

# LE DESSALEMENT DE L'EAU DE MER

## Situation de départ



L'eau, élément essentiel à la vie, est de plus en plus convoitée de par le monde. Actuellement, plus d'un tiers de la population mondiale vit dans un pays sous stress hydrique et on estime que cette proportion atteindra près de 2 tiers en 2025. C'est pourquoi elle est devenue un enjeu planétaire potentiellement source de conflits.

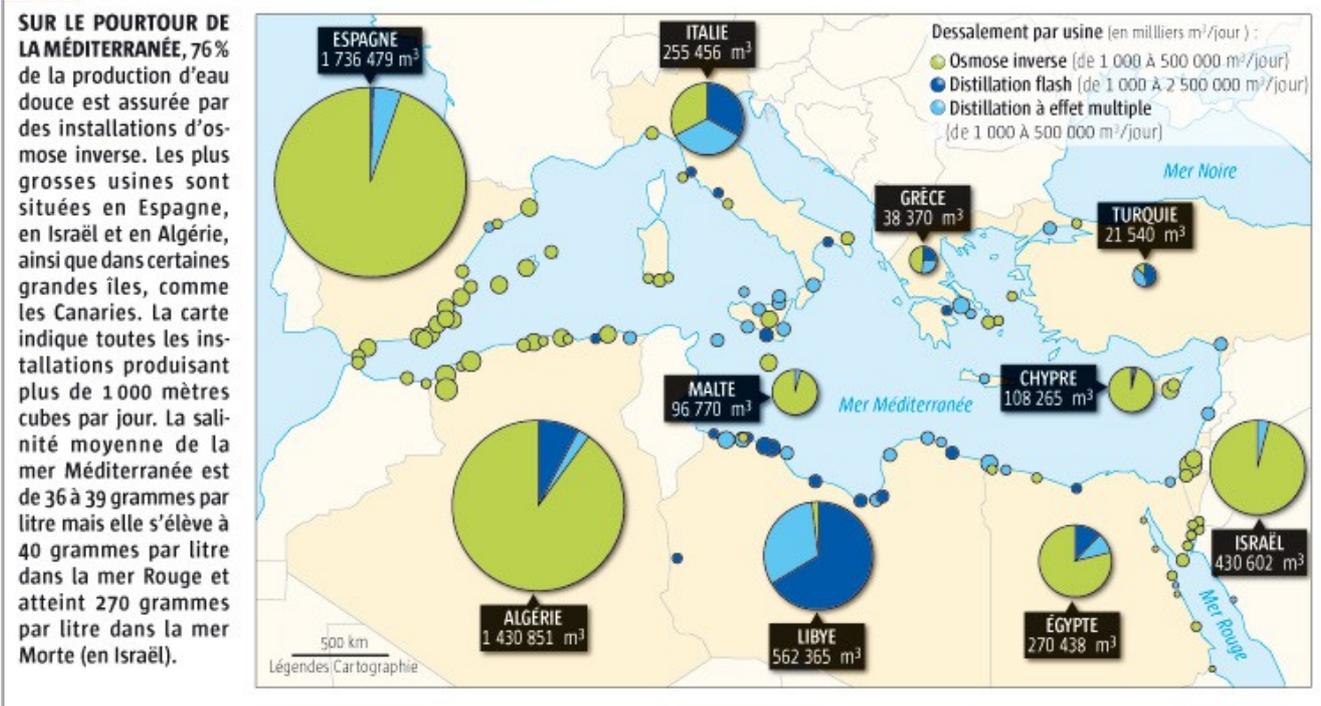
97 % de l'eau présente sur la planète est salée. Au regard du manque d'eau douce dont souffrent certaines grandes villes comme Barcelone, il paraît donc naturel de se tourner vers cette immense ressource. Ainsi, les usines de dessalement d'eau de mer deviennent de plus en plus communes sur les littoraux.

La production industrielle d'eau potable par dessalement a débuté dans les années 1950. En 2007, elle atteignait 47 millions de mètres cubes par jour dans le monde, soit environ 8% de la production totale d'eau potable ou encore 0,45 % de la consommation d'eau douce journalière sur notre planète.

Plusieurs techniques ont été et sont actuellement utilisées dans les usines du monde entier afin de purifier l'eau de mer. Le traitement principal consiste à faire passer la concentration en sels de l'eau de 35 000 ppm (ou 35 g/l) à moins de 500 ppm (ou 0,5 g/l), seuil de potabilité généralement admis. Deux procédés sont généralement employés afin de séparer les sels dissous de l'eau : un procédé thermique faisant intervenir l'évaporation (la distillation) et un procédé membranaire appliquant le principe de l'osmose inverse.

Source : <http://www.ecotoxicologie.fr/Dessalement.php>

**Fig.1** Le dessalement en Méditerranée



Source : larecherche.fr , 2008

Quelle que soit la technique utilisée, le dessalement a un coût énergétique assez élevé : pour produire un mètre cube d'eau douce, il faut au moins 10 kWh pour les meilleurs procédés thermiques et 4 à 5 kWh pour les installations d'osmose inverse les plus modernes.

## Vidéo

<https://www.youtube.com/watch?v=YMBOwa0EtQ4>



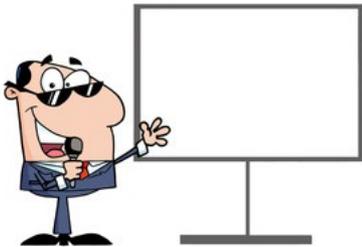
### Problème

*(analyser, réaliser, valider, communiquer)*



A l'aide de vos connaissances, des documents suivants des réponses à l'étude préliminaire et du matériel disponible :

- Réaliser une expérience mettant en évidence le phénomène d'osmose ;
- Réaliser le dessalement d'une eau de mer par un procédé thermique en déterminant sa consommation énergétique.



L'ensemble de votre démarche et de vos résultats seront détaillés dans un **compte rendu numérique** de votre choix dont la forme devra être exploitable lors d'une **présentation orale**.

### Etude préliminaire

*(s'approprier, analyser)*



1. Quelle est la différence entre le phénomène d'osmose et celui d'osmose inverse ? En déduire que le phénomène d'osmose inverse consomme de l'énergie.
2. Qu'est ce qui peut expliquer simplement la différence de coût énergétique entre les deux procédés de dessalement généralement employés.
3. Quelle est la caractéristique des effluents (eaux rejetées) produits quel que soit le procédé de dessalement utilisé ?

## Documents



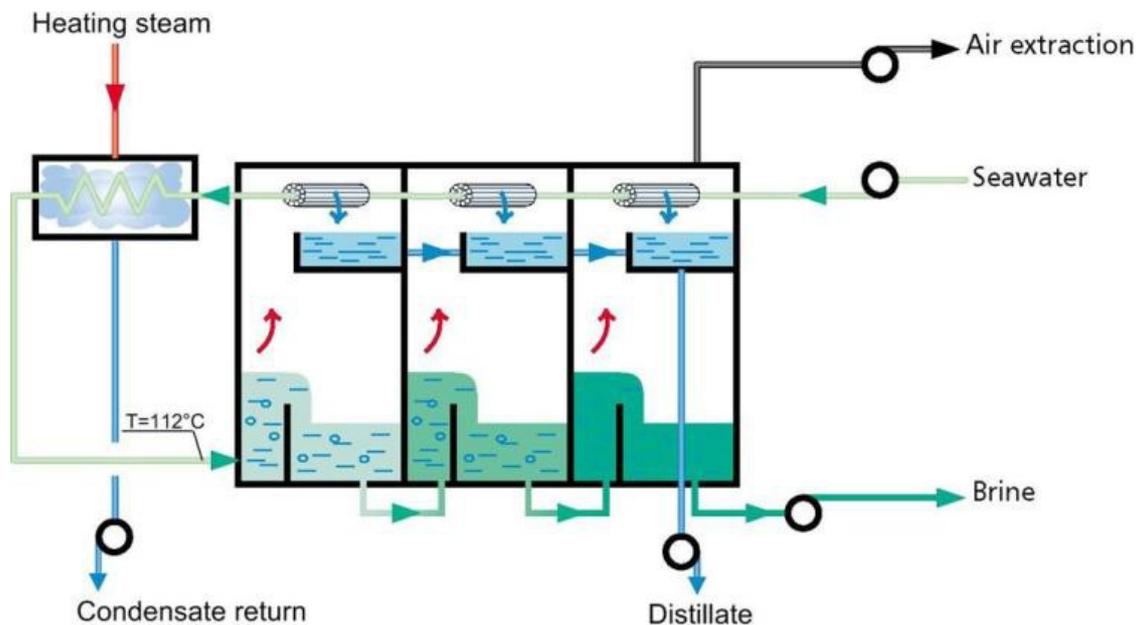
### Doc.1 : Le procédé thermique : la distillation

Dans les procédés de distillation, il s'agit de chauffer l'eau de mer pour en vaporiser une partie. La vapeur ainsi produite ne contient pas de sels, il suffit alors de condenser cette vapeur pour obtenir de l'eau douce liquide. Il s'agit en fait d'accélérer le cycle naturel de l'eau. En effet l'eau s'évapore naturellement des océans, la vapeur s'accumule dans les nuages puis l'eau douce retombe sur terre par les précipitations. Ce principe de dessalement très simple a été utilisé dès l'Antiquité pour produire de très faibles quantités d'eau douce sur les bateaux.

L'inconvénient majeur des procédés de distillation est leur consommation énergétique importante liée à la chaleur latente de vaporisation de l'eau. En effet pour transformer un kg d'eau liquide en un kg d'eau vapeur à la même température il faut environ 2250 kilojoules (si le changement d'état se fait à 100°C). Afin de réduire la consommation d'énergie des procédés industriels, des procédés multiples effets qui permettent de réutiliser l'énergie libérée lors de la condensation ont été mis au point.

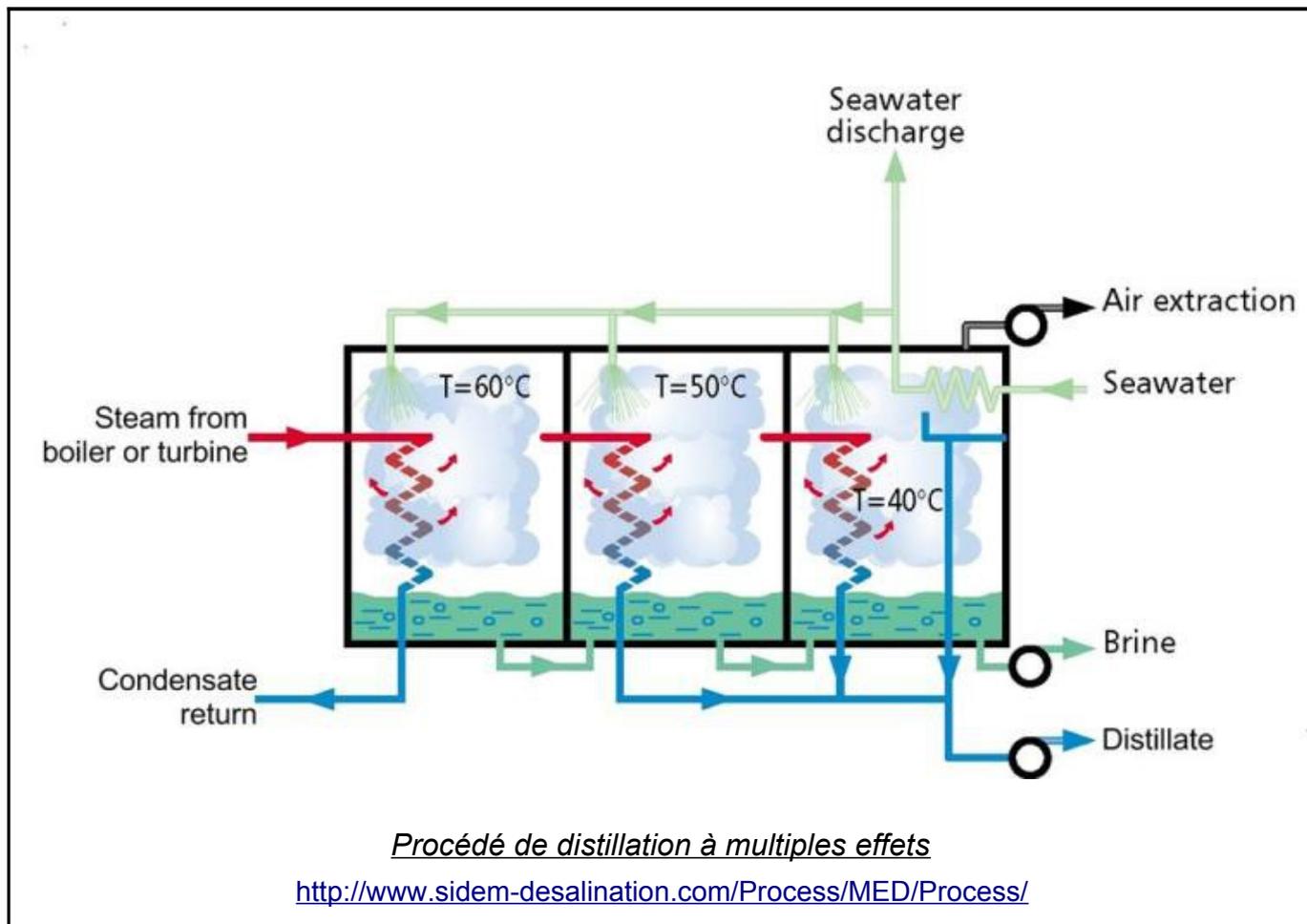
Deux procédés se partagent le marché du dessalement thermique : le procédé de **distillation à détente étagées** (Multi-Stage Flash distillation MSF) et le procédé de **distillation à multiples effets** (Multi-Effect distillation MED).

Source : <http://culturesciences.chimie.ens.fr/>



*Procédé de distillation à détente étagées*

<http://www.sidem-desalination.com/Process/MSF/>



## Doc.2 : Le procédé membranaire : l'osmose inverse

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression (54 à 80 bars pour le traitement de l'eau de mer). Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. Les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules d'eau et ne laissent pas passer les particules, les sels dissous, les molécules organiques de  $10^{-7}$  mm de taille.

L'énergie requise par l'osmose inverse est uniquement celle électrique consommée principalement par les pompes haute pression.

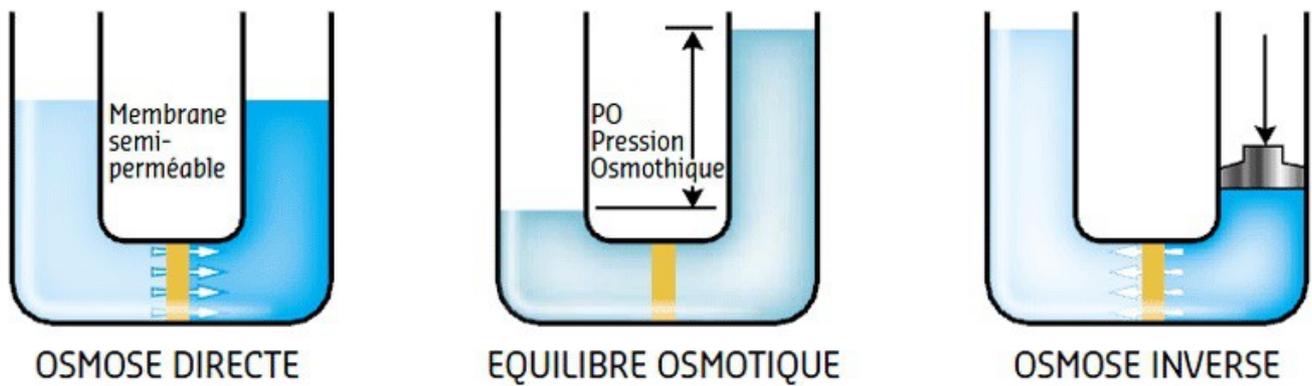
### Principe de l'osmose inverse

On appelle osmose le transfert de solvant (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de concentration.

Soit un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes. Le phénomène d'osmose va se traduire par un écoulement d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau s'annulera. Si, pour simplifier, nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique.

Une augmentation de la pression au delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique, c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée : c'est le phénomène d'osmose inverse.

Source : <http://culturesciences.chimie.ens.fr/>



### **Principe de fonctionnement de l'osmose inverse**

Source : <http://www.degremont.fr/fr/savoir-faire/eaux-municipales/dessalement/osmose-inverse/procedes/>

### **Doc.3 : Matériel disponible**

- Eau de mer
- Eau distillée
- Potences avec pinces
- Ballon monocol (250 mL)
- Réfrigérant à eau
- Elévateur
- Chauffe ballon
- Eprouvette graduée (60 mL)
- Cristalliseur
- Membrane semi-perméable (cellophane)
- Tulipe
- Tube en verre
- Conductimètre
- Compteur d'énergie électrique