

Plus d'un milliard de personnes n'a pas accès à l'eau potable aujourd'hui. Les eaux des mers et océans sont des ressources en eau parmi les plus abondantes. Ainsi, de plus en plus d'usine de dessalement de l'eau de mer sont construites dans le monde.

Comment produire de l'eau potable à partir de l'eau salée ?

Quelle est l'empreinte écologique de ces usines à dessalement ?

### Document 1 : Salinité des eaux

La salinité des eaux marines, exprimée en  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , mesure la concentration en sels dissous (chlorure de sodium, sulfate de magnésium, carbonate de calcium, etc.). Elle varie d'une mer à l'autre. Pour obtenir de l'eau douce à partir d'eau salée, deux grands types de procédés existent : la **distillation** et l'**osmose inverse**.

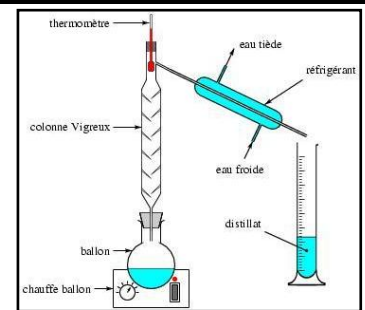


### Document 2 : Distillation

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, réalisable au laboratoire, est présenté sur le schéma ci-contre.

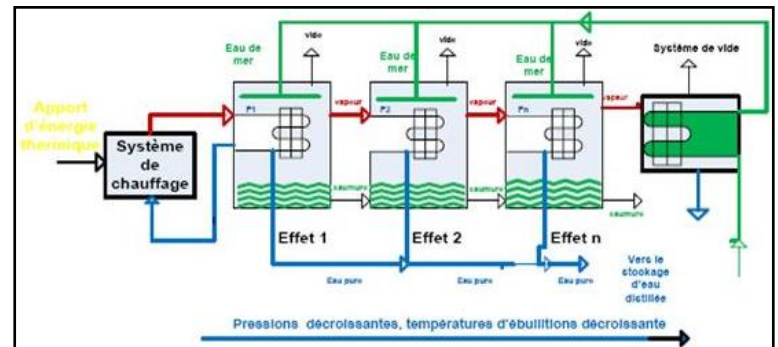
Il existe deux grands procédés de distillation :

- la distillation à effet multiple (MED) ;
- la distillation multistage (MSF), procédé le plus utilisé dans le monde.



#### ▲ La distillation à effet multiple (MED)

Dans la première cellule de distillation (effet 1), de l'eau de mer ruisselle sur des tubes chauffés grâce à une chaudière. Une partie de l'eau de mer est vaporisée vers  $70^\circ\text{C}$  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.

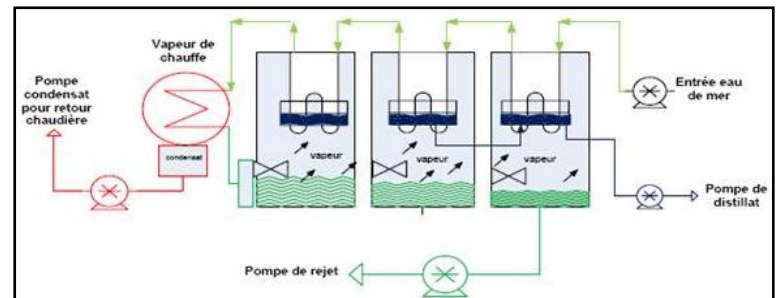


La vapeur d'eau est ainsi condensée en eau distillée : cette eau est retirée de la cellule grâce à une pompe.

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.

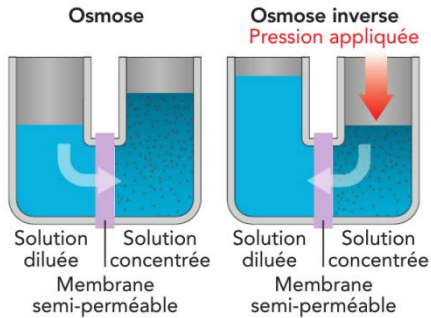
#### ▲ La distillation multistage (MSF)

De l'eau de mer est chauffée sous pression à  $120^\circ\text{C}$  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.



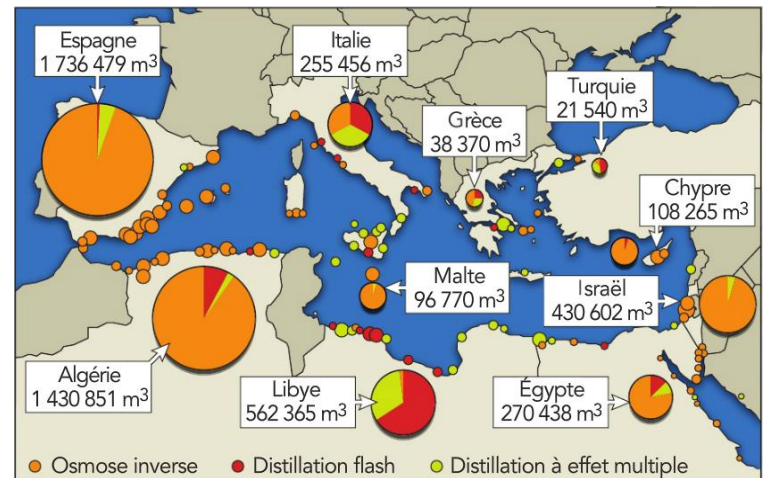
Une pompe retire alors l'eau distillée de la cellule. L'eau de mer non vaporisée dans la première cellule entre dans une deuxième cellule où règne une pression plus faible que celle de la première cellule. Une seconde détente se produit d'où le nom de distillation multistage. Les usines de dessalement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

### Document 3 : 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.

### Document 4 : Usines de dessalement



Usines de dessalement produisant plus de 1 000 m³ par jour d'eau douce sur le pourtour de la Méditerranée.

### Document 5 : 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 m³ de saumure, alors que les unités de distillation en rejettent 9 m³. 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.

### Analyse et synthèse :

App, Ana, Ext, Exp

1. Qu'est-ce que la salinité d'une eau ? Quelle est la salinité de l'eau de la mer Méditerranée ? Calculer la masse de sel dissous dans 1 m³ de l'eau de cette mer.
2. 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 ?
3. Qu'appelle-t-on « flash » dans le procédé de distillation multistage ?
4. Justifier qu'un post-traitement avec reminéralisation de l'eau distillée récupérée dans les procédés de distillation est nécessaire pour la rendre potable.
5. En considérant la salinité moyenne de la Méditerranée, 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 ?
6. Quel est le risque majeur lié aux rejets de saumures dans les mers par les usines de dessalement ?
7. Quelles autres conséquences ces rejets ont-ils ?
8. Pourquoi les usines de dessalement par distillation ont-elles une empreinte écologique plus importante que celles par osmose inverse ?