

Journées de l'eau – Saint-Martin - 9 & 10 Juin 2016

# Dessalement d'eau de mer par osmose inverse

Erich WITTMANN

Veolia - Département Technique & Performance

9 Juin 2016 )



# Dessalement d'eau de mer

## Principaux procédés utilisés

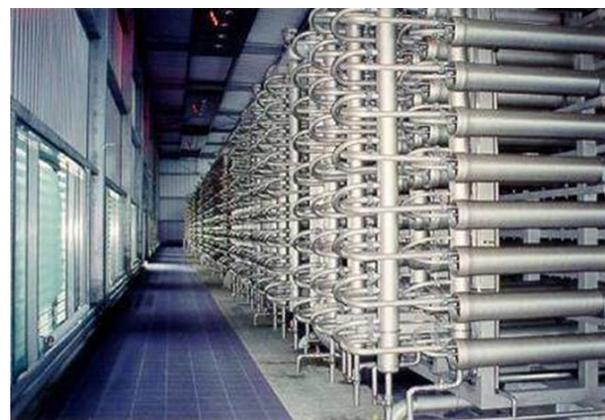
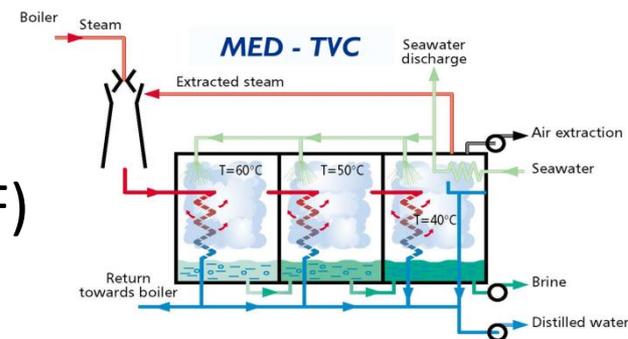
- Procédés thermiques

- Distillation à détente étagée (MSF)

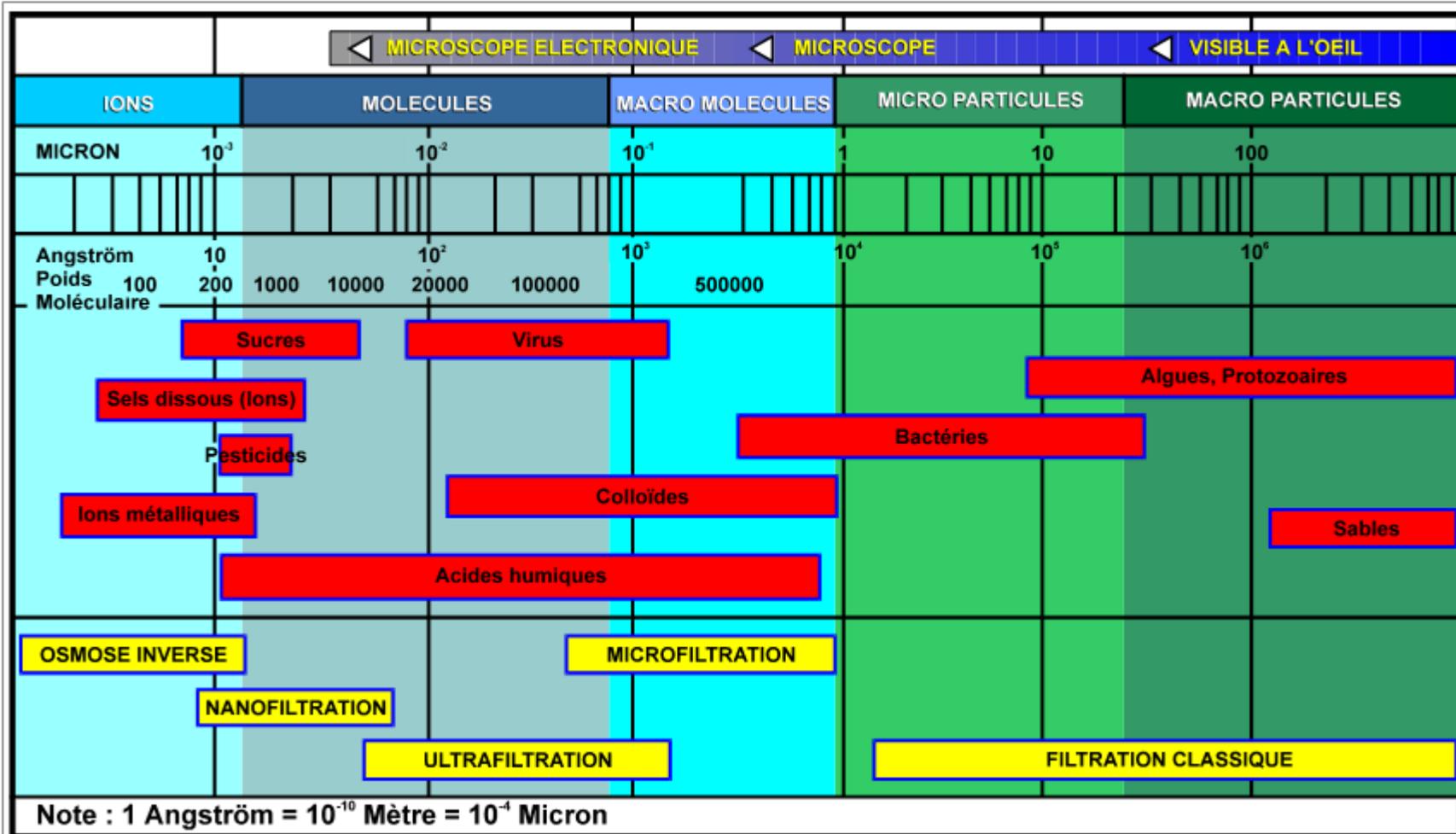
- Distillation à effets multiples (MED)

- Procédé à membranes

- Osmose inverse



# Capacités de séparation



# Ce que peut faire l'osmose inverse

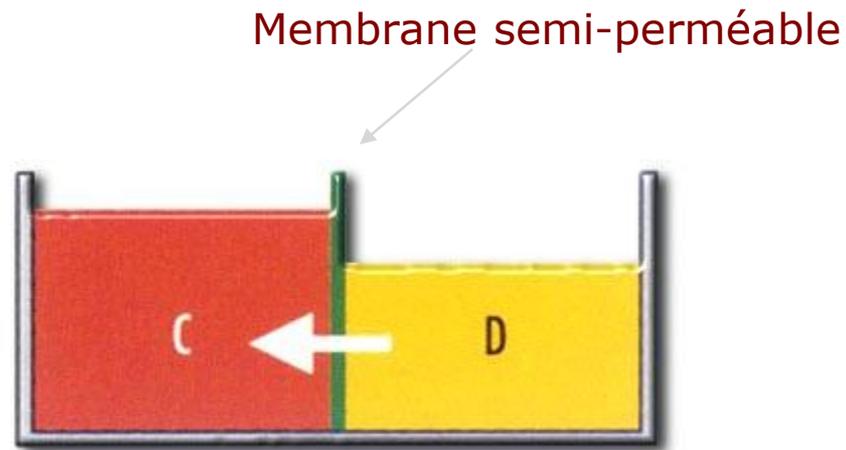
---

## ► Réduction de :

- La salinité totale
- Le carbone organique total (COT)
- Les bactéries
- Les virus

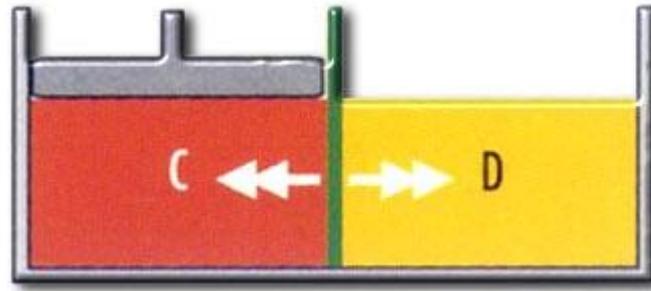


# Osmose



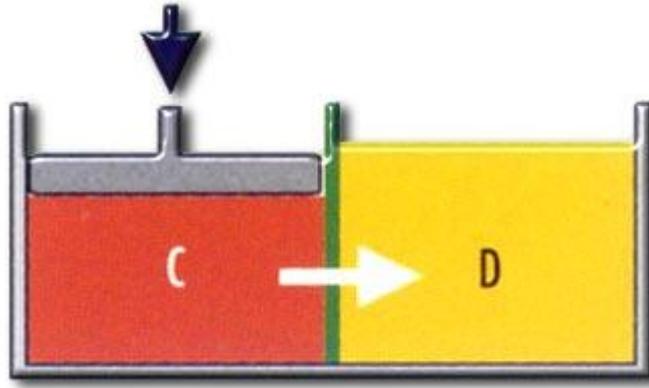
Passage de la solution diluée vers la solution concentrée : **Osmose**

# Pression osmotique



Application d'une pression égale  
à la pression osmotique : **équilibre**

# Osmose inverse



Application d'une pression supérieure  
à la pression osmotique : **Osmose inverse**

# Pression osmotique

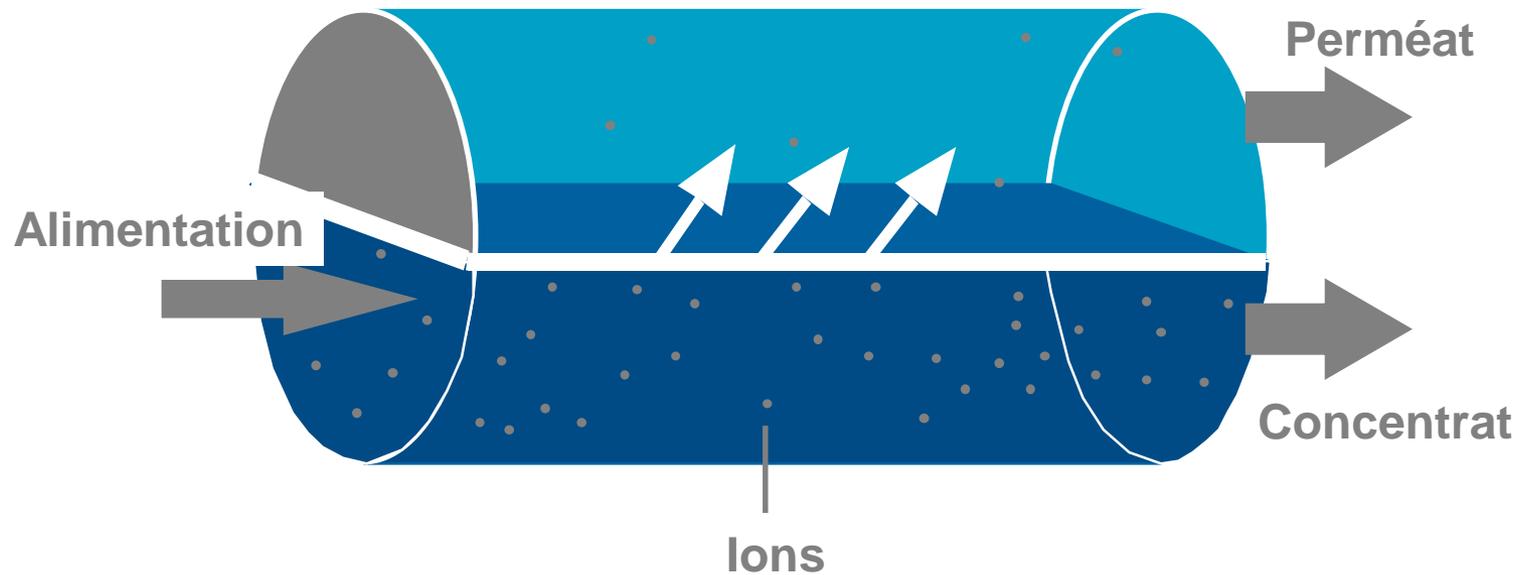
$$\pi = k \cdot C$$

$\pi$  : Pression osmotique  
 $k$  : Constante, [bar/(mg/L)]  
 $C$  : Solides totaux [mg/L]

Type d'eau	Solides totaux [mg/L]	k [bar/(mg/l)]	$\pi$ à 25° C [bar]
Solution NaCl	2 000	$8,34 \times 10^{-4}$	1,67
Eau de mer	35 000	$7,79 \times 10^{-4}$	27,3
Eau saumâtre	2 000	$5,31 \times 10^{-4}$	1,06
Solution CaSO <sub>4</sub>	2 000	$3,59 \times 10^{-4}$	0,72

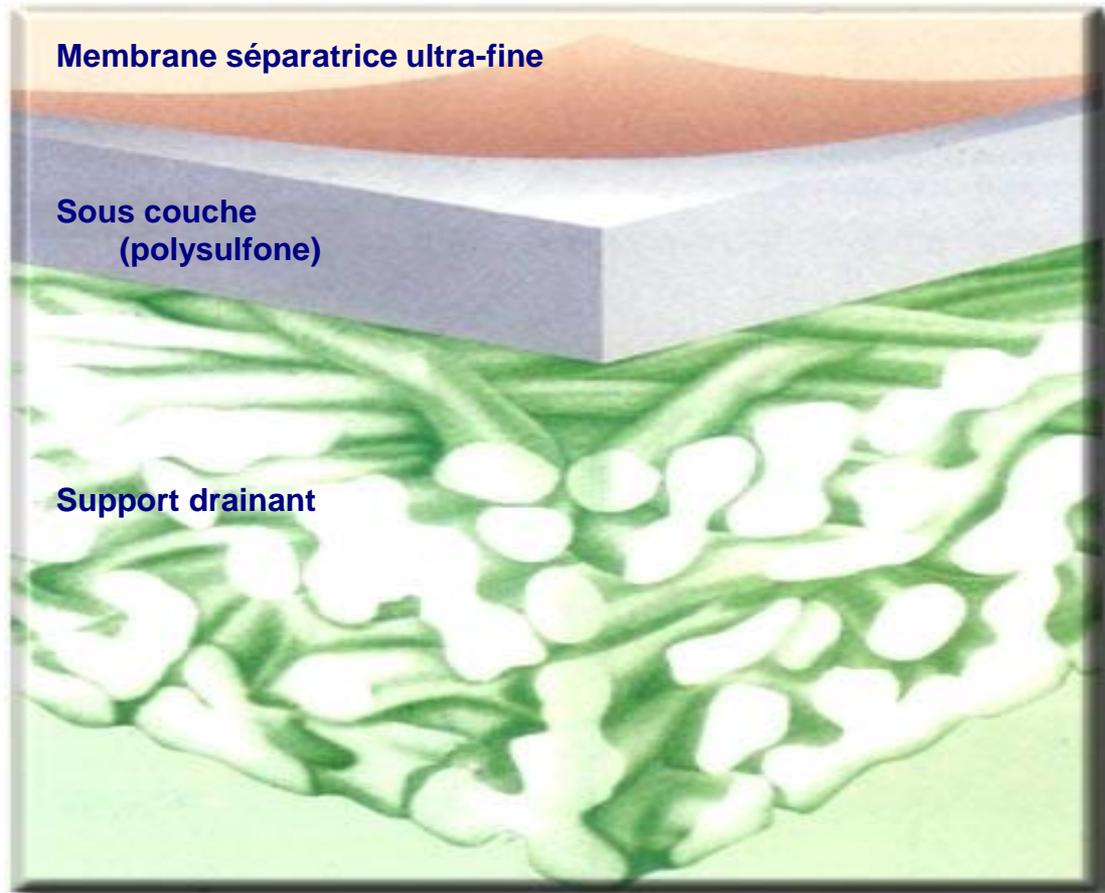
# L'osmose inverse en pratique

- Une filtration tangentielle

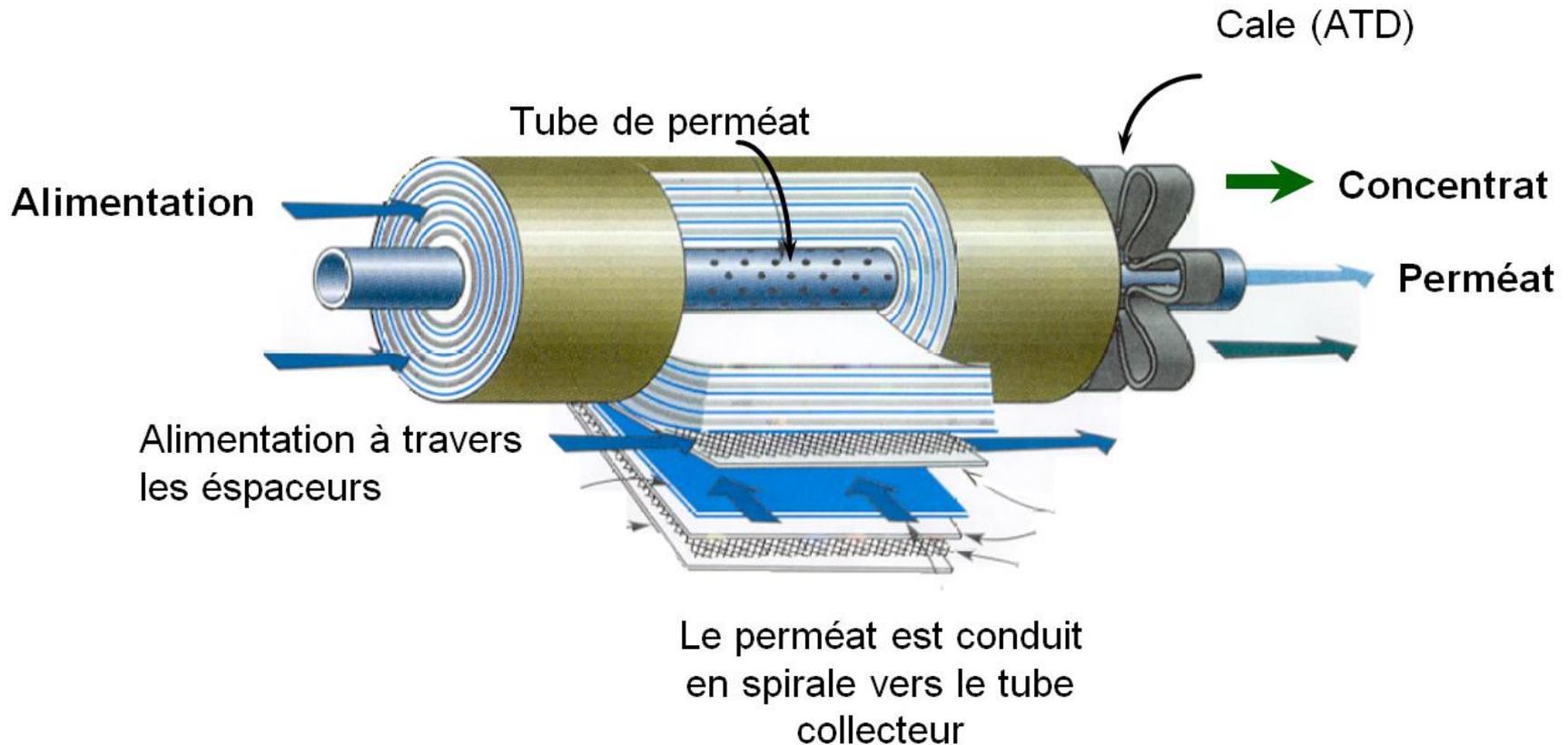


Nécessité de balayer la surface membranaire pour éviter les concentrations de sels et de dépôts colmatants

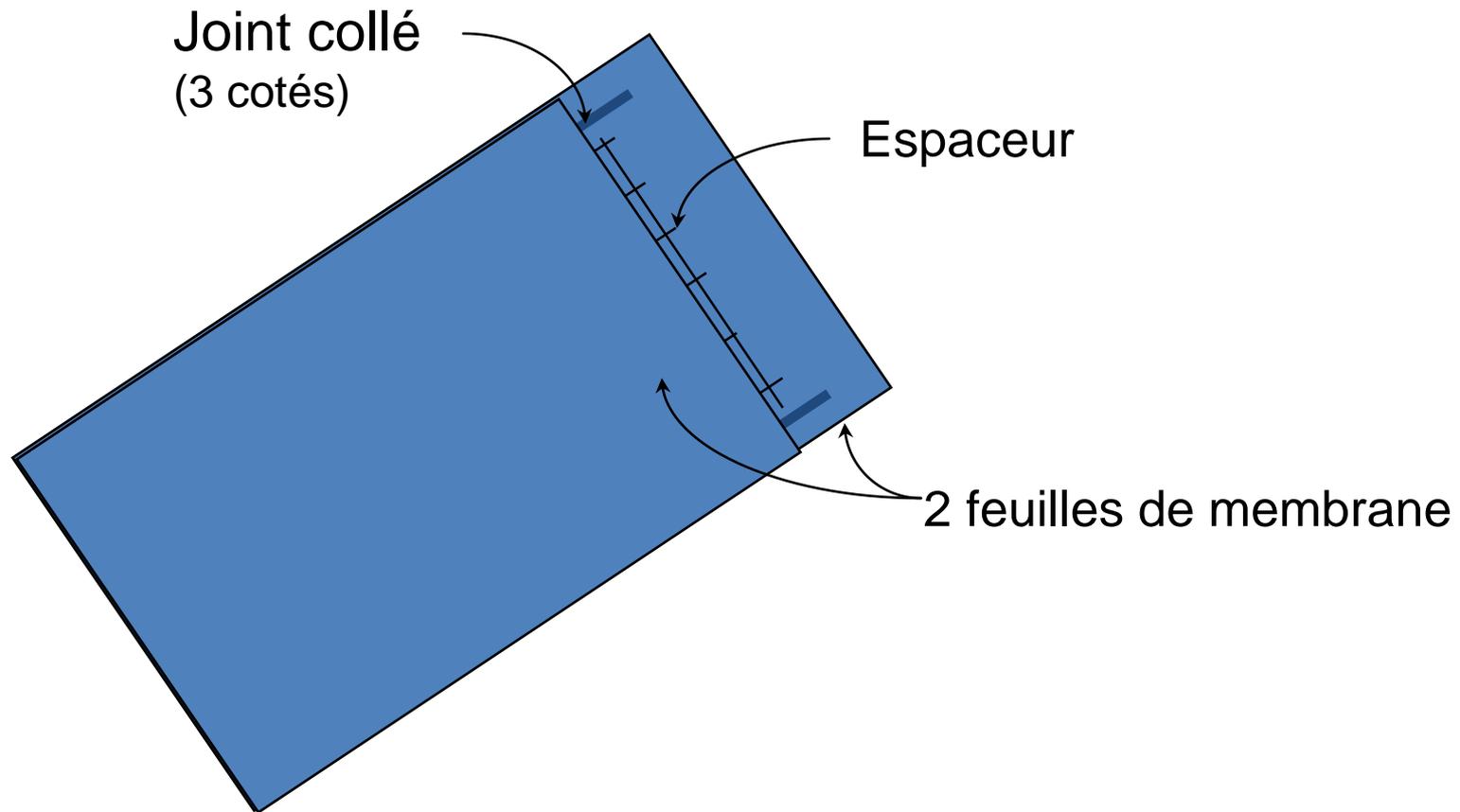
# Membrane plane TFC



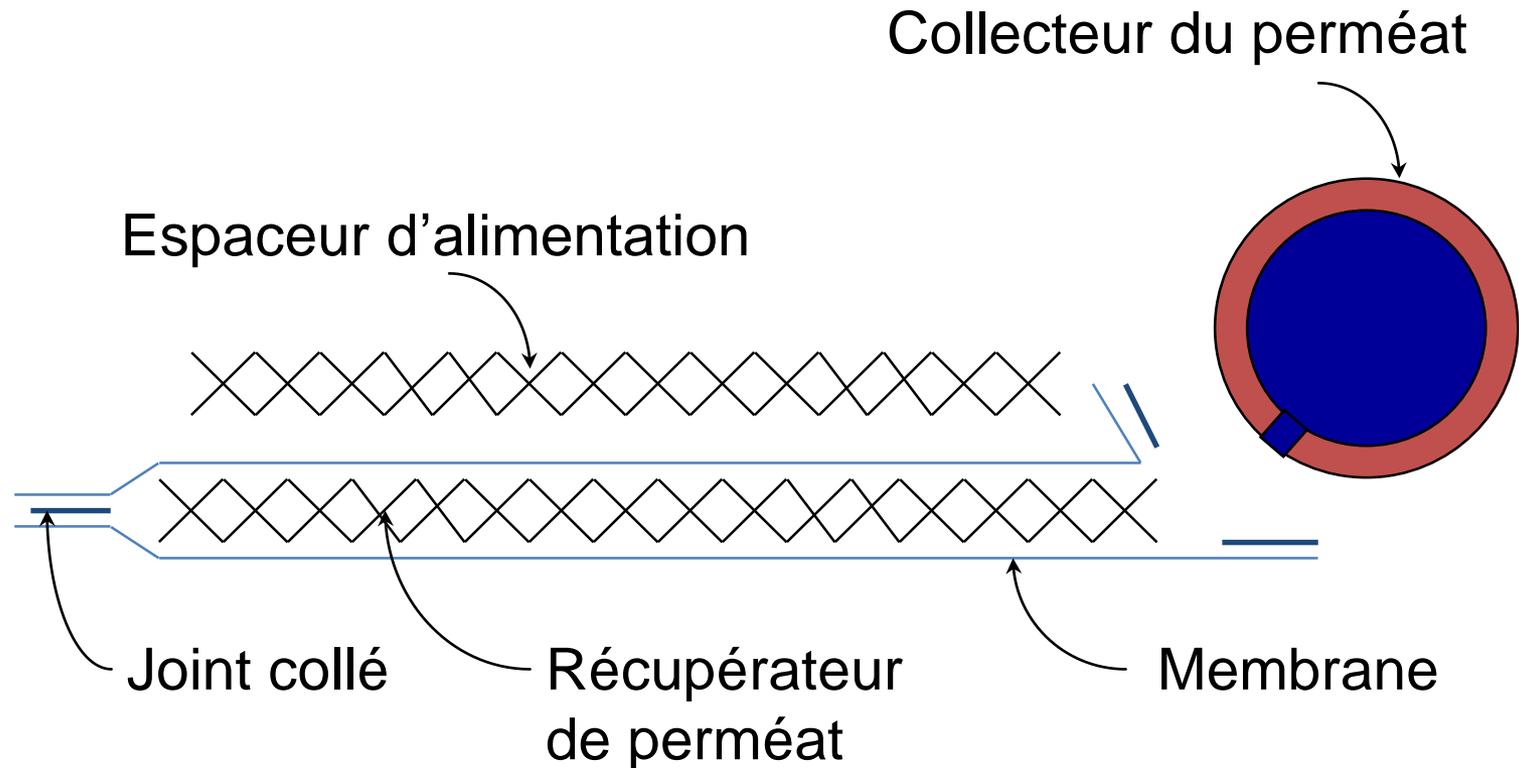
# Module spirale



# Pochettes à membrane



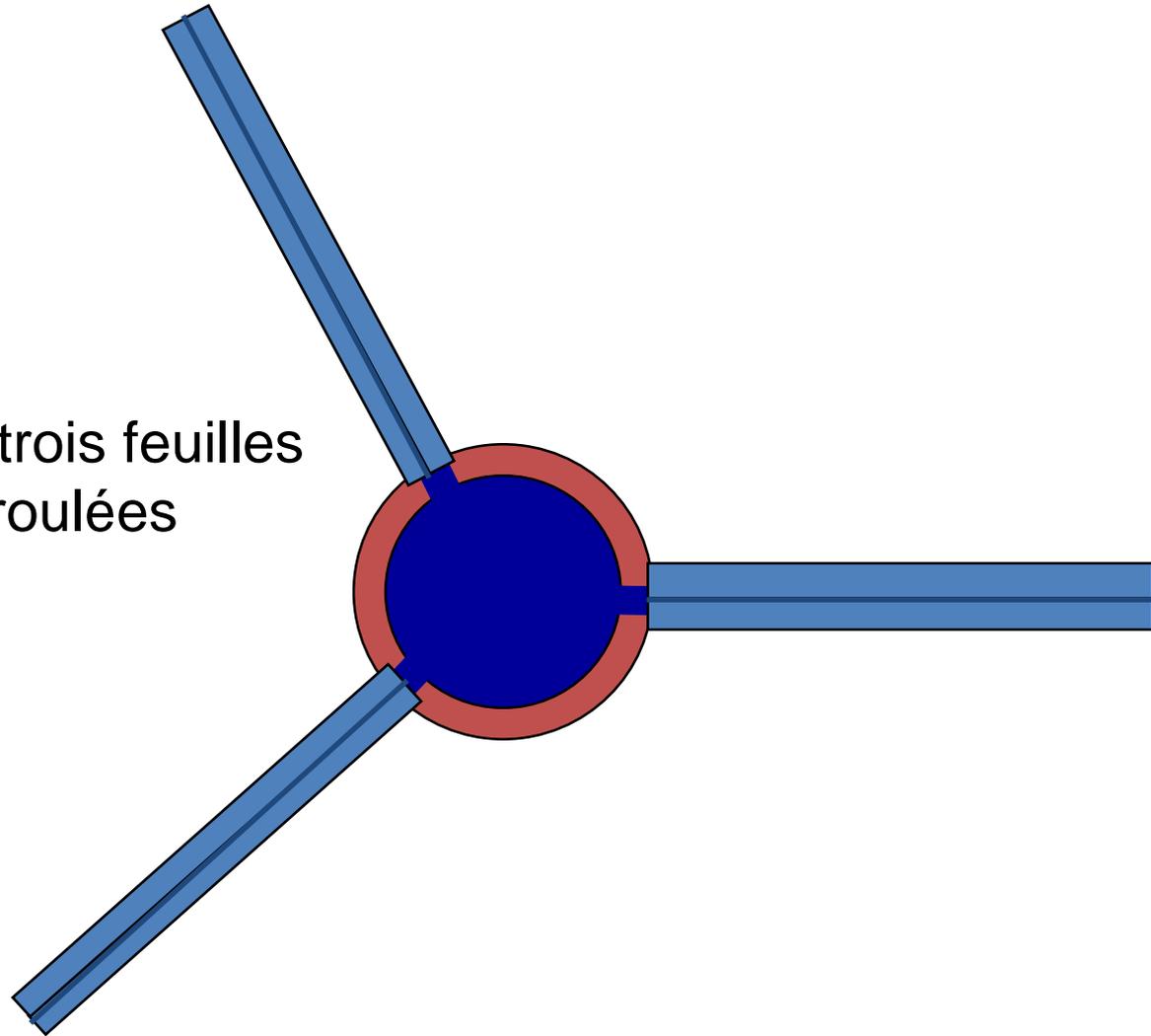
# Module spiralé



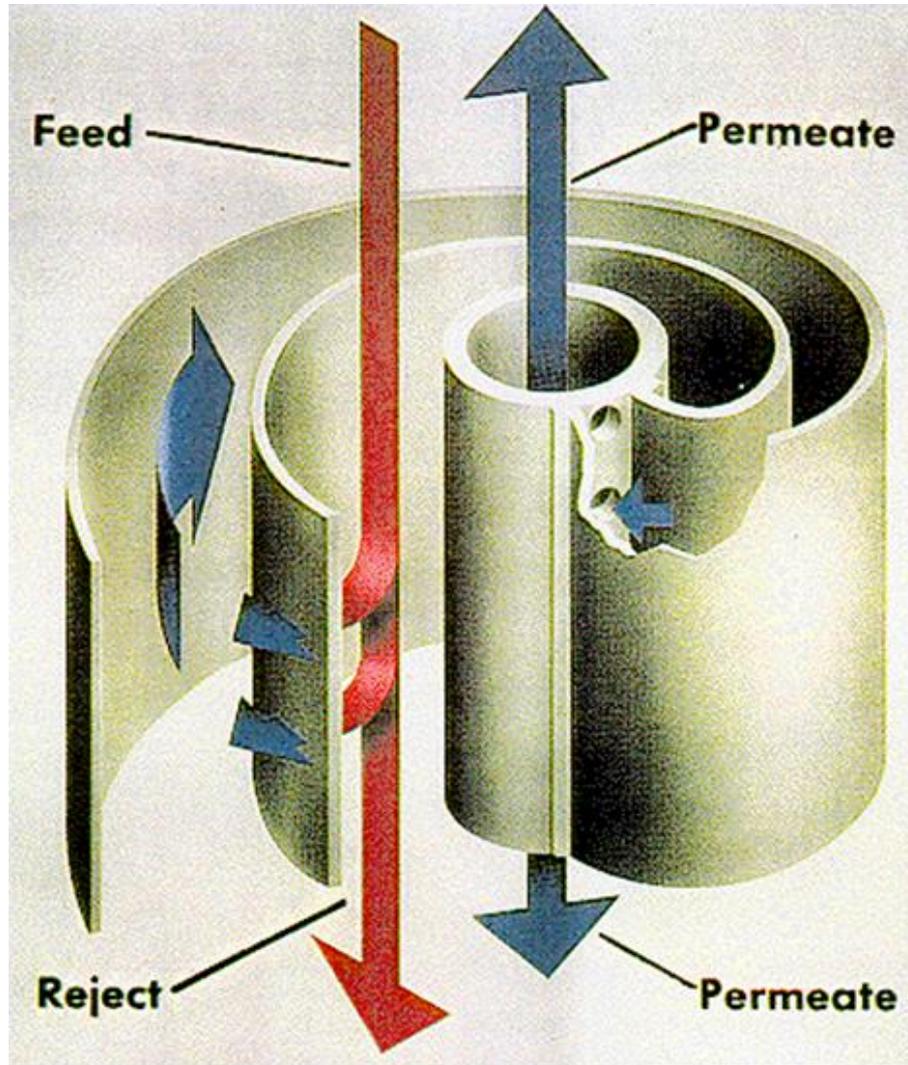
L'extrémité ouverte est fixée à un collecteur de perméat

# Module spirale

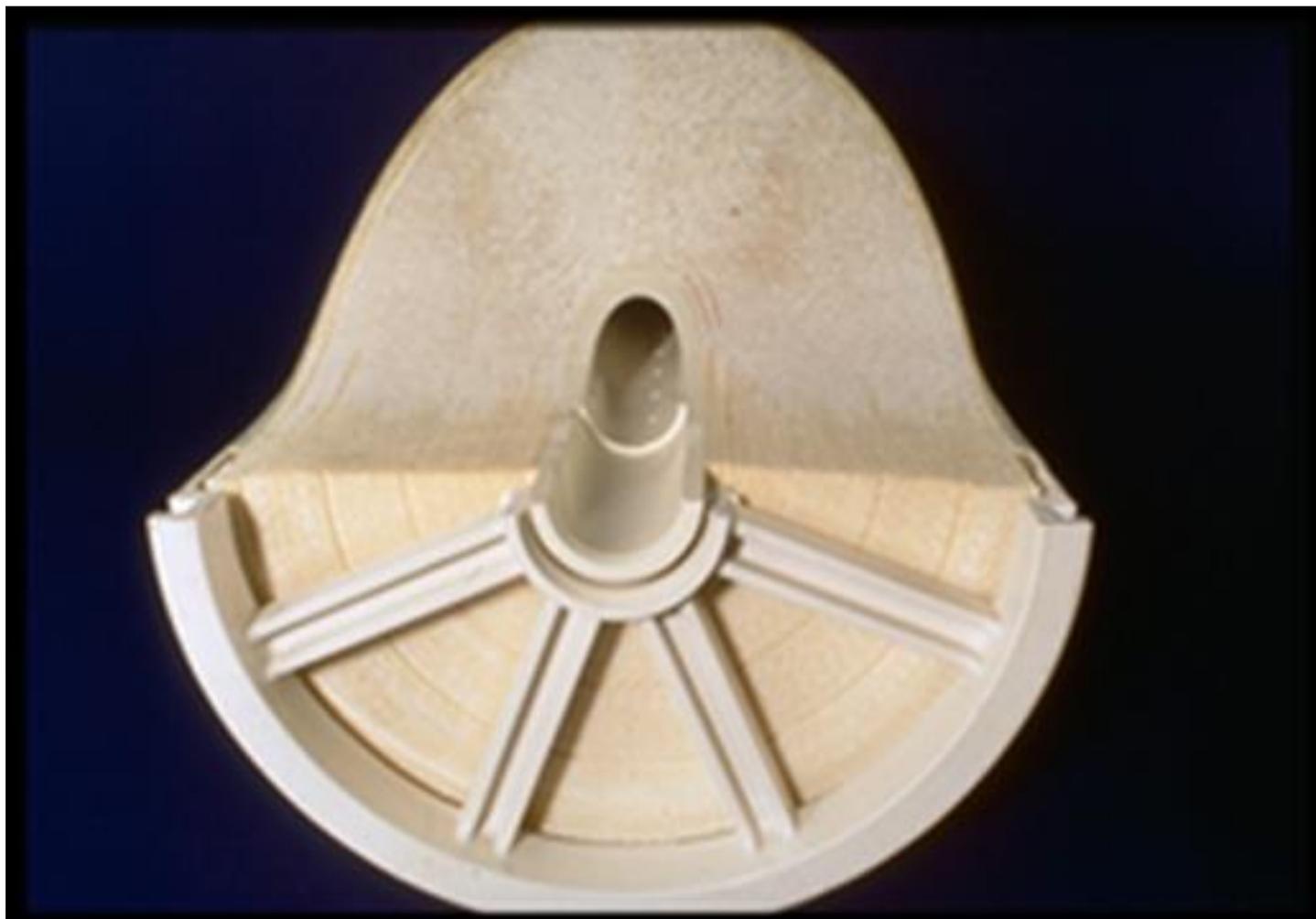
Collecteur avec trois feuilles  
prêtes à être enroulées



# Module spiralé



# Module spiralé



# Principaux fournisseurs de membranes d'osmose inverse

---

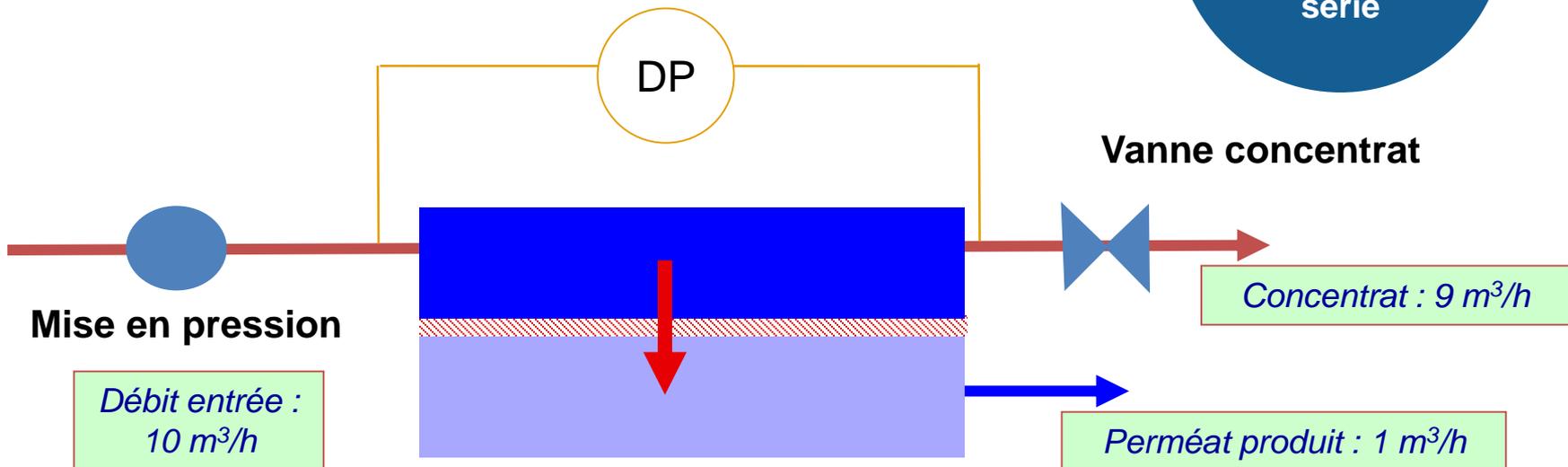
- Dow Filmtec
- Hydranautics (Nitto Denko)
- Toray
- Koch (Fluid Systems)
- LG Chem (NanoH2O)
- Lanxess
- TriSep
- GE (Osmonics Desalination)



# Module / élément de membrane

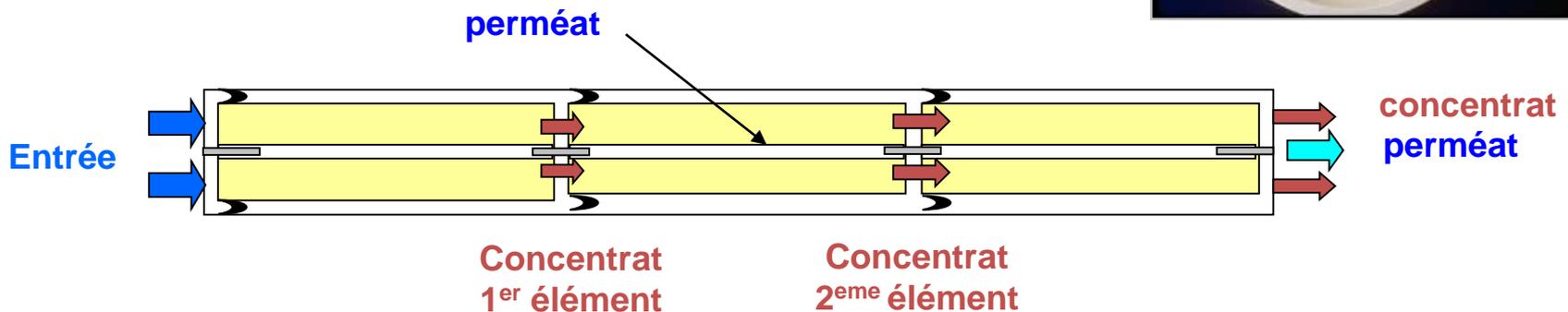
- Principe de fonctionnement d'un module

Les éléments doivent être arrangés en série



# Tube de pression

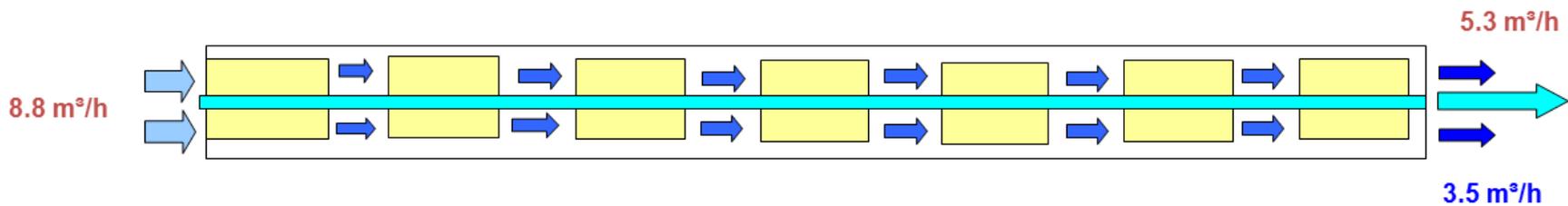
- Éléments en série dans un tube de pression
- Le concentrat d'un élément alimente le suivant  
Un joint à lèvres empêche les bypass alimentation  
Le perméat est collecté dans le tube central  
Des interconnecteurs lient les tubes à perméat  
Le perméat peut être collecté d'un ou deux cotés.



# Tube de pression

## CONCENTRAT

Débit	8.8 m³/h	7.9 m³/h	7.2 m³/h	6.6 m³/h	6.1 m³/h	5.8 m³/h	5.5 m³/h
TDS	38 336 mg/L	42 796 mg/L	47268 mg/L	51 518 mg/L	55 350 mg/L	58 644 mg/L	61 369 mg/L



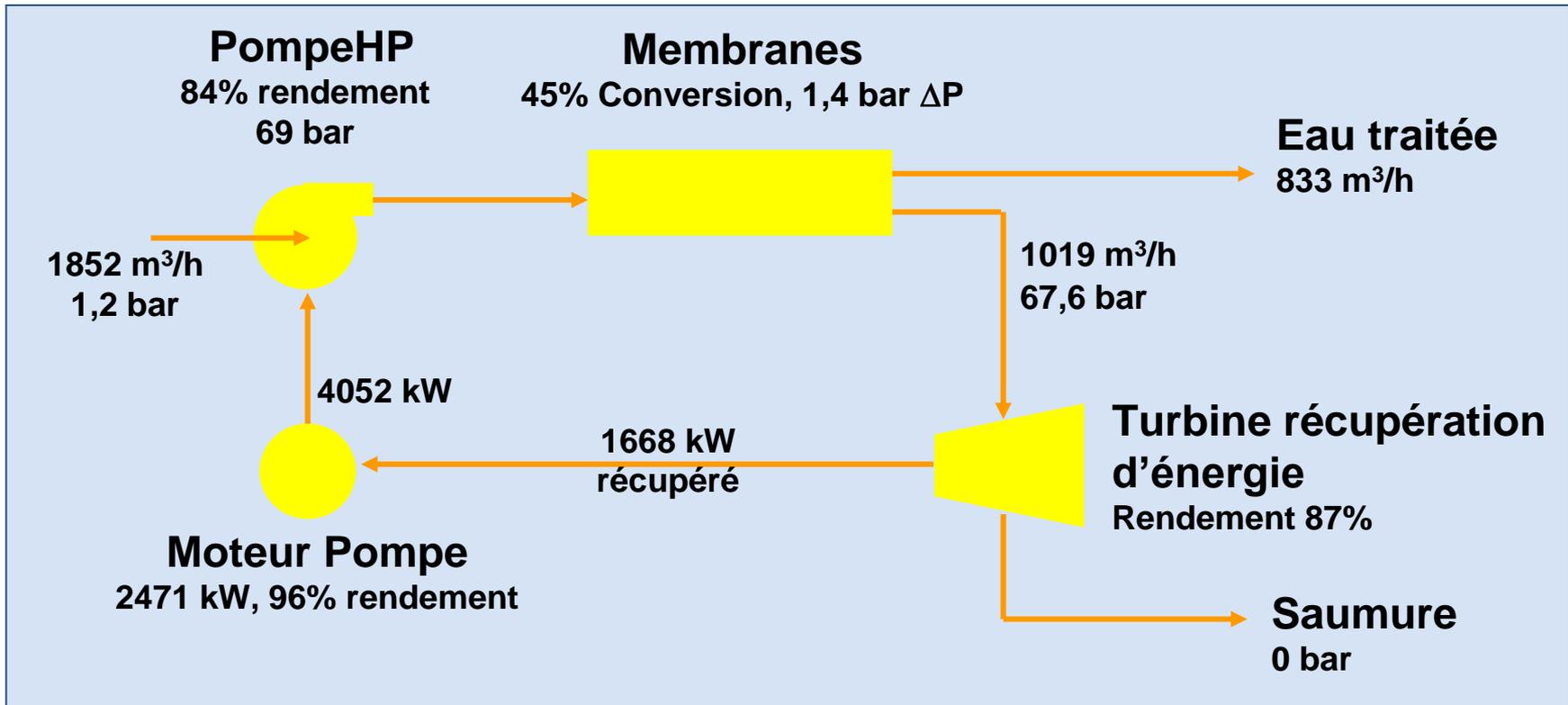
## PERMEAT

Q / mod	0.92 m³/h	0.75 m³/h	0.59 m³/h	0.46 m³/h	0.35 m³/h	0.26 m³/h	0.20 m³/h
TDS / mod	172 mg/L	230 mg/L	311 mg/L	426 mg/L	587 mg/L	808 mg/L	1072 mg/L

# Trains d'osmose inverse



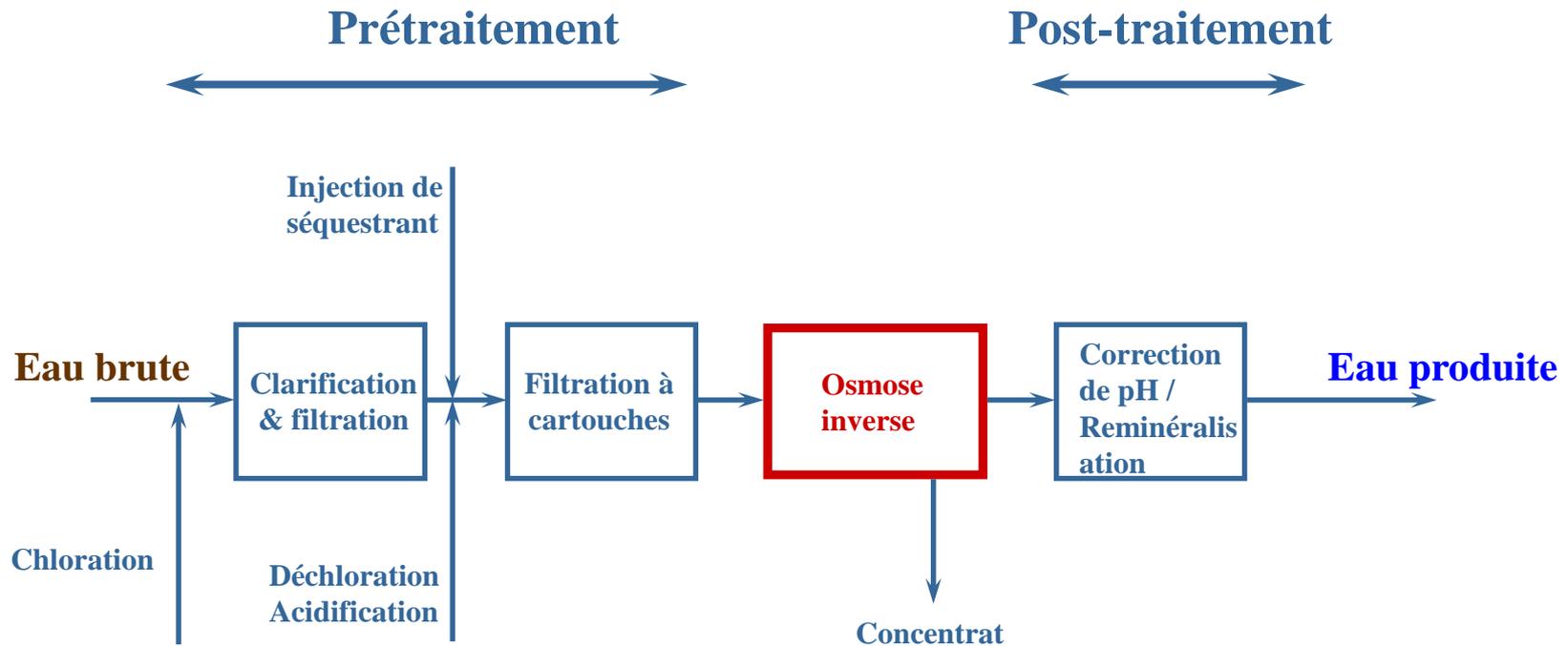
# La récupération d'énergie



- Consommation sans turbine : 5 kWh/m<sup>3</sup>
- Consommation avec turbine : 3 kWh/m<sup>3</sup>



# Filière de traitement

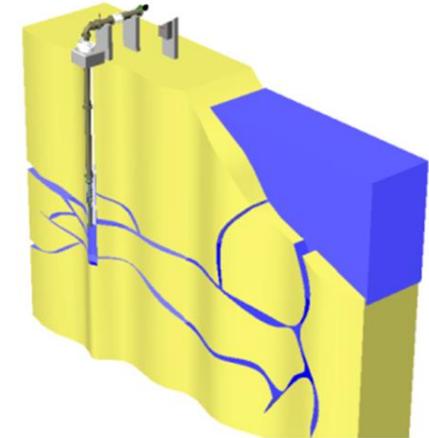
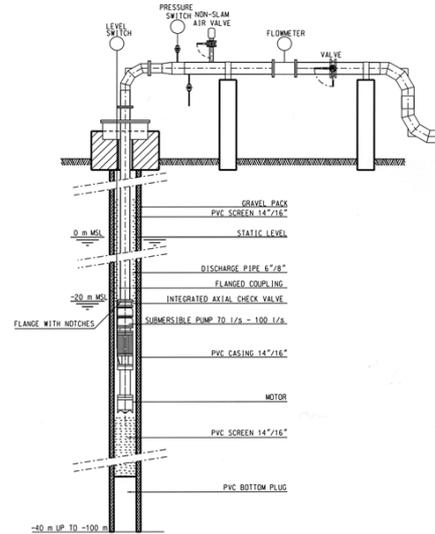


# Types de captage d'eau brute

## Prise d'eau directe en mer

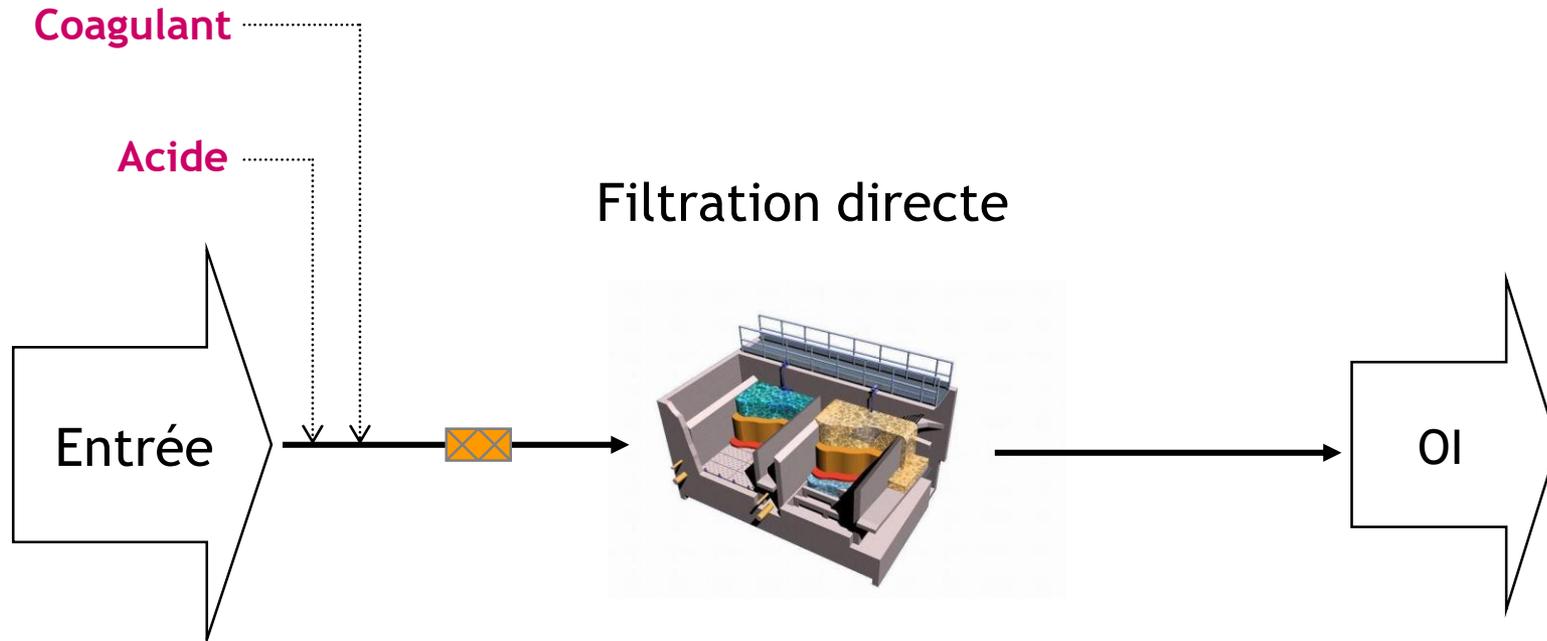


## Prise d'eau en puits côtiers



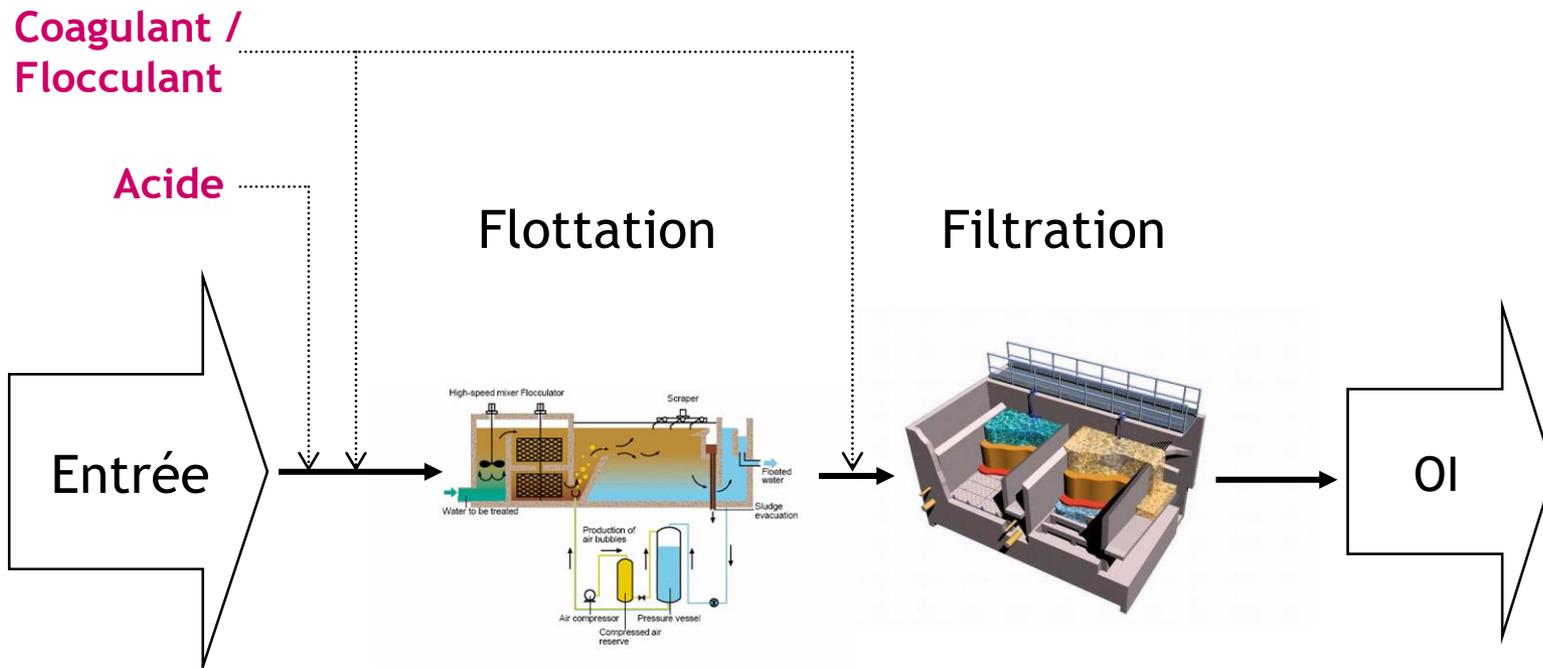
# Prétraitement

- Exemple de prétraitement



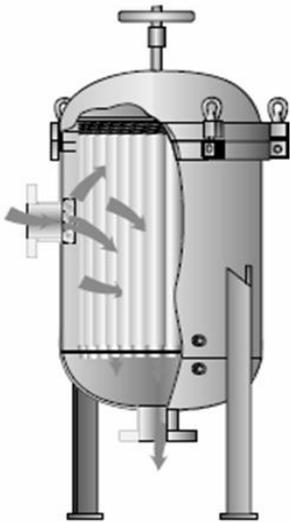
# Prétraitement

## Exemple de prétraitement



# Préfiltration à cartouches

- Préfiltres en amont de l'osmose (habituellement à 5  $\mu\text{m}$ )



Corps de filtre contenant plusieurs cartouches filtrantes



# Posttraitement : reminéralisation

- Remise à l'équilibre calco-carbonique par ajout de réactifs pour augmenter le THCa ( $\text{Ca}_2^+$ ) et le TAC ( $\text{HCO}_3^-$ )
  - $\text{CO}_2$  + chaux
  - $\text{CO}_2$  + calcaire
  - $\text{H}_2\text{SO}_4$  + calcaire
  - $\text{CaCl}_2$  +  $\text{NaHCO}_3$

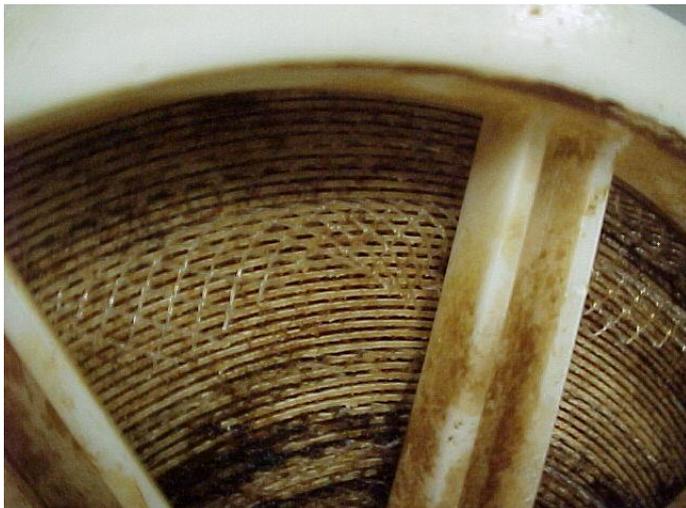
# Colmatage des membranes

---

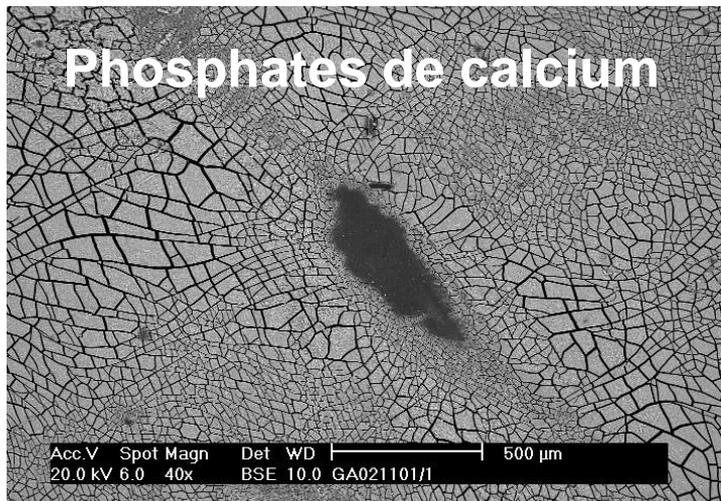
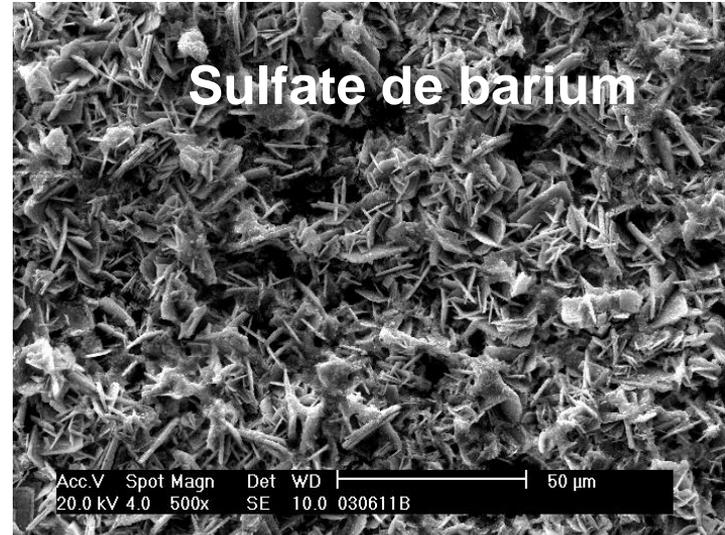
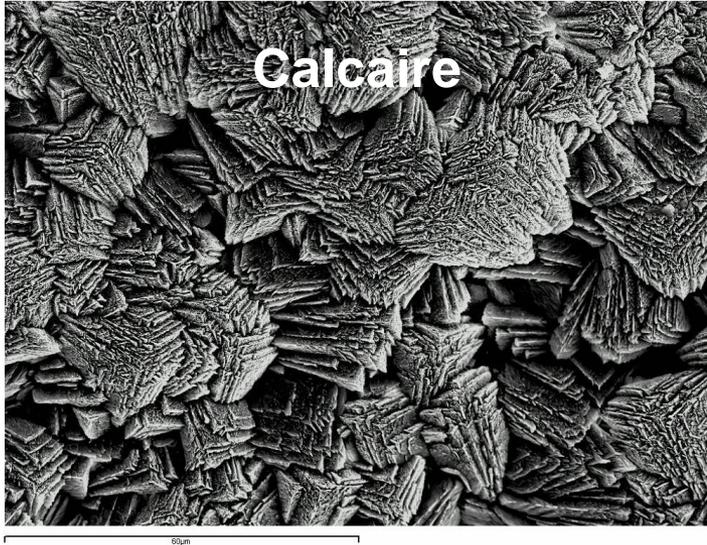
- Encrassement biologique (biofouling)
- Colmatage minéral (entartrage)
- Colmatage par particules ou colloïdes
- Colmatage par adsorption



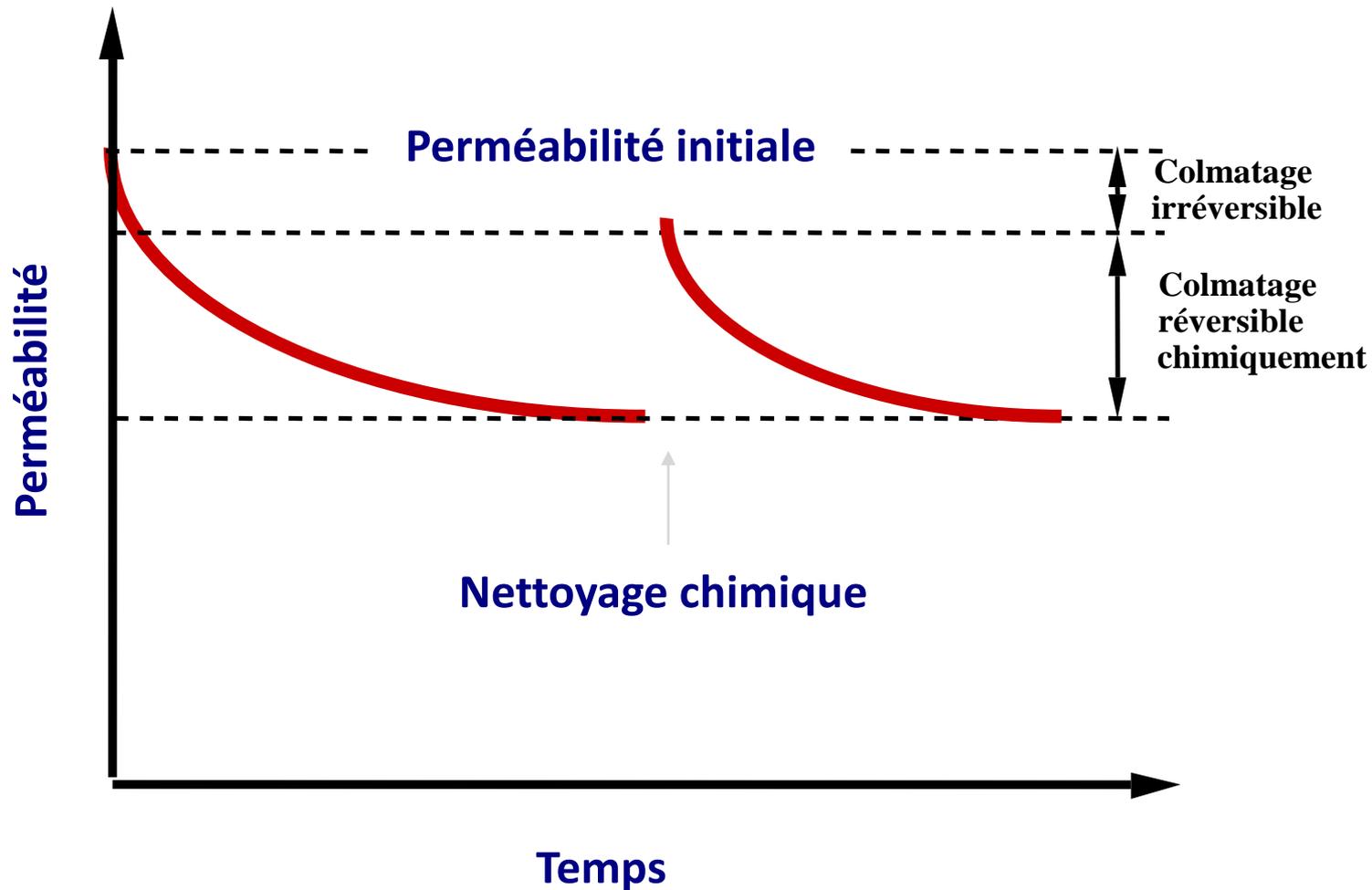
# Encrassement biologique



# Colmatage minéral



# Effet du colmatage sur la perméabilité



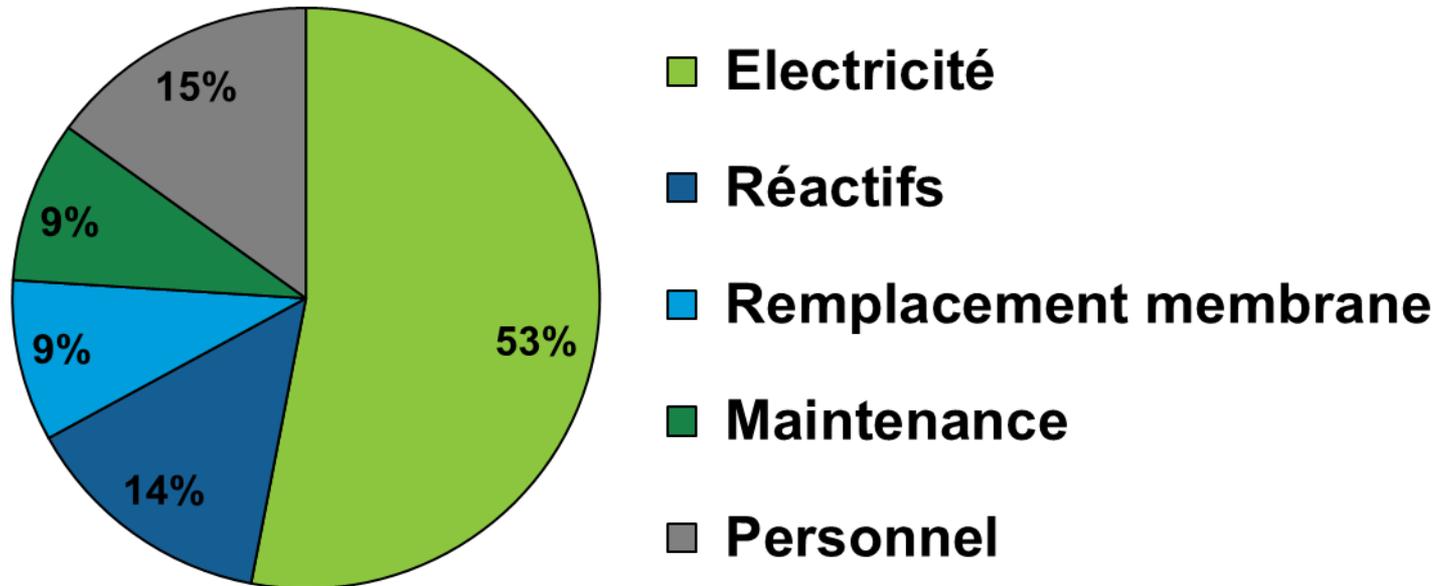
# Nettoyages chimiques (régénération des membranes)

---

- Les nettoyages chimiques permettent à remédier au colmatage (encrassement) des membranes
- en général alcalin (NaOH + détergents) suivi d'une étape acide (citrique, chlorhydrique, phosphorique, sulfamique, nitrique)



# Répartition typique des coûts d'exploitation

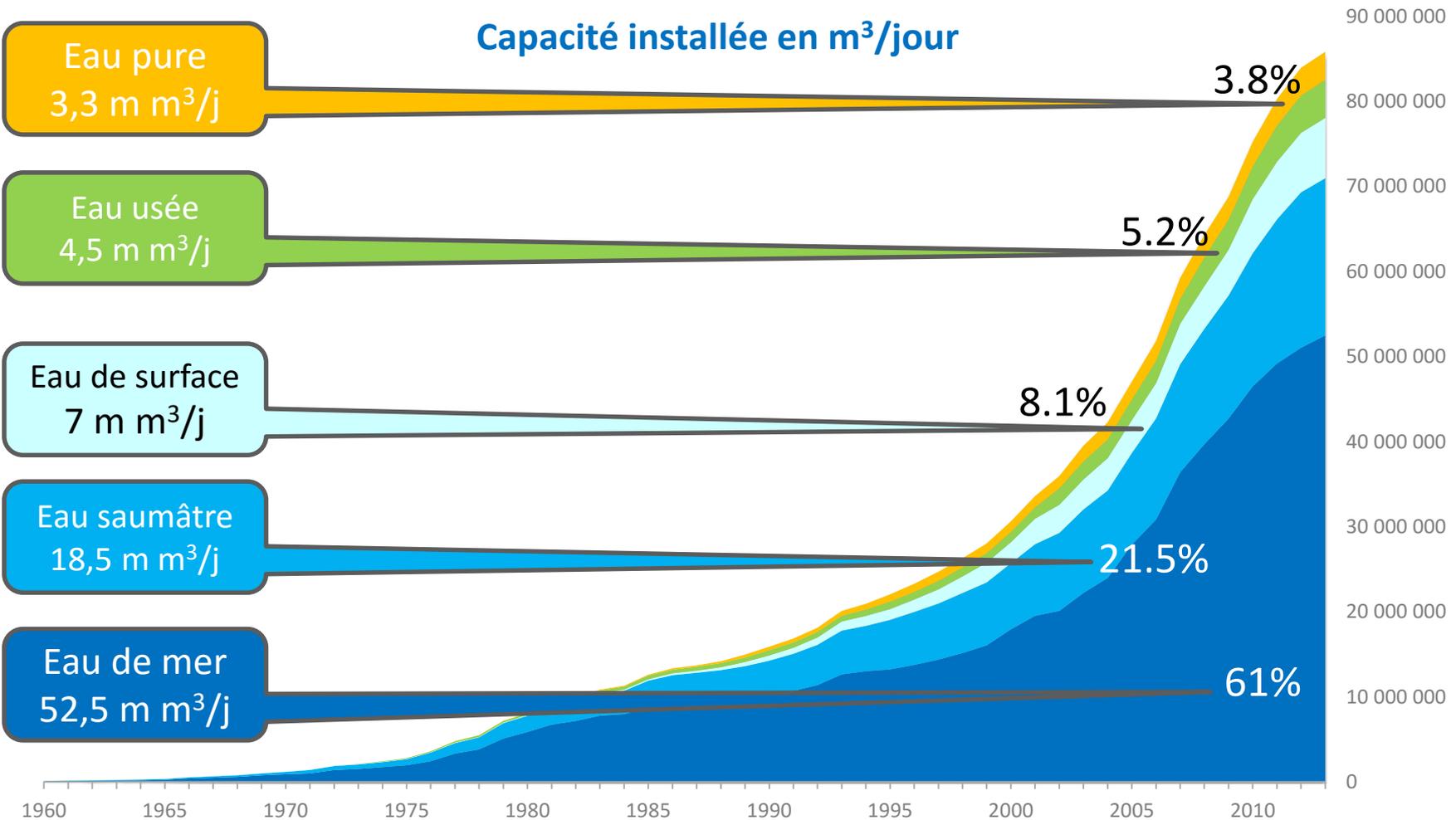


# R&D en dessalement d'eau de mer

---

- Amélioration du prétraitement
- Distillation transmembranaire
- Nouvelles membranes à haute perméabilité
- Osmose directe
- Dessalement à énergies renouvelables
- Dispositifs de récupération d'énergie

# Dessalement dans le monde



Source : GWI Desaldata.com – 26<sup>th</sup> inventory 2013