



Le dessalement de l'eau de mer : une réponse aux besoins d'eau douce en Méditerranée ?

Le dessalement de l'eau de mer s'impose, dans un certain nombre de pays du pourtour méditerranéen en situation de stress hydrique, comme une option pour sécuriser l'alimentation en eau potable des populations des villes côtières, compte tenu de l'accroissement rapide de la demande en eau dans les secteurs de l'agriculture et de l'industrie.

Les plus grandes contraintes de ce système restent sa consommation énergétique au m³ produit et les impacts environnementaux dus aux rejets des saumures dans le milieu naturel. Malgré ces contraintes, les usines de dessalement se développent un peu partout dans le monde et l'eau dessalée alimente de plus en plus de foyers méditerranéens.

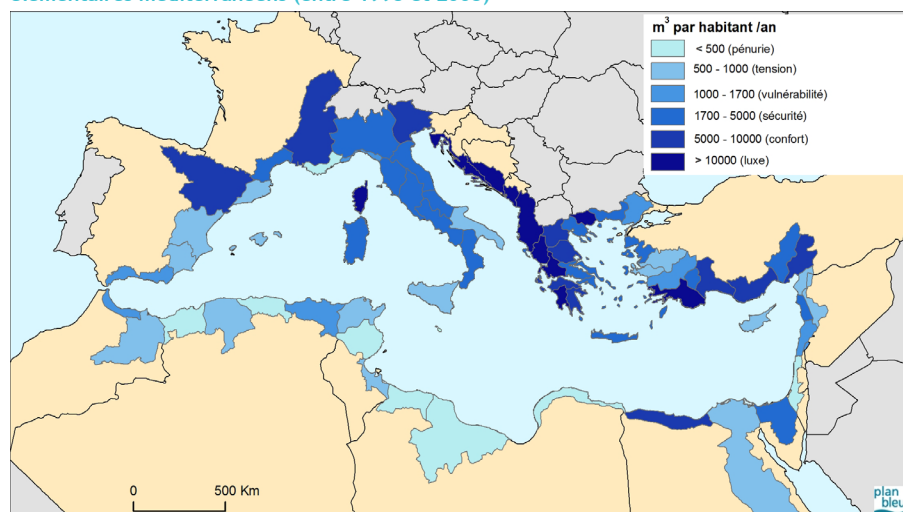
Aujourd'hui, plus de 15 000 unités de dessalement dans le monde produisent environ 56 millions de m³/j, alors que la capacité mondiale de production en eau potable est de l'ordre de 500 millions de m³/j. En Méditerranée, la production des usines de dessalement s'élève à 10 millions de m³/j.

Le développement du dessalement pour faire face aux pénuries d'eau

La Méditerranée renferme 60 % de la population mondiale dite « pauvre » en eau, c'est-à-dire bénéficiant de moins de 1000 m³ par habitant et par an de ressources en eau renouvelables (*figure 1*).

Des pénuries ont été constatées ces dernières décennies et les effets du changement climatique global sur le cycle de l'eau – précipitations, évaporation, écoulement –, même s'ils sont encore difficilement quantifiables à des échéances précises, vont très vraisemblablement appauvrir les ressources en eau de la région, sous l'effet des élévations de températures et des diminutions des précipitations.

Fig. 1 : Ressources en eau naturelles renouvelables par habitant dans les différents bassins élémentaires méditerranéens (entre 1995 et 2005)

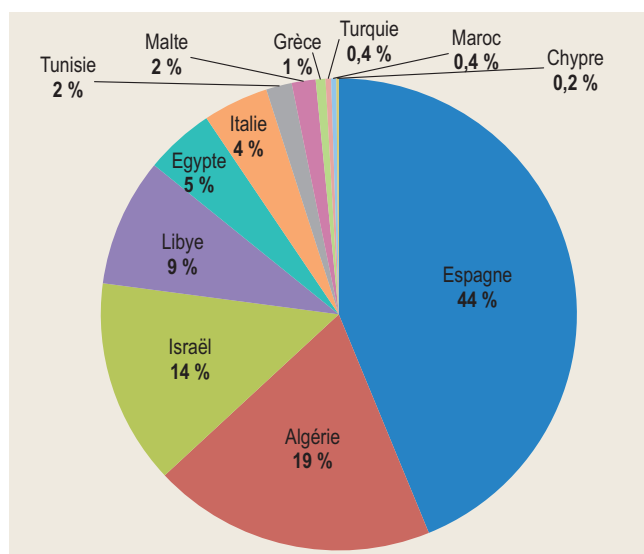


Sources : Diverses, cartographie Plan Bleu

Pour faire face à cette situation, les pays méditerranéens ont recours à des sources alternatives d'approvisionnement, telles que le dessalement des eaux de mer ou des eaux saumâtres (*figure 2*). La production artificielle d'eau douce par dessalement d'eau de mer ou d'eau saumâtre souterraine a débuté dans des situations d'isolement insulaire (Malte, Baléares, Dalmatie, Chypre, Cyclades...), littorales (Libye) ou désertiques (Algérie).

Elle se développe aujourd'hui très rapidement tout autour de la Méditerranée. Le marché du dessalement de l'eau de mer devrait continuer à croître fortement dans

Fig. 2 : Capacité de dessalement installée en Méditerranée (2008)



Source : H. Boyé, Plan Bleu, 2008

les années à venir, avec un doublement attendu d'ici 2016. A l'horizon 2030, la Méditerranée pourrait même tripler voire quadrupler sa production par dessalement pour atteindre 30 à 40 Mm³/j.

Quatre pays répartis au Nord, au Sud et à l'Est ont clairement opté pour cette option.

L'Espagne, avec près de 1500 unités en fonctionnement et plus de 2,5 Mm³/j de capacité installée, se situe au 4^{ème} rang mondial.

L'Algérie a mis 3 unités en exploitation à Arzew, Alger et Skikda, entre 2006 et 2009, pour une capacité totale de 400 000 m³/j. Elle vise une capacité globale de 2,5 Mm³/j par la mise en œuvre de 12 nouvelles unités d'ici 2012.

En Israël, l'usine d'Ashkelon produit 320 000 m³/j depuis 2006 et couvre les besoins en eau potable de plus de 1,4 million de personnes. Les trois sociétés (Veolia, Maris et H2ID) qui opèrent pour le dessalement dans le pays se sont engagées à accroître leur production d'eau potable de 25 % d'ici la fin 2010 dans leurs unités respectives à Ashkelon, Palmahim et Hédéra. Le pays poursuit un objectif d'accroissement de la production par dessalement permettant de couvrir au moins 70 % des besoins en eau potable. Deux usines de dessalement sont en construction à Sorek et Ashdod. Le plein rendement des installations sera atteint à partir de 2013 avec une production de 1,3 Mm³/j.

En Libye, le potentiel prometteur sur 2000 km de littoral ouvre la voie au développement de solutions alternatives. Le plan stratégique libyen de promotion des ressources hydrauliques privilégie fortement le dessalement de l'eau de mer avec l'objectif de se doter d'ici 2012 d'une capacité totale de dessalement de 900 000 m³/j.

Ces exemples prouvent l'engouement et le dynamisme de la région méditerranéenne pour ce procédé.

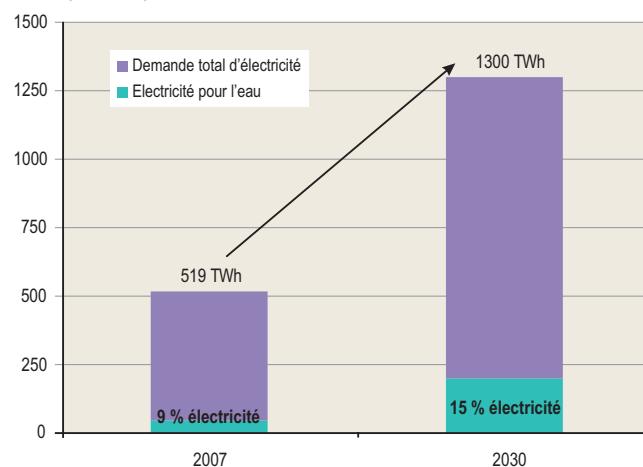
De l'énergie pour l'eau en Méditerranée : quelle part pour le dessalement ?

Énergie et eau sont liées. Les besoins en énergie pour l'eau augmentent fortement, pour le pompage, les transferts, les

traitements et le dessalement. Aujourd'hui, la consommation d'électricité pour l'eau se situe à environ 5 % de la consommation d'électricité dans les PNM¹ et à environ 9 % dans les PSEM² (elle avoisine 15% en Israël). Dans la plupart des pays, ces ratios continueront à croître pour faire face à la croissance de la demande : recours à des forages plus profonds, à des transferts plus complexes et à un appel grandissant à l'épuration des eaux usées et au dessalement.

Les besoins en énergie pour l'eau sont sur une pente de doublement en 10 ans. Ils pourraient représenter en 2030, 15 % de la demande globale d'électricité pour les PSEM contre 5 % pour les PNM et 10 % pour l'ensemble des pays riverains de la Méditerranée (figure 3).

Fig. 3 : Demande d'électricité pour l'eau actuelle et future pour les PSEM (en TWh)



Source : Plan Bleu

A l'horizon 2030, le dessalement de 30 millions de m³/j nécessitera 40 à 45 TWh soit environ 20 % de la demande totale d'électricité destinée au secteur de l'eau à cet horizon. Ce qui nécessitera l'installation d'une puissance électrique minimale de 5000 MWe dédiée au dessalement, équivalent à une dizaine de centrales à cycle combiné gaz, ou 4 à 5 tranches nucléaires.

Pour réduire la consommation d'énergie pour l'eau, quelques champs de recherche apparaissent prometteurs pour l'avenir : les centrales hybrides, la récupération de l'énergie de la saumure rejetée par les usines de dessalement et l'utilisation des énergies renouvelables pour le dessalement.

Le grand potentiel des pays méditerranéens en énergies solaire et éolienne peut servir au dessalement

Au niveau mondial, environ une centaine d'unités de dessalement associées aux énergies renouvelables ont été construites ces 20 dernières années. La plupart sont des petites installations expérimentales ou de démonstration (0,5 à 200 m³/j). Plusieurs sont localisées en Méditerranée (Égypte, Algérie, Tunisie, Espagne). Elles fonctionnent avec un stockage d'énergie par batteries, entraînant des coûts élevés et pâtissent du manque de compétence locale en particulier pour la maintenance. Cependant, l'expérience montre que les unités de dessalement solaire et éolien de

1 Pays du Nord de la Méditerranée

2 Pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée

petite capacité, bien conçues et exploitées, peuvent permettre d'alimenter en eau de bonne qualité des sites isolés, à des coûts dès aujourd'hui intéressants (*encadré ci dessous*).

Au Maroc, L'Office National de l'Eau Potable prévoit la réalisation d'une station de dessalement de 9000 m³/j couplée à un parc éolien de 10 MW. Ce projet, de plus de 20 millions de dollars, prévoit une sous-traitance de l'exploitation à un opérateur privé pour une durée de 20 ans. Il est éligible au MDP³.

En Libye, la Compagnie générale d'électricité prévoit d'installer une usine-pilote d'une capacité de 300 m³/j pour le dessalement par osmose inverse de l'eau de mer, alimentée à partir de sources d'énergie renouvelables (éolienne et photovoltaïque).

En Egypte, le gouvernorat de la Mer Rouge prévoit de mettre en place une usine de dessalement à compression mécanique de vapeur alimentée par un parc éolien.

En Espagne,

- La ville de Murcie a installé la première usine flottante de dessalement par osmose inverse, alimentée par l'énergie éolienne d'une puissance de 2,5 MW. Implantée dans des eaux de 40 à 80 m de profondeur, des conduites sous marines transféreront l'eau dessalée sur la côte. Selon les premières estimations, le générateur devrait assurer une production de 2500 heures à l'année et permettre de produire 2 Mm³ d'eau potable par an, pour l'approvisionnement d'une population de 30 000 habitants. Parallèlement à son avantage énergétique, ce projet présente également un intérêt important pour l'environnement. En effet, l'élimination des saumures se fera dans des eaux plus profondes, favorisant ainsi leurs dilutions et minimisant la pollution.
- Une usine pilote alimentée à l'énergie solaire s'apprête à voir le jour. Le coût du mètre cube pourrait ainsi être réduit à 0,47 € pour une production de 12 000 m³/j. Cette production permettrait en outre de réduire les émissions de CO₂ de 14 000 tonnes.

Sources : diverses

Les impacts environnementaux des unités de dessalement : contraintes et avancées

Tous les procédés de dessalement présentent des inconvénients ; i) besoins énergétiques importants, ii) rejets des saumures concentrées, chaudes dans le cas de la distillation, en mer ou injectées dans le sol, iii) emploi de produits chimiques pour nettoyer les membranes, iv) traces des métaux lourds échappés des installations, v) bruit généré par les pompes haute pression et certains systèmes de récupération d'énergie tels que les turbines.

Les rejets de saumure à forte concentration (environ 70 g/l) et la dilution insuffisante peuvent appauvrir ou détruire les écosystèmes aquatiques et dégrader la qualité de l'eau. Afin de limiter cet impact environnemental, la solution adoptée aujourd'hui est la mise en place de systèmes de diffuseurs permettant de maîtriser la dilution de la saumure avec l'eau de mer et de limiter spatialement la zone impactée.

Un bilan et un suivi des rejets de saumure et produits chimiques doivent, en outre, être accompagnés d'un suivi de la faune et la flore, terrestres et surtout marine.

Enfin, les émissions de gaz à effet de serre sont plus fortes si l'énergie électrique du dessalement est produite par combustibles fossiles.

3 MDP : Mécanisme pour un Développement Propre

Le dessalement est-il l'avenir des populations côtières ?

Les coûts de fonctionnement sont principalement impactés par le poste énergie (*figure 4*), mais l'abaissement significatif des coûts rend le dessalement de plus en plus compétitif. La capacité installée dans le monde augmente chaque année en moyenne de plus de 10 %. Dans le bassin méditerranéen, la capacité installée pourrait passer de 5 Mm³/j en 2007 à plus de 30 Mm³/j à l'horizon 2030.

Toute approche visant à généraliser le dessalement doit être appréhendée avec circonspection. En effet, le dessalement à grande échelle est une option consommatrice d'importantes quantités d'énergie électrique.

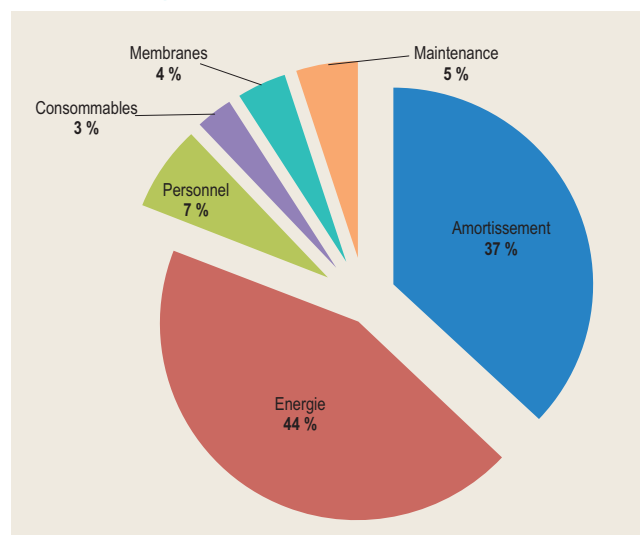
Pratiquement toute l'électricité additionnelle produite étant actuellement d'origine thermique, le risque d'une forte augmentation des émissions de gaz à effet de serre et du rejet des saumures sans traitement est donc grand.

Toutefois, des options à faible émissions de CO₂ sont possibles. Les filières de dessalement les plus économes en énergie doivent être valorisées : osmose inverse (*voir encadré page suivante*), avec optimisation en combinaison à des centrales thermiques, récupération d'énergies performantes et amélioration des installations existantes.

Les énergies renouvelables (éolien, solaire photovoltaïque et solaire à concentration CSP) appliquées au dessalement, sont des pistes d'avenir, même si leur développement reste lié à des questions de financement et de compétitivité. L'énergie nucléaire est une option éventuelle à moyen terme (horizon 2020), mais dont l'adoption renvoie à des considérations techniques et politiques encore largement en débat.

Le dessalement se présente donc comme une option d'adaptation au changement climatique dont l'adoption ne doit pas intervenir en substitution d'autres possibilités « durables », telles que l'utilisation rationnelle de l'eau. Il devrait, par ailleurs, privilégier la production d'eau potable pour la consommation humaine.

Fig. 4 : Poids de l'énergie dans les coûts d'exploitation d'une usine de dessalement par osmose inverse



Source : S. Degrémont

La distillation et le dessalement par osmose inverse sont les deux procédés les plus courants, bien qu'il existe d'autres procédés tels que le système flash utilisé au Moyen Orient, ou l'électrolyse. La technologie de dessalement par osmose inverse gagne des parts de marché et devient dominante. En 1990, l'OI représentait 40% des installations dans le monde. Aujourd'hui, ce procédé représente environ 60% des installations. En 2025, les projections donnent la répartition de 70 % pour OI contre 20 % pour la Distillation et 10 % pour les autres techniques (AIEA-CEA).

Osmose inverse (OI) : technique «membranaire» reposant sur une ultrafiltration sous pression au travers de membranes dont les pores sont si petits que même les sels sont retenus. Technique en plein essor dont le coût énergétique moyen ($\approx 4-5 \text{ kWh/m}^3$) est actuellement un système éprouvé ayant montré sa fiabilité.

Distillation multi-effets (MED) : ce système fournit une eau très pure mais avec un coût énergétique élevé (15 kWh/m^3).

Flash multi-étages, ou système flash (MSF) : il est utilisé dans les pays du Golfe, fournissant une eau dont le taux de sel résiduel est non négligeable. Le coût énergétique reste élevé (10 kWh/m^3).

Compression de vapeur : il fournit une eau pure pour un coût énergétique moyen (5 kWh/m^3).

Distillation par dépression : ce système, basé sur le fait que la température d'évaporation dépend de la pression, fournit une eau très pure à un coût énergétique faible ($2 \text{ à } 3 \text{ kWh/m}^3$). Il est utilisé pour de petites unités.

Distillation solaire: le four solaire concentre en une zone restreinte les rayons calorifiques, grâce à un miroir parabolique, pour porter à haute température l'élément qui contient l'eau destinée à être évaporée.

Systèmes éoliens de production d'eau par condensation : le principe consiste à aspirer l'air ambiant, puis à le laisser se condenser par un procédé de refroidissement alimenté par de l'électricité produite par l'éolienne. L'agrégat de condensation forme au final de l'eau qui sera stockée dans le mat avant d'être filtrée pour la consommation.

Électrolyse : un courant électrique fait migrer les ions vers les électrodes. Système très rentable pour les faibles salinités, l'énergie à mettre en jeu dépend de la concentration en sel (1 kWh/kg de sel extrait), mais prohibitif pour l'eau de mer.

Références :

Ambassade de France en Espagne / ADIT (2005). *Usine de dessalement flottante utilisant l'énergie éolienne*. BE Espagne n° 39, 07/04/2005. Disponible sur le web : <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/27231.htm>

Angel Sanz Miguel, Del Campo Ignacio, Cremer Gerardo et al. (2007). *Barcelona: 200,000 m3/day of Potable Water coming from Mediterranean Sea*. IDA World Congress on Desalination and Water Reuse, Maspalomas, Gran Canaria, Spain, 21-26 October 2007.

Boyé Henri (2008). *Eau, énergie, dessalement et changement climatique en Méditerranée*. Etude réalisée pour le Plan Bleu. Disponible sur le web : http://www.planbleu.org/publications/Etude_regionale_dessalement_FR.pdf

Développement de la désalinisation en Israël (2009). Information sur l'eau dans le monde, 24 Avril 2009. Disponible sur le web : <http://infos-eau.blogspot.com/2009/04/developpement-de-la-désalinisation-en.html>

EJP (European Jewish Press) (2005). *French-run water plant launched in Israel*. Disponible sur le web : <http://www.ejpress.org/article/4873> (Mise à jour 28/12/2005)

Mouline Saïd (2007). Energie éolienne au Maroc : historique et nouvelles opportunités. *Global Chance* n°23, avril 2007, pp 61- 63. Disponible sur le web : <http://www.global-chance.org/IMG/pdf/GC23p61-63.pdf>

PNUE/PAM-Plan Bleu (2009). *Etat de l'environnement et du développement en Méditerranée*. Athènes, PNUE/PAM-Plan Bleu. Chapitre Eau, pp. 29-34. Disponible sur le web : http://www.planbleu.org/publications/SoED2009-FR_part2_ressources_naturelles.pdf

SEMIDE (2009). *Flash du SEMIDE* n°67, février 2009. Disponible sur le web : <http://www.semide.net/thematicdirs/eflash/flash67>

Vega, Marie-Pierre (2009). *La Libye dessale l'or bleu*. Econostrum.info, 24 septembre 2009. Disponible sur le web : http://www.econostrum.info/La-Libye-dessale-l-or-bleu_a1566.html

Ashkelon 320 000 m³/j : la plus grande unité opérationnelle en Méditerranée



Source : <http://www.water-technology.net/projects/israel/>