

Module N° 9 : Les ressources en eaux non conventionnelles

Chapitres :

- 1) La recharge artificielle de nappes**
- 2) La collecte des eaux pluviales**
- 3) La réutilisation des eaux usées**
- 4) Le dessalement d'eaux de mer**

La recharge artificielle de nappes

I) Introduction :

La recharge artificielle d'une nappe consiste à réaliser une infiltration provoquée et contrôlée au sein d'un aquifère et ce par le biais d'un apport d'eau extérieur. Il s'agit généralement d'une rivière dont on veut exploiter les eaux de crue au lieu que celles-ci se perdent en aval dans l'océan ou un autre milieu récepteur. Il est possible également de pratiquer la recharge à partir des rejets d'eaux usées traitées et ce après un traitement préliminaire.

La recharge artificielle a généralement deux objectifs :

- Reconstitution partielle des réserves en eau de l'aquifère après une phase de surexploitation.
- Création d'une barrière hydraulique contre l'intrusion des eaux marines ou d'un front de pollution quelconque.

II) Méthodes de l'alimentation artificielle :

L'alimentation artificielle d'un aquifère peut être réalisée par infiltration provoquée ou par injection.

II.1) Alimentation par infiltration provoquée :

Pour l'infiltration provoquée, on a recours à des dispositifs de surface qui exigent des étendues de terrain relativement importantes. Ce genre d'aménagement est souvent pratiqué au niveau des nappes alluviales.

Les dispositifs aménagés sont généralement :

- Les bassins d'infiltration.
- Les seuils aménagés dans les lits de rivières.
- L'épandage de crue.

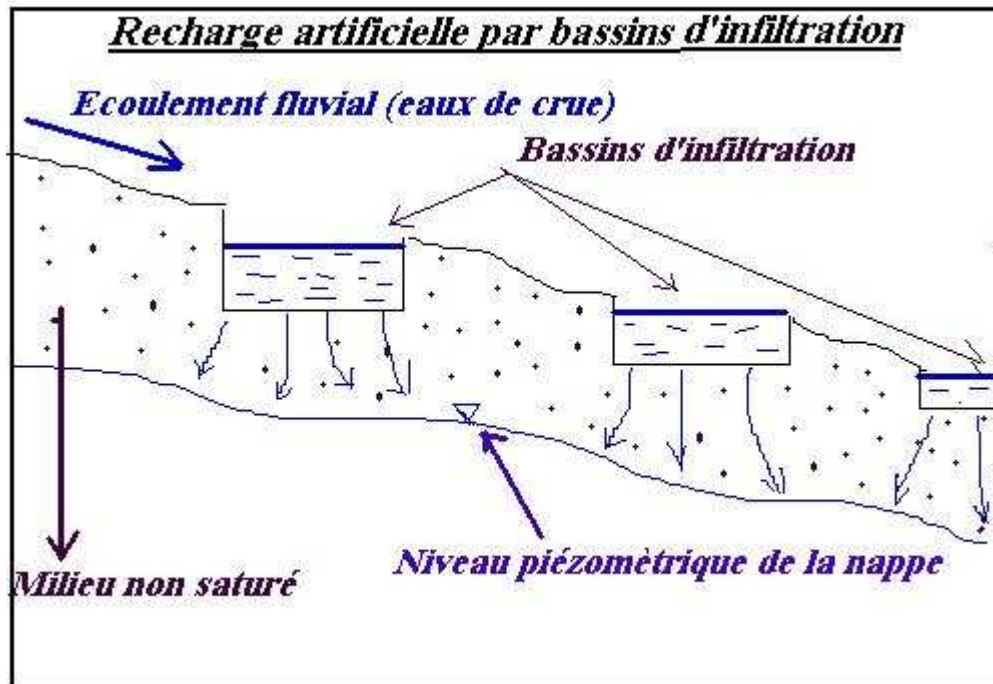
II.1.1) les bassins d'infiltration :

II.1.1.1) Description du dispositif :

Ce dispositif consiste à réaliser des bassins en cascades au nombre de 4 à 6 (généralement dans le lit d'une rivière). En fait le bassin sert de décanteur et d'infiltrateur, le milieu non saturé et qui doit être de 2 à 10 m joue le rôle de filtre.

La largeur l du bassin peut aller jusqu'à la largeur du lit majeur mais il faut veiller toutefois à la protection du bassin contre les effets dévastateurs de crues. En pratique, elle ne doit pas dépasser une dizaine de mètres. La longueur est de l'ordre de 100 m. la longueur totale d'une série de bassins ne doit pas dépasser 600m. La hauteur H et compte tenu de la hauteur des berges est de l'ordre de 1,2 à 1,5m. L'intérêt d'avoir des grands bassins est de profiter du maximum de débit entrant, toutefois de grandes superficies peuvent rendre l'entretien et la

gestion du dispositif difficiles. Il est recommandé avant de dimensionner les bassins de procéder à des levés topographiques au droit des sections de l'oued à aménager.



II.1.1.2) Choix des sites de recharges :

Sur le plan technique, le choix doit porter sur les sites offrant les meilleurs rendements.

- Il faut surtout étudier au préalable la relation nappe- rivière, l'idéal est d'avoir des cartes piézométriques locales à petites échelle pour déterminer les secteurs où l'oued alimente la nappe (rôle injectant).
- En parallèle à la piézométrie, il faut étudier les apports au niveau des rivières pour bénéficier du maximum de débit.
- Réalisation d'une campagne de jaugeages différentiels pour évaluer les apports d'eaux de surface aux eaux souterraines.
- Une étude sur la qualité des eaux est également indispensable (eaux souterraines et eaux de surface) pour avoir une compatibilité et un mélange d'eau de qualité acceptable.

II.1.1.3) entretien et gestion du dispositif :

Le problème principal est le colmatage des fonds de bassins compte tenu du charriage et du transport de sédiments. Aussi, il est recommandé de procéder après le passage de crues à un décapage et une scarification du terrain afin de nettoyer et d'éliminer les dépôts ce qui permet de préparer le terrain à une prochaine crue.

Pour un bon suivi du rendement du dispositif, il est recommandé de :

- installer un réseau de contrôle piézométrique en amont et en aval des bassins pour mesurer l'effet différentiel de la recharge entre l'amont et l'aval.

Un exemple de ce type d'aménagement est celui de l'oued Nfis dans la plaine du Haouz, la recharge a permis d'avoir une infiltration de 1 m/jour/m^2

II.1.2) les seuils et diguettes :

Ce dispositif consiste à réaliser un certain nombre de seuils en cascades le long d'un tronçon de rivière et ce pour retarder les écoulements lors de crues ce qui permet d'augmenter le temps de séjour de l'eau et par suite une infiltration provoquée. La longueur du seuil sera bien entendue la largeur de la section de l'oued, la hauteur dépendra de celle des berges. Là également, une étude topographique est indispensable.

Les seuils peuvent être construits en gabions ou en maçonnerie en fonction de la violence des crues et aussi de la proximité des matériaux de construction.

L'étude de faisabilité, le choix des sites, l'entretien et la gestion sont similaires à l'option des bassins d'infiltration décrits précédemment. Le choix entre variante doit être orienté par une étude technico-économique et une analyse financière (VAN et TRI).

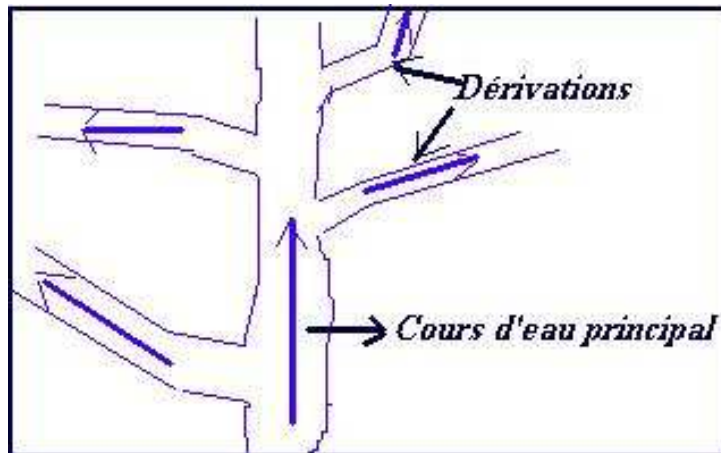
Aménagement d'une diguette en gabion dans une section de thalweg (jbilètes centrales)



Une expérimentation dans les jbilètes pour renforcer l'infiltration des eaux de crues au sein des altérites (schistes altérés) à partir d'un dispositif de seuils en gabions, a permis d'avoir une infiltration différentielle de 5 à 8 fois entre l'amont et l'aval des diguettes.

II.1.3) l'épandage de crue :

Cette technique se pratique souvent hors du lit de l'oued en dehors du chenal principal ou lit mineur actif. Les eaux de débordement parviennent souvent aux terrains riverains par le biais de séguías (traditionnelles ou modernes) et généralement pour un but d'irrigation. Une fraction de ces eaux finit par rejoindre la nappe et participe à la recharge artificielle.

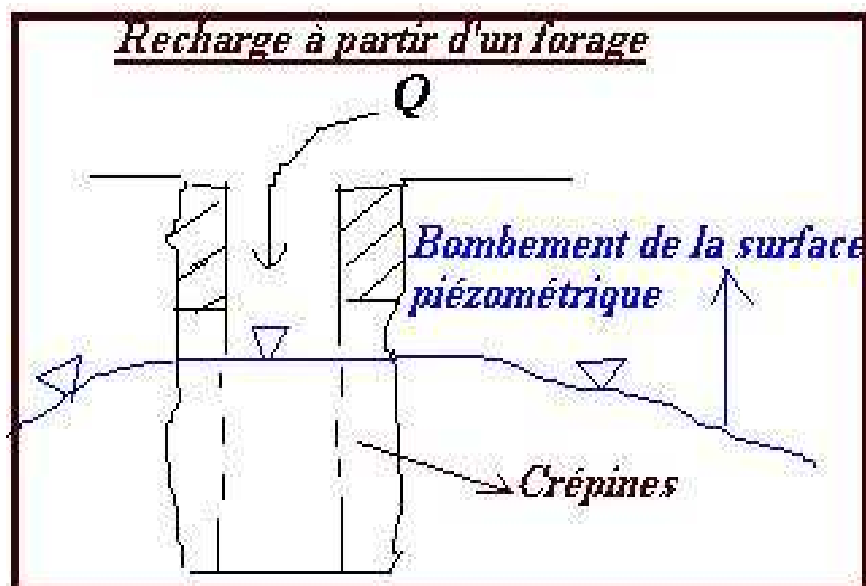


Cette technique est largement utilisée dans les plaines du Haouz et Souss.

II.2) Recharge par injection :

Les dispositifs permettant des eaux dans un aquifère sont des puits ou des forages analogues aux ouvrages utilisés pour le pompage des eaux souterraines. Il faut être prudent au niveau de deux facteurs :

- La qualité chimique et bactériologique des eaux apportées en comparaison avec celles de la nappe.
- La teneur des matériaux en suspension pour ne pas colmater les crépines du forage.



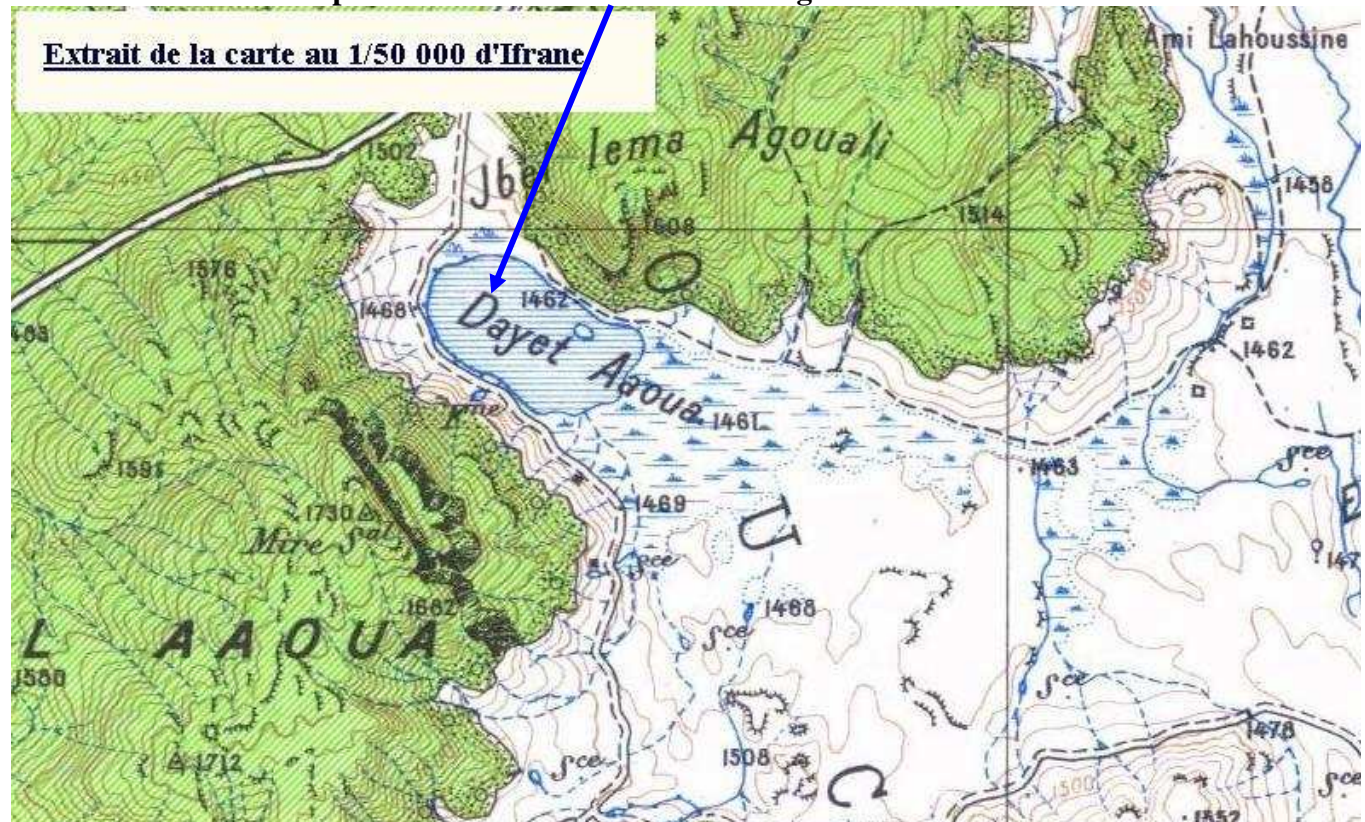
La collecte des eaux pluviales

D) Introduction :

Les eaux pluviales ne sont jamais exploitées à 100% pour des fins socio-économiques de l'homme. En effet, il y a toujours des pertes dans l'océan, les fossés, les caniveaux...etc. dans beaucoup de régions rurales Marocaines, les populations s'alimentent en eau potable à partir de citernes creusées dans le sol et remplies directement par les eaux de pluie (Métfia). Ce n'est qu'un exemple pour montrer que des techniques de captage des eaux pluviales se développent de plus en plus pour la mobilisation des eaux de pluie à l'état « brut ». En Europe, les eaux de pluie tombant sur les toitures de maisons sont parfois collectées dans de grandes cuves de stockage avant qu'elles rejoignent le réseau d'assainissement. Les eaux collectées servent pour l'arrosage des espaces verts, le lavage des véhicules...etc.

Remarquons au passage que la collecte des eaux pluviales permet de soulager le réseau d'assainissement surtout lorsqu'il s'agit de réseaux unitaires. A noter aussi que lorsque la topographie le permet, des bassins de stockages et lacs peuvent être aménagés comme sites touristiques, de plaisance ou encore pour la recharge artificielle de la nappe phréatique, l'abreuvement du cheptel.....etc. lorsque la topographie le permet, il y a des retenues d'eau naturelles sous formes d'étangs ou de « Dayats ».

Exemple de retenue naturelle dans la région d'Ifrane



Dayet Aoua dans la région d'Ifrrane



II) Aménagement de bassins de retenue :

II.1) Investigations à entreprendre :

- L'étude topographique est la première investigation à entreprendre pour évaluer la capacité de stockage pour différentes côtes du plan d'eau.
- L'étude géologique et géotechnique permettra d'examiner les assises et leurs caractéristiques. Ceci permettra aussi de prévoir éventuellement les possibilités d'ancrage.
- L'examen et analyse des données climatiques et notamment les valeurs de précipitations et d'évapotranspiration : ETP.

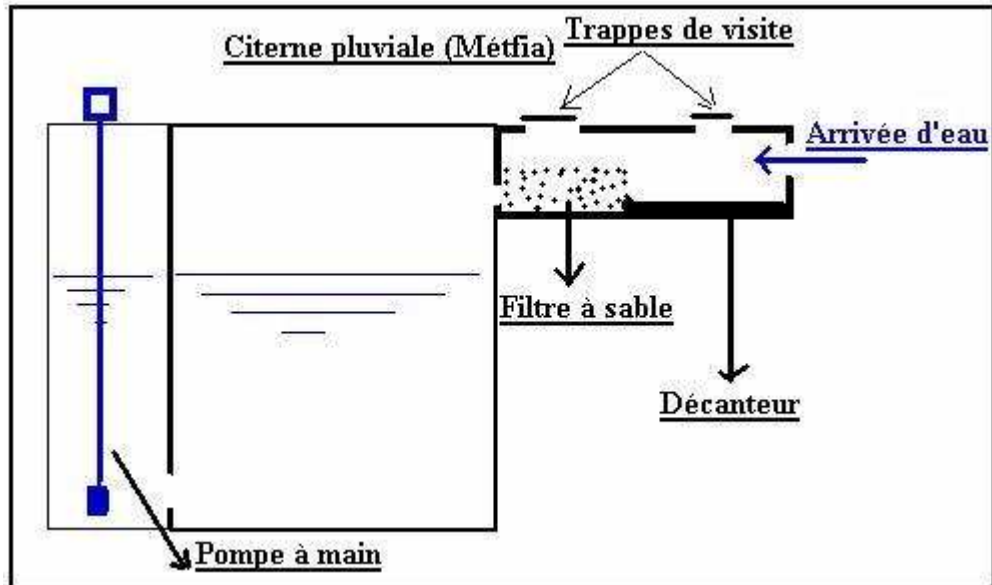
Bassin de retenue d'eaux pluviales aménagé (Belgique)



III) Citernes pluviales :

Une citerne pluviale ou métfia est souvent utilisée en milieu rural comme système de desserte lorsqu'il n'y a pas de ressources en eau. C'est un dispositif de forme généralement rectangulaire et qui se compose principalement de :

- une grille pour permettre l'arrivée d'eau pour remplissage.
- Un décanteur et filtre pour l'élimination des particules en suspension.
- Un réservoir.
- Un puits de puisage qui pourrait être équipé en pompe manuelle.



Ces ouvrages sont alimentés par les eaux de pluie ou par camions citernes.

Camions citernes (3Tonnes) pour le remplissage des métfias dans la province de Chichaoua



En matière de dimensionnement et pour les citernes collectives, les capacités standards sont de 100 à 150 m³ en fonction de l'importance de la population. Selon une étude menée sur la province de Chichaoua ou une campagne de citernage par camion a été entreprise aux mois de Juin et Juillet 2000, la consommation est de 10 à 15 l/j/habitant. Compte tenu du nombre de mois secs et du coût élevé du transport d'eau par camions citerne, il est recommandé d'aménager de grandes citernes collectives (300 à 500 m³), sinon le prix de revient du m³ d'eau serait prohibitif (dépassant celui du dessalement d'eau de mer).

Il est conseillé dans le cadre de l'entretien au nettoyage de la cuve au rythme de 1 à 2 fois par an et veiller à la propreté des alentours du dispositif (une clôture grillagée et un gardiennage sont recommandés).

La réutilisation des eaux usées

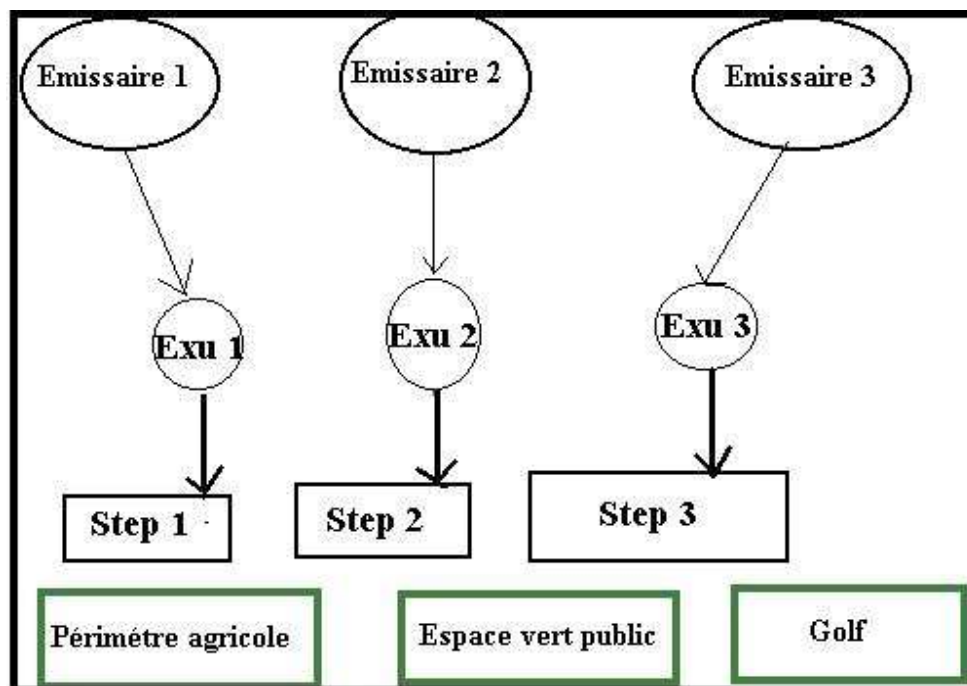
I) Introduction :

Compte tenu de l'importance des débits d'eaux usées domestiques rejetées, la réutilisation de ces eaux après un stade de traitement et d'épuration est justifiée, notamment dans un contexte de rareté des ressources en eau. Dans 70 à 80% des cas et à travers le monde, les eaux traitées sont destinées à l'irrigation (espaces verts publics, golfs, propriétés privées..). On peut également les utiliser dans des usages industriels tels que le refroidissement des chaudières. Il est également possible –comme l'ont montré beaucoup d'expériences à travers le monde- de traiter des eaux résiduaires jusqu'à les rendre potable en totalité ou moyennant un effet de dilution avec des eaux douces en surface ou bien par injection dans un aquifère. Une expérience de grande envergure a été menée en grande Bretagne en 1997 où 35 000 m³ /j (400 l/s en fictif continu) d'eaux usées ont été mélangés avec des eaux de surface.

II) Investigations et précautions à entreprendre :

Dans un projet d'assainissement en général et celui de réutilisation des eaux usées en particulier, il y a lieu d'examiner minutieusement les composantes principales à savoir :

- l'emplacement des exutoires d'eaux usées.
- Le type de traitement et d'épuration envisagé. (pour avoir une idée sur la qualité à la sortie de la station d'épuration).
- L'emplacement des projets envisagés (périmètres irrigués par exemple) : en fonction de l'assiette foncière des terrains.
- Confrontation de la qualité exigée par le projet et celle obtenue à la sortie de la station d'épuration.
- Impact du projet sur l'environnement et étude de sa rentabilité économique.



En définitive l'étude d'un projet d'assainissement liquide comporte trois volets :

- 1) La conception de l'ossature et la typologie du réseau.
- 2) Le choix de la filière de traitement.
- 3) La réutilisation des eaux épurées pour des fins socio-économiques.

Le dessalement d'eaux de mer

I) Introduction :

La principale caractéristique des eaux marines est leur salinité élevée et qui est de l'ordre de 35 g/l (pour la mer morte, elle est de 270 g/l). Deux méthodes sont les plus utilisées à travers le monde pour le dessalement des eaux de mer : la distillation et l'osmose inverse.

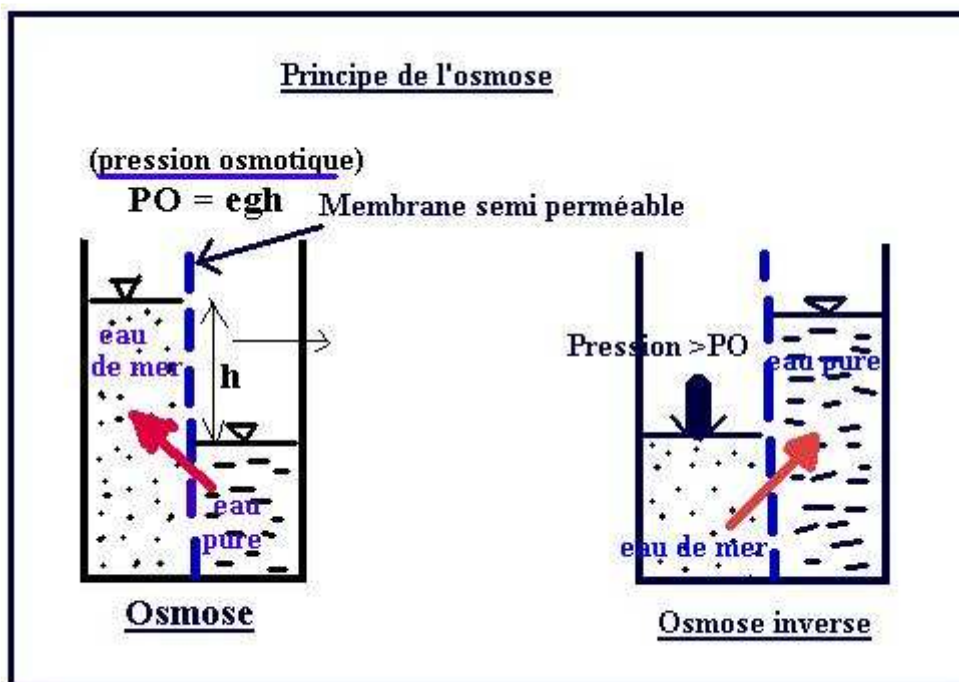
La première phase correspond au pompage des eaux marines avec un traitement préliminaire et notamment l'élimination des particules fines. (Généralement une filtration grossière suivie d'une filtration sur sable).

II) Méthodes de dessalement :

Les procédés de dessalement se caractérisent par leur rendement ainsi que par la teneur en sel résiduel.

L'osmose inverse :

Il s'agit d'une technique membranaire. Les membranes sont de très petites fentes qui peuvent retenir même les sels dissouts.



Le phénomène d'osmose se traduit par un écoulement de la solution diluée vers la solution concentrée. Ceci va s'accompagner d'une élévation de niveau, c'est la pression osmotique qui vaut $P = \rho gh$. En appliquant une pression supérieure à la pression osmotique, on va créer le phénomène à l'envers, c'est l'osmose inverse. Cette expérimentation exige de l'énergie pour maintenir la pression, celle-ci est de l'ordre de 4 à 8 MPa (40 à 80 fois la pression atmosphérique). L'énergie nécessaire est de 4 à 5 Kwh/m³, elle est fournie par une pompe à haute pression qui injecte l'eau dans le module industriel d'osmose inverse. L'eau obtenue à la fin du procédé est de l'ordre de 500 mg/l.

L'expression de la pression osmotique s'écrit

$$PO = i \times C \times R \times T$$

avec :

i = nombre d'ions dissociés dans le cas d'une électrolyse.

C = concentration de sels exprimée en moles/m³.

R = constante des gaz parfaits (8,32 j /mole/°K)

T = température absolue en °K. ($T = t^{\circ}\text{C} + 273$).

Exemple :

La pression osmotique d'une eau à 25 °C avec une teneur en sels de 30 g/l de chlorure de sodium par litre sera $PO = 2 \times (30 \times 1000 / 58) \times 8,32 \times 298$ soit $PO = 25,65$ barsp

Selon des études récentes, le prix de revient du m³ par cette technique est de 1 à 2 dollars. Cette méthode constitue presque 50% de la part du marché mondial.

Au Maroc, les villes de Boujdour et Layoune sont alimentés par dessalement moyennant des unités de production dimensionnées en 1993 respectivement pour des débits de 9 l/s et 81 l/s . Les canaries (Espagne) et les pays du golf persique s'alimentent presque à 100% par cette technique. L'usine d'Ashkelon en Israël produit 320 000 m³ /jour (3,7 m³ /s en fictif continu).c'est la référence mondiale concernant cette technique.