

**Comment produire de l'eau potable à partir de l'eau salée ?  
Quelle est l'empreinte écologique de ces usines à dessalement ?**

**Document 1 : Caractéristiques de l'eau de mer et de l'eau potable**

• L'eau de mer:

96,5% d'eau pure et 3,5% d'autres substances comme les sels, les gaz dissous, les Substances organiques et des particules solides

Salinité des eaux de mer en moyenne 35g/L (27,2g.L-1 de NaCl, 3,8g.L-1 de MgCl<sub>2</sub>, 1,7g.L-1 MgSO<sub>4</sub>, 1,26g.L-1 CaSO<sub>4</sub>, 0,86g.L-1 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). pH entre 7,5 et 8,4

Pression osmotique d'environ 26 bars

• L'eau potable:

Cl<sup>-</sup> < 200mg/l, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> < 250mg/l, Mg<sup>2+</sup> < 50mg/l, Na<sup>+</sup> < 150mg/l, K<sub>s</sub> < 12mg/l, Al<sup>3+</sup> < 0,2mg/l ; pH 6,5 à 9

**Document 2 : Distillation**

Le procédé de distillation consiste à chauffer de l'eau de mer pour en vaporiser une partie. La vapeur d'eau produite ne contient pas de sels ; il suffit alors de la condenser pour obtenir de l'eau douce. Un montage de distillation simple, de laboratoire de chimie est suffisant.

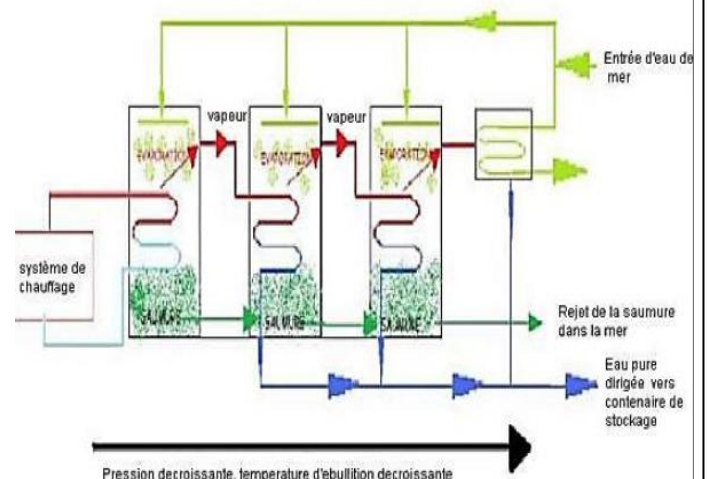
**Document 3 : procédés de dessalement de l'eau de mer**

**1 La distillation à effet multiple (MED)**

Dans la première cellule de distillation (effet 1), l'eau de mer ruisselle sur des tubes chauffés grâce à une chaudière. Une partie de l'eau de mer est vaporisée vers 70°C car la pression dans l'effet 1 est inférieure à la pression atmosphérique. L'eau de mer non vaporisée s'accumule au fond de la cellule. La vapeur d'eau formée est envoyée dans le serpentin de l'effet 2 où règnent une température et une pression plus basses que celles de l'effet 1. La vapeur d'eau est ainsi condensée en eau distillée : cette eau est retirée de la cellule grâce à une pompe.

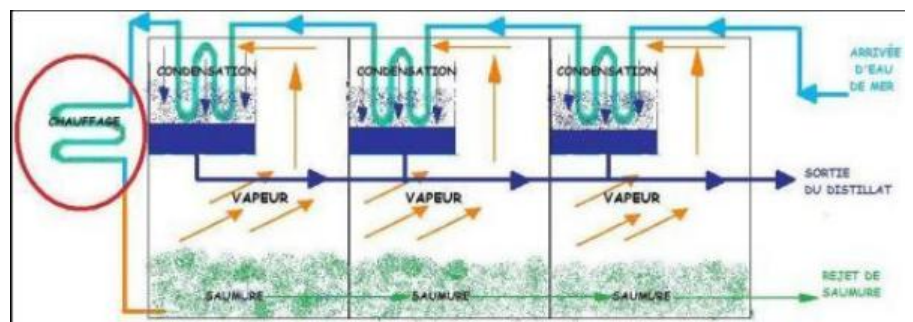
La condensation libère suffisamment d'énergie thermique pour vaporiser en partie l'eau de mer qui ruisselle sur les tubes.

La vapeur formée entre dans la cellule 3 où le même processus se répète. En pratique, on peut placer en série jusqu'à 6 ou 7 cellules de distillation. Le dernier serpentin est refroidi par l'eau de mer. Il faut 2 à 4 litres d'eau salée pour obtenir 1 litre d'eau douce.



**2 La distillation multistage (MSF)**

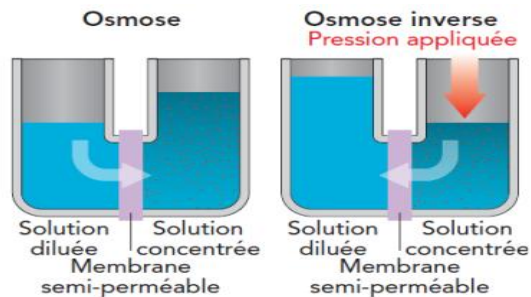
De l'eau de mer est chauffée sous pression à 120°C tout en restant liquide. Elle est ensuite envoyée dans une cellule où règne une pression réduite. Une partie de l'eau sous pression est immédiatement vaporisée par détente appelée flash. La vapeur d'eau formée monte au contact de conduits froids, où circule l'eau de mer, et se condense en eau douce.



Une pompe retire alors l'eau distillée de la cellule. L'eau de mer non vaporisée dans la première cellule entre dans une deuxième cellule où règne une pression plus faible que celle de la première cellule. Une seconde détente se produit d'où le nom de distillation multistage. Les usines de dessalement MSF peuvent comporter jusqu'à 40 cellules.

## Osmose inverse

L'osmose tend à équilibrer les concentrations de deux solutions par transfert d'eau. Dans les procédés d'osmose inverse, la mise sous pression de l'eau de mer sous 80 bars environ provoque le transfert de l'eau à travers la membrane semi-perméable. On obtient de l'eau pure dans un compartiment et une solution d'eau salée très concentrée dans l'autre.



### Quelque soit le fonctionnement, 4 étapes:

- Prise d'eau de mer + filtration grossière
- Prétraitements
- Dessalement
- Déminéralisation : eau rendue potable (moins de 0,5 g de sels par litre)



### comparaison des méthodes

#### La distillation

- **énergie thermique** à basse température, consommation: **200 à 300 MJ/m<sup>3</sup> + 2,5 à 5kW/m<sup>3</sup>**
- performances et coûts indépendants de la salinité (golfe arabique où salinité peut être supérieure à 45g/l)
- prétraitements simples (dégrillage et chloration)
- très faible salinité de l'eau produite **5-30mg/l** pour eaux de procédés

#### L'osmose inverse

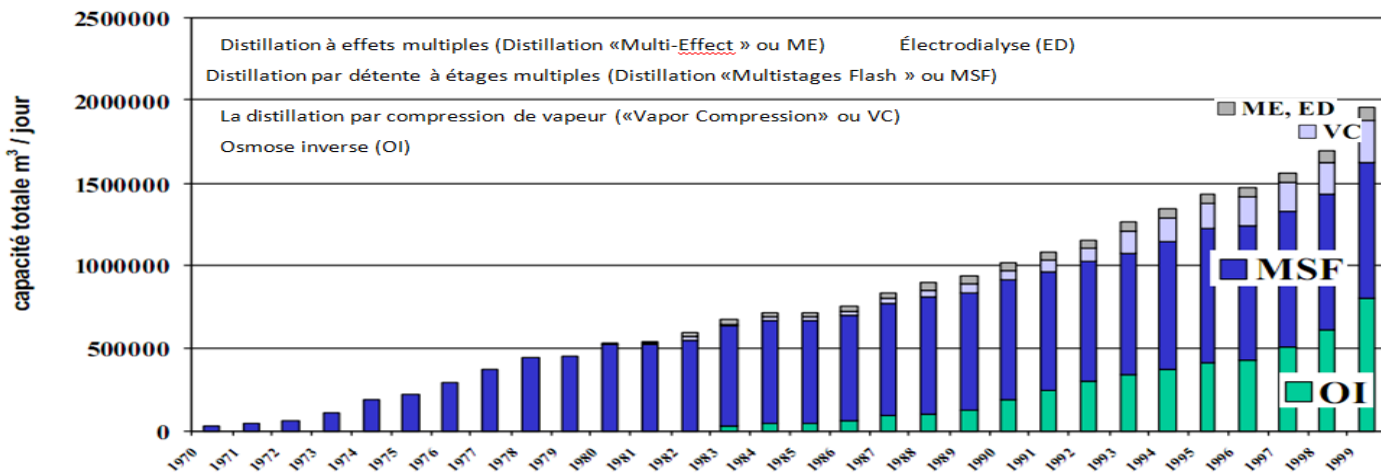
- faible consommation en **énergie électrique: 3 à 4 kW/m<sup>3</sup>**
- coût investissement inférieur de 20%
- gamme étendue de capacité (Oléron, Perth)
- consommation d'énergie proportionnelle à la salinité
- prétraitements = étape déterminante
- salinité de **300 à 500mg/l** pour eaux domestiques



Choix de la méthode suivant nature et coût de l'énergie disponible

## Document 4 : répartition

Capacité de production (m<sup>3</sup>/jour) de différents types d'usine de dessalement d'eau de mer mis en service dans le pays méditerranéens pour la période 1970 - 1999.



## Document 5 : dessalement à Santorin (Θήρα) dans les Cyclades grecques



A new desalination plant was installed and started up by TEMAK

SA at Thira Municipality in Santorini - Cyclades.

The desalination plant produces 1200 cubic meters per day of excellent quality drinking water, from brackish water, complying to EU and Greek Legislation.

The operation is based on the method of reverse osmosis by semi-permeable membranes, that separate the salts from the clean drinking water through a series of advanced mechanisms and equipment. Once again it is proven that desalination through reverse osmosis technology is the best solution for the production of drinking water from sea or brackish waters, because of its reasonable cost of acquisition and low running cost.

*Santorini has no rivers, and water is scarce. Until the early 1990s locals filled water cisterns from the rain that fell on roofs and courts, from small springs, and with imported assistance from other areas of Greece. In recent years a desalination plant has provided running, yet non-potable, water to most houses. Since rain is rare on the island from mid-spring till mid-autumn, many plants depend on the scant moisture provided by the common, early morning fog condensing on the ground as dew.*



## **Document 6 : Bilan environnemental du dessalement**

Les usines de dessalement rejettent des quantités importantes de saumure. Pour chaque mètre-cube d'eau potable produite, le procédé d'osmose inverse rejette 1 m<sup>3</sup> de saumure, alors que les unités de distillation en rejettent 9 m<sup>3</sup>

. Avec le procédé d'osmose inverse, la saumure est deux fois plus concentrée en sel que l'eau de mer. Avec les procédés par distillation, la saumure est 10 à 15 % plus concentrée en sel que l'eau de mer. En outre, dans les deux cas, les rejets contiennent des résidus chimiques comme les composés chlorés utilisés pour limiter la contamination biologique de l'eau ou le cuivre issu de l'usure des installations. On estime à 300 kilogrammes par jour l'ensemble des rejets de cuivre de toutes les usines à distillation du Golfe.

Ces usines de dessalement sont essentiellement alimentées par des énergies fossiles. Or, les combustibles fossiles présentent pour l'environnement l'inconvénient d'émettre des polluants atmosphériques, notamment du dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>, des oxydes de soufre et d'azote et des particules solides. Pour produire 1 mètre cube d'eau douce, une usine MED (Distillation multi-effets) consomme 7,5 kWh. Plus des trois quarts de cette énergie sert à préchauffer l'eau de mer. Avec le procédé d'osmose inverse, la consommation totale d'une usine est de 4,0 à 5,5 kWh par mètre cube d'eau douce produite.

### **Travail : Analyse et synthèse de documents**

1) Dans le procédé de distillation MED :

a. Que devient la vapeur produite dans l'effet 1 lorsqu'elle passe dans le deuxième effet ?

b. Lors de ce passage, à quoi sert l'énergie thermique libérée par la condensation ?

c. Pourquoi la multiplication du nombre d'effets permet-elle de réduire la consommation d'énergie par rapport à une distillation simple ?

2) Qu'appelle-t-on « flash » dans le procédé de distillation multistage ?

3) Justifier qu'un post-traitement avec reminéralisation de l'eau distillée récupérée dans les procédés de distillation est nécessaire pour la rendre potable alors que c'est moins utile pour le procédé OI.

4) En considérant la salinité moyenne de la Méditerranée (38g/L), calculer, pour les procédés de distillation et d'osmose inverse, la masse de saumure rejetée par mètre-cube d'eau douce produite. Quel procédé affecte le moins l'écosystème ?

5) Quel est le risque majeur lié aux rejets de saumures dans les mers par les usines de dessalement ?

6) Quelles autres conséquences ces rejets ont-ils ?

7) Pourquoi les usines de dessalement par distillation ont-elles une empreinte écologique plus importante que celles par osmose inverse ? Cela est-il pris en compte quand on observe le graphe du document 4 ?

8) dessalement à Ἱέρρα (document 5)

a. Quelle méthode est utilisée à Santorin ? Quelle est sa production journalière ? Quelle quantité d'eau de mer cela consomme-t-il ?

b. pourquoi l'île de Santorin dessale-t-elle l'eau de mer ? Avant Temak, y avait-il déjà du dessalement pour obtenir de l'eau potable ?

## **SANTORIN**

