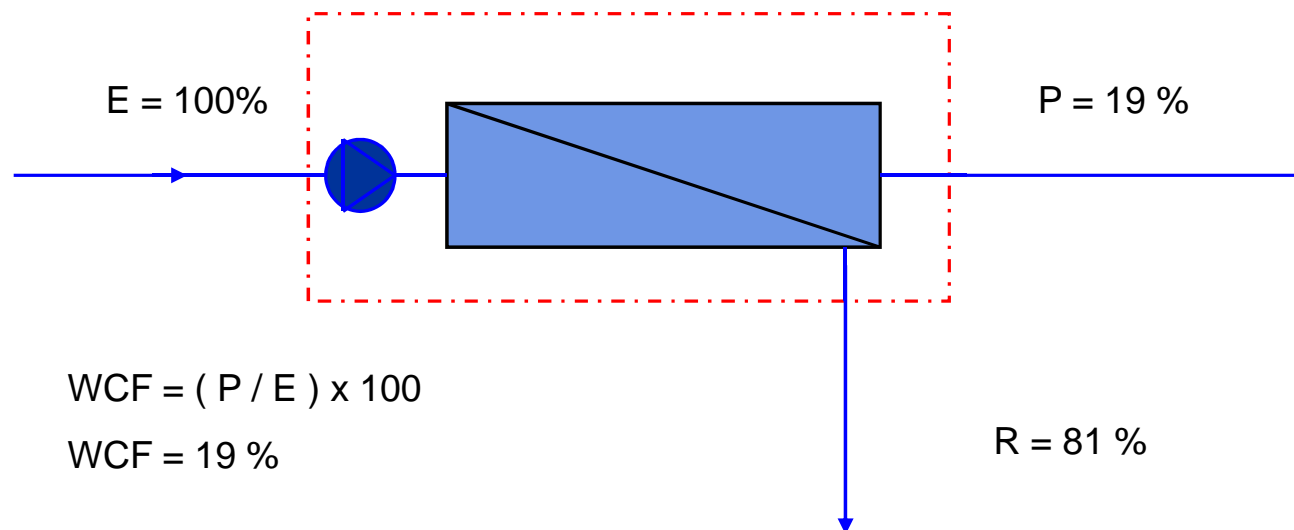
<i>Tendances générales</i>	Débit perméat Q_p	Salinité perméat C_p
Pression ↗	↗	↘
Température ↗	↗	=
Salinité ↗	↘	↗
Polarisation ψ ↗	↘	↗

Impact de la température



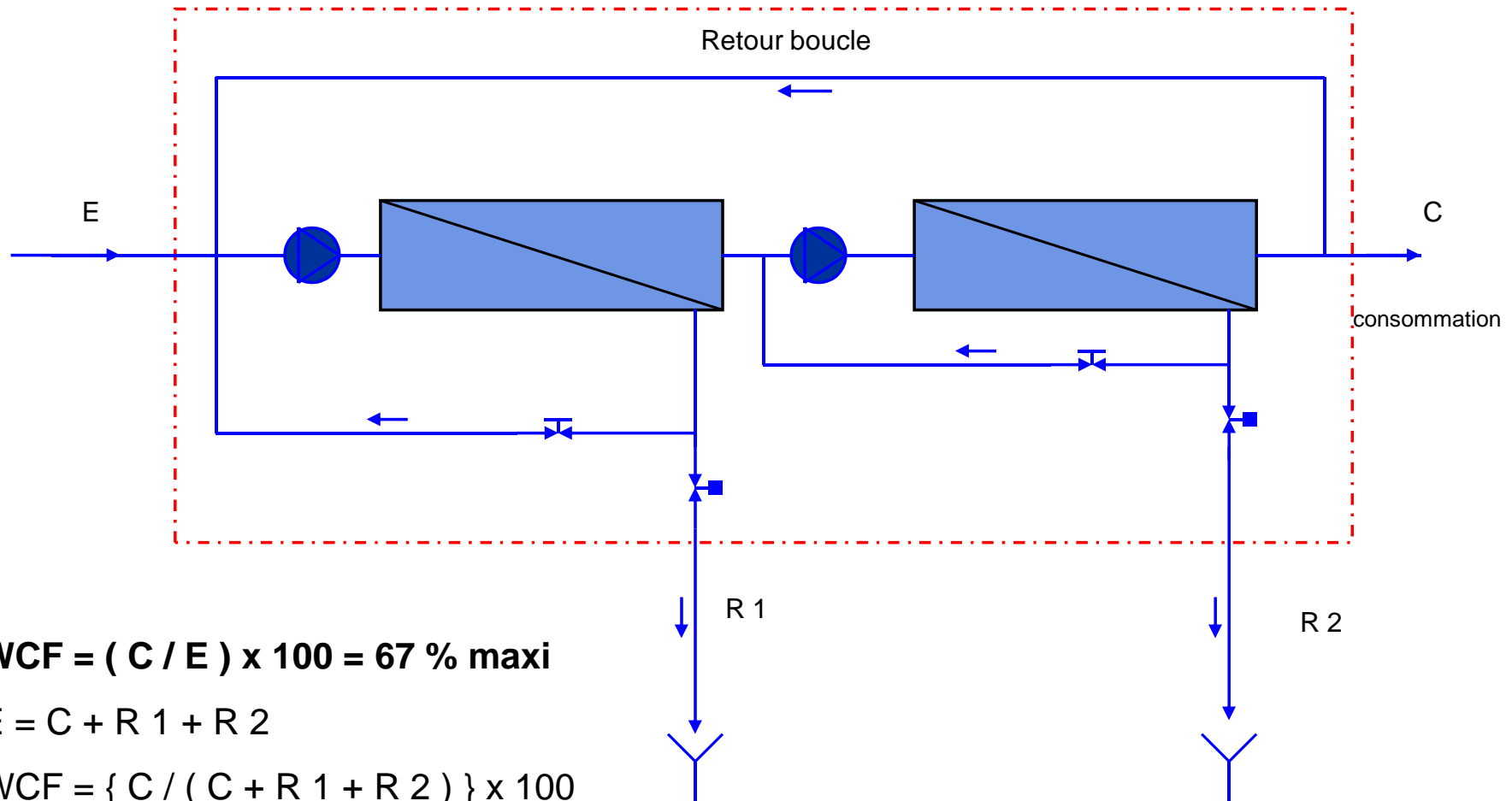
Le taux de conversion (WCF) : cas de 1 membrane

- Un bon balayage permet d'améliorer la qualité de l'eau osmosée et diminuer la polarisation de la membrane



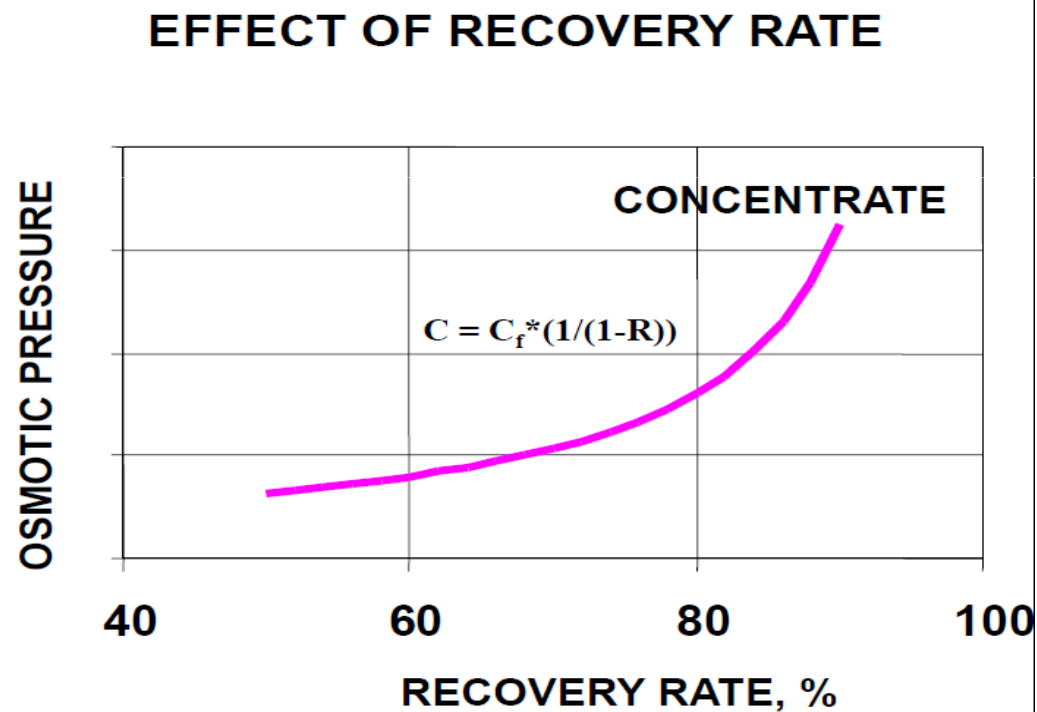
- La recommandation des fournisseurs de membranes:
Le taux de conversion / membrane = Production/ Entrée = 19%

Le taux de conversion: Cas des systèmes et de la bi-osmose



Augmentation du taux de conversion et qualité du perméat

Une augmentation du taux de conversion augmente la concentration de l'effluent, ce qui conduit à une augmentation de la pression et de la salinité du perméat



Sensibilité des membranes aux colmatages

- Dépôts de carbonate de calcium
- Oxydes métalliques (Fe, Mn, CU, Ni, Alu etc)
- Dépôts de silice polymérisé
- Colloïdes inorganiques ou mixtes
- Les matières organiques naturelles
- Agents organiques de nettoyage (détartrants, dispersants, électrolytes cationiques)
- Dépôts biologiques et biofilm; algues,

- La présence de Chlore actif abime de façon irréversible les membranes d'osmose

Abrasion particulaire des membranes d'osmose

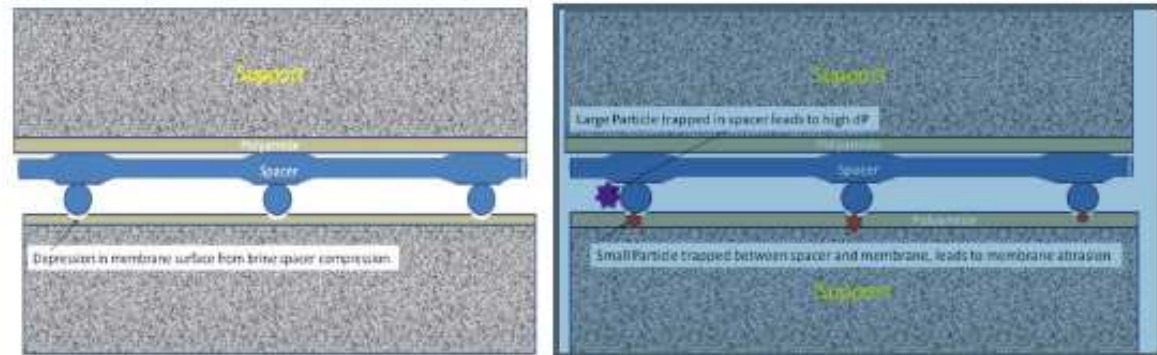


Figure 1. Schematic representation of particulate damage to RO membranes.

Schéma et images en ME
Montrant des membranes
abimées par des particules

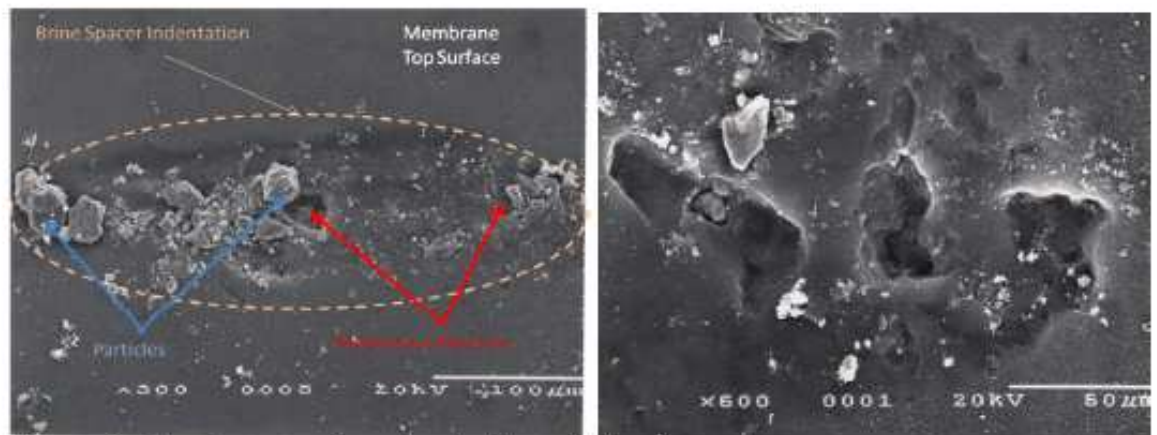


Figure 2. Membrane surface abraded by particles.

**Les éléments du prétraitement sont
essentiels pour la protection de la
membrane d'osmose et le bon
fonctionnement du système**

Choix des membranes dans le domaine de l'hémodialyse

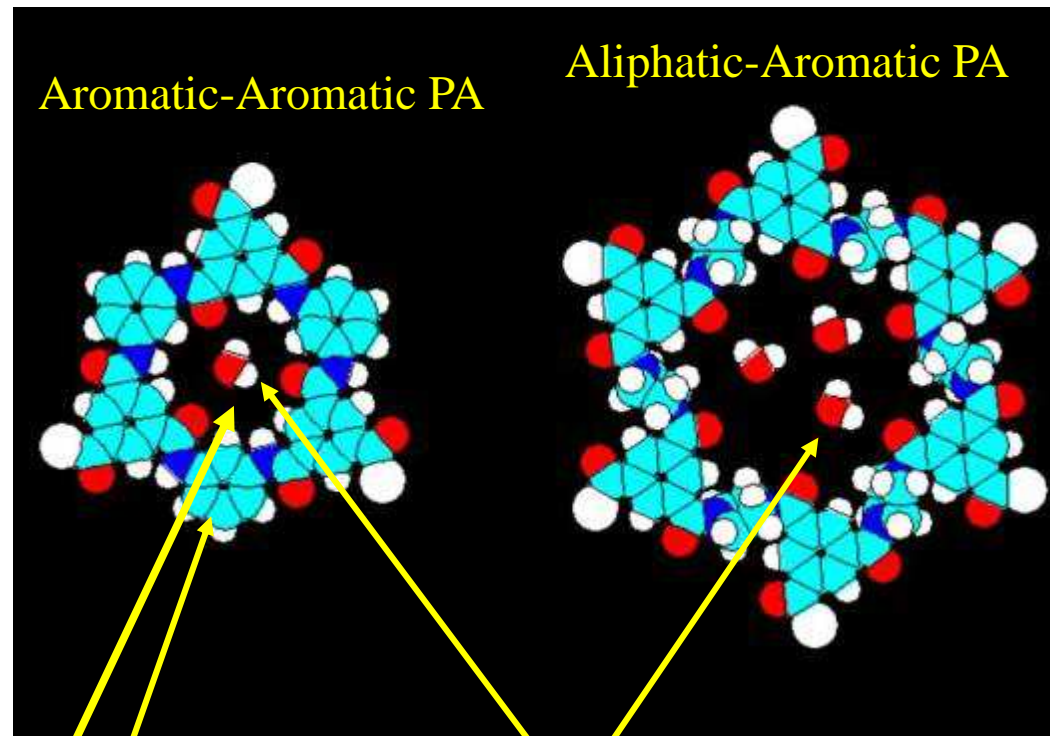
Production de l'eau ultrapure

Baxter

- Equilibre entre:
 - Débit souhaité
 - Membranes Haut débit et Bas débit
 - Qualité de l'eau osmosée (taux de rejet)
 - Membranes à Fort taux de rejection et à bas taux de rejection
- Les membranes ne sont pas équivalentes de construction – différence de polymérisation
- Dans le domaine de l'hémodialyse sont utilisée de préférence des **Membranes à Fort taux de rejection des ions**

Structure de la membrane en polyamide et type de membrane

- La structure de polymérisation « Chaines Aromatique – Aromatique » fournit des pores de faible taille constante
 - Membranes à fort taux de rejection



Volume libre

Molécule d'eau

Cercle Aromatique

Le choix des membranes dépend aussi de la méthode de désinfection

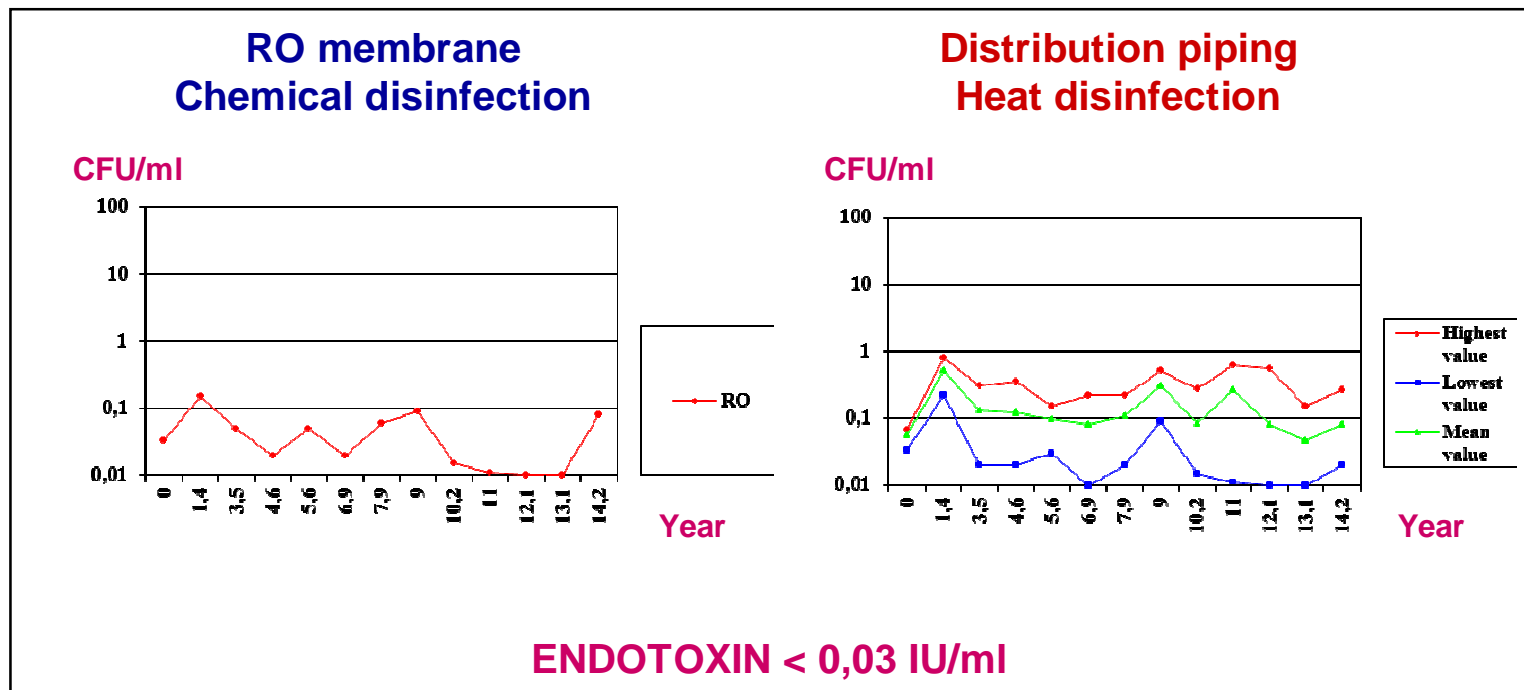
- Possibilités de désinfection
 - Chimique (Dialox)
 - Thermique
- Les systèmes d'osmose inverse ne sont pas équivalents en fonction du mode de désinfection choisi
 - Différence de résistance de la Température dans les matériaux de construction
 - Tube collecteur, colles, espaceurs qui doivent résister à la chaleur
 - Éléments standard: max 45°C
 - Éléments résistants à la chaleur: 85°C
- La désinfection chimique aux produits oxydants est à éviter si l'eau brute contient des traces de Fe et Mn

Avantages de la désinfection thermique

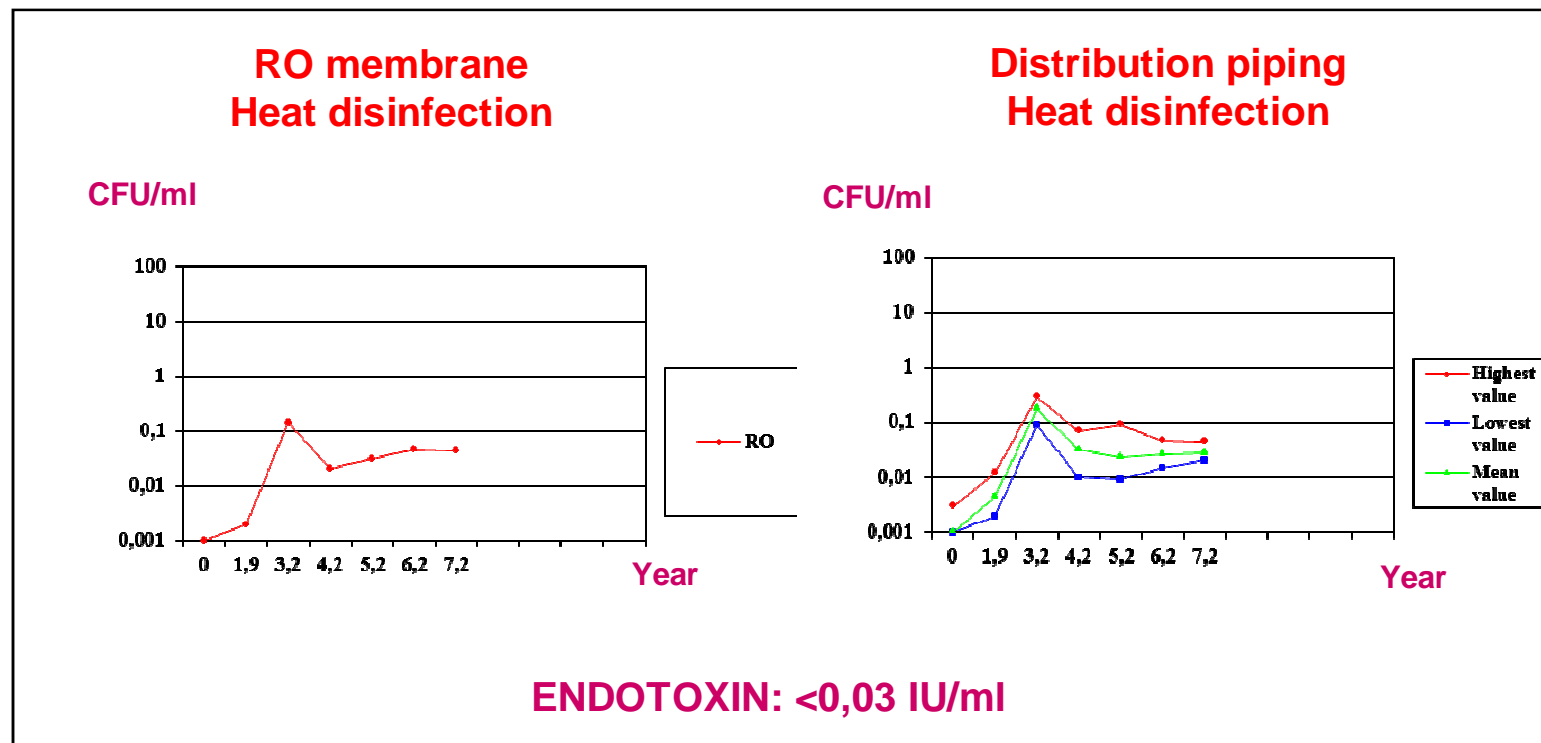
- La chaleur diffuse et est efficace là où le produit chimique n'a pas accès
 - Le pilotage de la désinfection est plus facile
 - Absence de manipulation de produits chimiques
 - Absence de rinçage
 - Moins néfaste pour la membrane
-
- Respecter les préconisations des fournisseurs
 - Eviter les chocs thermiques lors du chauffage et le refroidissement

Importance de la désinfection des membranes

- Le développement microbien sur les membranes influence directement la qualité de l'eau osmosée
- Suivi de la contamination microbiologique sur les membranes d'osmose et dans l'eau produite - 1



Suivi de la contamination microbiologique sur les membranes d'osmose et dans l'eau produite - 2



Un petit calcul

Baxter

- Etude de cas:
 - Eau brute très propre à 100 CFU/L
 - Les membranes sont au contact de 7000L/jour (20 générateurs à 0,5l/min, 2 séances de dialyse par jour)

= 7×10^5 Microorganismes/jour
- Des bactéries sont toujours présentes dans l'eau brute
- Les dépôts conduisent à du développement de biofilm
- **La désinfection est essentielle pour maîtriser la qualité du système d'osmose dans le temps**

Merci pour votre attention!

Références et remerciements

Baxter

- Rolf Nystrand
- Remerciements à la société Hydranautics qui a fournit des éléments pour cette présentation