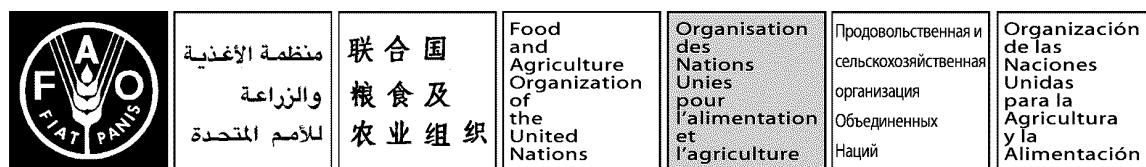


Décembre 2010

F



# TRENTIÈME CONFÉRENCE RÉGIONALE DE LA FAO POUR LE PROCHE-ORIENT

**Khartoum, 4-8 décembre 2010**

**Dessalement de l'eau à des fins agricoles**

## TABLE DES MATIÈRES

	Paragraphes
I. Introduction	1-4
II. Technologies et coûts	5-16
III. Dessalement de l'eau pour l'agriculture	17-24
IV. Impacts environnementaux et effets externes	25-31
V. Conclusions et recommandations	32-36

Le tirage du présent document est limité pour réduire au maximum l'impact des méthodes de travail de la FAO sur l'environnement et contribuer à la neutralité climatique. Les délégués et observateurs sont priés d'apporter leur exemplaire personnel en séance et de ne pas demander de copies supplémentaires.

La plupart des documents de réunion de la FAO sont disponibles sur l'Internet, à l'adresse [www.fao.org](http://www.fao.org)

## I. INTRODUCTION

1. Au Proche-Orient, une région touchée par le stress hydrique, le dessalement de l'eau est aujourd'hui une technologie bien établie pour l'approvisionnement en eau des agglomérations et des industries et, dans certains pays, l'eau dessalée devient la principale source d'eau potable. Selon les estimations, *l'utilisation de l'eau dessalée dans la région s'élève à 3,2 milliards de mètres cubes par an* – soit plus de la moitié de l'utilisation mondiale totale. *L'Arabie saoudite, le Koweït et les Émirats arabes unis sont les plus gros utilisateurs et comptent pour 74 pour cent de ce volume.* Plus de 45 pour cent de l'eau utilisée au Koweït est de l'eau dessalée. *L'Arabie Saoudite produit plus de 2,7 millions de mètres cubes par jour* d'eau de mer dessalée; tandis que la plus grande installation de dessalement du monde, dont la capacité est voisine de *1 million de mètres cubes par jour*, se trouve à *Jebel Ali* aux *Émirats arabes unis*.

2. Le dessalement compte aujourd'hui pour plus de 40 pour cent de l'eau 'non conventionnelle' utilisée (eau dessalée et eaux usées traitées) au Proche-Orient, soit quelque 17 pour cent du volume d'eau total utilisé à des fins domestiques et industrielles.

**Tableau 1. Eau non conventionnelle utilisée au Proche-Orient (en millions de mètres cubes par an)**

<b>Pays</b>	<b>Utilisation urbaine et industrielle</b>	<b>Eau dessalée</b>	<b>Eaux usées traitées</b>	<b>Total non conventionnel</b>
Algérie	2 130	17	0	17
Égypte	9 300	100	2971	3071
Jamahiriya arabe libyenne	740	18	40	58
Mauritanie	200	2	1	3
Maroc	1 590	7	0	7
Tunisie	480	13	21	34
<b>Afrique du Nord</b>	<b>14 440</b>	<b>157</b>	<b>3033</b>	<b>3190</b>
Bahreïn	200	102	16	119
Koweït	420	420	78	498
Oman	150	109	37	146
Qatar	180	180	43	223
Arabie Saoudite	2 840	1033	166	1199
Émirats arabes unis	690	950	248	1198
Yémen	340	10	6	16
<b>États du CCG et Yémen</b>	<b>4 830</b>	<b>2805</b>	<b>594</b>	<b>3399</b>
Iran (République islamique d')	7 300	200	0	200
Iraq	14 000	7	0	7
Jordanie	330	10	84	93
Liban	530	47	2	49
République arabe syrienne	2 030	0	550	550
<b>Moyen-Orient</b>	<b>24 180</b>	<b>265</b>	<b>636</b>	<b>900</b>
<b>Total Proche-Orient</b>	<b>43 440</b>	<b>3226</b>	<b>4263</b>	<b>7489</b>

Source: données tirées de FAO AQUASTAT, 2007

3. Des éléments indiquent que l'eau dessalée est désormais utilisée pour l'agriculture irriguée. Mais certains se demandent si cette utilisation se justifie tant du point de vue économique que du point de vue environnemental. Le présent document examine brièvement les technologies de dessalement les plus modernes, les coûts associés et le potentiel de l'utilisation d'eau dessalée pour l'agriculture irriguée.

4. L'eau saline englobe l'eau de mer (30-50 g/l) et l'eau saumâtre (0,5-30 g/l), qui est moins salée que l'eau de mer. L'eau saumâtre est souvent un mélange d'eau de mer et d'eau douce, que l'on trouve par exemple dans les estuaires des fleuves, les nappes phréatiques souterraines surexploitées exposées au risque d'intrusion saline, les eaux souterraines fossiles situées à grande profondeur et les réseaux de drainage des terres qui collectent les effluents des périphéries d'irrigation.

## II. TECHNOLOGIES ET COÛTS

5. Le dessalement est un processus permettant d'extraire le sel de l'eau saline pour produire de l'eau douce. Les processus de dessalement ont considérablement évolué ces 30 dernières années mais deux grandes technologies sont universellement reconnues – la distillation thermique et la technologie des membranes – qui représentent ensemble près de 98 pour cent de la capacité de dessalement mondiale actuelle – aujourd'hui supérieure à 35 millions de mètres cubes par jour. Il existe une troisième option, recourant à l'énergie solaire pour le dessalement, mais qui est encore à un stade embryonnaire.

### *Technologies thermiques*

6. Les technologies thermiques ont aujourd'hui atteint leur maturité et ne devraient plus guère évoluer. Elles sont principalement utilisées pour dessaler l'eau de mer, en exploitant le processus de distillation – chauffer l'eau saline pour produire de la vapeur d'eau qui est ensuite condensée pour produire de l'eau douce. Plusieurs procédés sont utilisés – flash multi-étages (le plus courant), distillation multi-effets et distillation par compression de vapeur. Les technologies thermiques sont utilisées en général pour traiter de grands volumes d'eau (plus de 50 000m<sup>3</sup>/jour), leur installation nécessite des investissements importants et elles sont gourmandes en énergie. C'est pourquoi, les installations sont souvent construites en association avec des centrales électriques.



Figure 1. Usine de traitement par osmose inverse assurant le dessalement de 2 500m<sup>3</sup>/jour d'eau saumâtre souterraine en Espagne

(technologie membranaire)

7. Les technologies membranaires sont encore en plein développement. Elles englobent *l'osmose inverse* – qui consiste à faire passer l'eau saline sous pression à travers une membrane semi-perméable pour extraire le sel, et l'électrodialyse – qui utilise une charge électrique pour obtenir un résultat similaire. Alors que l'électrodialyse ne convient qu'à l'eau saumâtre, l'osmose inverse est utilisée à la fois pour l'eau saumâtre et l'eau de mer. Les technologies membranaires permettent d'ajuster la taille de l'installation à un objectif donné – grandes usines (plus de 5 000 m<sup>3</sup>/jour), moyennes (500 à 5 000 m<sup>3</sup>/jour) et petites d'une capacité maximum de 500 m<sup>3</sup>/jour. Les besoins en énergie sont directement proportionnels à la quantité de sel à extraire. Les processus membranaires ont un défaut qui est la nécessité de prévoir un pré-traitement lorsque l'eau à dessaler contient des impuretés.

8. Dans certains cas, les technologies thermiques et membranaires sont combinées pour mieux utiliser les surplus d'énergie saisonniers et corriger les écarts électricité/eau provoqués par les fluctuations journalières et saisonnières de la demande.

**Tableau 2. Technologies de dessalement, capacités, consommation énergétique et coûts de l'eau produite<sup>1</sup>**

<b>Technologies de dessalement</b>	<b>Teneur en sel de l'eau traitée (g/l)</b>	<b>Capacité de l'installation (m<sup>3</sup>/jour)</b>	<b>Consommation énergétique (kWh/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Coût de l'eau produite (USD/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Capacités mondiales (%)</b>
Distillation thermique	>30	>55 000	1,5-3,5	1,00-1,50	52
Membranes	10-30	500-5 000+	4-7	0,50-1,50	45
Autres	-	-	-	-	2

<sup>1</sup> Source: FAO (2006) *Water Desalination for Agricultural Applications. Document de travail sur les terres et les eaux n° 5 Rome.*

9. Les coûts du dessalement exprimés en USD/m<sup>3</sup> d'eau douce produite dépendent de la technologie, de la taille de l'installation et de la teneur en sel de l'eau traitée. Les technologies membranaires peuvent produire de l'eau de bonne qualité à partir d'eau saumâtre avec un coût de 0,50 USD/m<sup>3</sup>. Les coûts, toutefois, sont plus élevés pour traiter l'eau de mer. Les technologies thermiques tendent à être plus onéreuses que les technologies membranaires.

10. Actuellement, les coûts des deux technologies affichent une tendance à la baisse. Elles peuvent bénéficier toutes les deux des économies d'échelle mais les coûts des technologies membranaires diminuent aussi en raison de leur développement incessant qui conduit à des gains d'efficience.

### ***Technologies solaires***

11. Compte tenu de l'importance de la consommation énergétique des technologies thermiques et membranaires et de leur dépendance à l'égard des combustibles fossiles, l'attention se tourne vers les sources d'énergie renouvelable et, en particulier, l'utilisation de l'énergie solaire pour le dessalement. Deux approches sont en lice. La première est l'utilisation directe de l'énergie solaire pour produire de la vapeur d'eau qui est ensuite condensée sur une surface froide pour produire de l'eau douce. La deuxième consiste à capter l'énergie solaire puis à la convertir en énergie électrique pour alimenter davantage de processus de dessalement thermiques et membranaires conventionnels.

12. Les technologies qui produisent de la vapeur d'eau reproduisent le cycle naturel de l'eau mais sur une durée beaucoup plus courte. Jusqu'ici, les technologies disponibles sont très modestes en taille et en production. Les 'distillateurs solaires' sont un exemple de cette approche et leur rendement est très faible – seulement 2 litres à 5 litres/jour en moyenne, selon les heures d'ensoleillement. Les bassins solaires sont aussi utilisés pour capturer et stocker l'énergie du soleil. Ils se composent d'un bassin d'eau saline dans lequel les couches les plus salées situées en profondeur absorbent la chaleur solaire qui ne peut s'échapper parce que la différence de densité bloque la convection naturelle. La chaleur ainsi piégée au fond du bassin peut ensuite être utilisée pour produire de la vapeur d'eau ou alimenter d'autres processus de distillation. Les bassins solaires ont l'avantage particulier de valoriser la saumure qui est un résidu de la distillation et un risque environnemental potentiel.

13. Les systèmes photovoltaïques solaires convertissent directement l'énergie solaire en électricité, au moyen de cellules faites de matériaux semi-conducteurs, par exemple, le silicium. Du matériel additionnel, tel que des régulateurs de courant et des dispositifs de stockage d'énergie, est requis pour contrôler et convertir l'énergie aux fins du dessalement.

14. À l'heure actuelle, le dessalement solaire est une option utile pour couvrir les besoins essentiels en énergie et en eau dans les régions isolées où il n'est pas possible ou trop coûteux d'assurer un

branchement sur le réseau électrique public et où le manque physique de ressources en eau est particulièrement grave. Les unités de dessalement sont petites, faciles à entretenir et ont un faible impact environnemental.

15. Plusieurs installations pilotes fonctionnent aujourd'hui avec succès à plus grande échelle. Mais, jusqu'ici, il n'existe guère de données et expériences à en tirer. Toutefois, la viabilité commerciale pour l'agriculture est douteuse. Les coûts des installations au Moyen-Orient, en Afrique du Nord et en Espagne oscillent entre 1 USD à 4 USD/m<sup>3</sup> pour la distillation solaire et jusqu'à 8 USD/m<sup>3</sup> pour l'osmose inverse utilisant les cellules photovoltaïques. Elles ne sont donc pas encore compétitives avec les systèmes conventionnels.

16. Diverses technologies novatrices sont en cours de développement, par exemple, des systèmes de distillation membranaire et thermique utilisant l'énergie solaire et mettant en œuvre des processus de récupération de chaleur. Des systèmes hybrides plus rentables, combinant les technologies conventionnelles et les systèmes à énergie solaire pour prolonger l'utilisation lorsque la radiation solaire n'est pas disponible, sont également en cours de conception.

### III. DESSALEMENT DE L'EAU POUR L'AGRICULTURE

17. L'eau dessalée est principalement utilisée à des fins domestiques et industrielles, généralement parce que le coût de production élevé n'est pas justifié pour des utilisations agricoles. Toutefois, les préoccupations concernant la sécurité alimentaire, la mondialisation des marchés et des cours des aliments, la rareté des ressources en eau et la hausse des coûts de l'énergie, bouleversent en permanence les perceptions de la viabilité des systèmes de production agricole. Dans le contexte complexe des marchés de l'exportation, la rentabilité financière de la production 'hors saison' de cultures à forte valeur pourrait justifier l'utilisation de sources d'eau plus coûteuses dans certaines circonstances. Dans le contexte plus simple des marchés locaux au Proche-Orient, toutefois, il est peu probable que des coûts de cet ordre se justifient pour les cultures vivrières de base ni même pour les cultures de rente, sans d'importantes subventions.

18. Par conséquent, l'utilisation d'eau dessalée pour l'irrigation est techniquement faisable, les seules contraintes étant économiques – l'eau peut-elle être dessalée à un coût suffisamment bas pour être commercialement viable? Ou bien, la forte valeur de la production peut-elle justifier l'utilisation d'eau dessalée pour l'irrigation? Existe-t-il des contraintes environnementales potentielles susceptibles de limiter son utilisation?

#### L'eau dessalée dans le contexte agricole

L'agriculture est une activité fortement consommatrice d'eau, comparée aux utilisations domestiques et industrielles. Une usine de grande taille utilisant l'osmose inverse pour produire 5 000 m<sup>3</sup>/jour permettrait d'irriguer approximativement 50 ha de cultures dans un environnement aride. C'est pourquoi, bien que les volumes d'eau produite par dessalement soient importants du point de vue domestique ou industriel, ils sont relativement modestes au regard des énormes volumes d'eau consommés par l'agriculture. Par ailleurs, il est possible de réutiliser l'eau provenant de sources domestiques et industrielles alors que l'eau utilisée pour l'irrigation est consommée et n'est pas récupérable, si ce n'est par le biais du cycle hydrologique naturel.

19. Malgré les avancées des technologies de dessalement qui font baisser les coûts unitaires, l'irrigation agricole utilisant l'eau dessalée n'est pas très répandue – selon les estimations, moins de 10 pour cent de la capacité de dessalement mondial sont utilisés pour l'irrigation. Ce chiffre englobe

probablement l'irrigation d'agrément (espaces verts urbains) et l'irrigation des terrains de sport (golf) en milieu urbain, qui peuvent souvent justifier le coût unitaire élevé de l'eau dessalée.

20. *L'Espagne* est un pays pionnier en matière d'utilisation d'eau dessalée dans l'agriculture. En 2006, *40 pour cent environ (quelque 550 000m<sup>3</sup>/jour) de la capacité nationale d'eau dessalée auraient été utilisés pour l'agriculture* afin de contribuer à atténuer la pression exercée sur les aquifères surexploités et de résoudre les problèmes d'intrusion saline le long de la plaine côtière d'Almeria. Toutefois, bien que l'excellence technique de l'Espagne en matière de dessalement soit reconnue, il n'existe guère d'informations sur cette expérience et rares sont les données disponibles sur les cultures, les surfaces irriguées ou la justification des coûts pour l'utilisation agricole.

21. Le dessalement de l'eau saumâtre souterraine à des fins agricoles est également pratiqué dans un petit nombre d'exploitations agricoles privées au Proche-Orient, par exemple dans les Émirats arabes unis. Les cultures à forte valeur, telles que les salades vertes, les fraises et les fleurs à couper sont pratiquées de cette façon; toutefois, on dispose de peu d'informations sur le coût du dessalement et sa rentabilité économique.

22. Une étude récemment conduite au Maroc avec l'aide de la FAO a indiqué que le dessalement de l'eau de mer à des fins agricoles pouvait être viable au plan économique, sous réserve de produire des cultures de rente à forte valeur et à condition que l'usine de traitement couvre une surface irriguée de 7 000 à 10 000 ha. Les agriculteurs auraient les moyens de prendre en charge 30 pour cent à 40 pour cent de l'investissement et la totalité des frais de fonctionnement et d'entretien.

23. La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation et l'agriculture durable n'a pas besoin d'être aussi parfaite que celle de l'eau utilisée pour la consommation domestique. Par conséquent, la qualité de l'eau requise dépendra du climat, des sols, des systèmes de culture et des pratiques de gestion de l'eau. Au demeurant, on peut se demander si l'eau dessalée ne serait pas trop 'pure' pour une utilisation agricole, dans la mesure où elle est susceptible de manquer des éléments minéraux naturels dont les plantes ont besoin pour une bonne croissance.

24. Dans certains pays, l'eau dessalée est utilisée pour diluer l'eau saumâtre afin d'adapter celle-ci à la production végétale. La pratique consistant à mélanger de l'eau douce provenant du Nil à de "l'eau salée" récupérée à la sortie du système de drainage agricole est courante en Égypte. Il existe à cet effet une *Station centrale* où l'on procède à ce mélange tandis que de l'eau est pompée par le *Canal Al Salam jusqu'au Sinaï*. En mélangeant de l'eau saumâtre à de l'eau douce dessalée, on peut diluer la teneur en sel de l'eau d'irrigation jusqu'à un niveau acceptable, réduire les besoins de lessivage et limiter le volume d'eau dessalée 'coûteuse' requis pour produire une culture.

#### **IV. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET EFFETS EXTERNES**

25. L'utilisation d'eau dessalée a des incidences sur l'environnement, à la fois positives et négatives.

26. Les retombées environnementales bénéfiques sont l'accroissement des disponibilités en eau douce et, quand celle-ci est utilisée pour l'irrigation, la réduction du risque de salinisation des sols.

27. Le problème le plus immédiat est posé par l'élimination sans danger de la saumure résiduelle extrêmement concentrée provenant des unités de dessalement. Cet effluent est extrêmement dangereux pour la vie végétale et animale et il convient de prendre des précautions si l'on veut éviter d'altérer l'écosystème local. L'élimination de la saumure et des résidus provenant du dessalement aura des répercussions sur les plans d'eau dans lesquels ils seront rejetés. L'élimination de la saumure dans les zones côtières et intérieures n'aura pas la même incidence. L'élimination à l'intérieur des terres est parfois relativement complexe mais il est possible d'utiliser les étangs à sel où l'on peut récupérer de l'énergie calorifique pour conduire le processus de dessalement. Toutefois, il existe des risques potentiels de pollution des eaux souterraines

si les étangs ne sont pas étanches. Le rejet côtier direct, plus simple en apparence, est susceptible d'avoir des retombées considérables sur l'environnement marin en modifiant la salinité et la température.

28. Le dessalement est gourmand en énergie et dépend presque entièrement de l'énergie tirée des combustibles fossiles. Selon les estimations, 1m<sup>3</sup> d'eau dessalée demande 1 litre de combustible. Par conséquent, le dessalement utilisant les technologies établies est susceptible de contribuer d'une manière non négligeable à l'émission de gaz à effet de serre et au changement climatique.

29. Les infrastructures requises pour héberger l'unité de dessalement ont parfois un impact visuel sur le paysage, sans oublier le problème de la pollution acoustique. Toutefois, les usines de dessalement peuvent susciter moins d'opposition que d'autres options d'amélioration de l'approvisionnement en eau, par exemple l'aménagement de barrages/citernes compte tenu des ennuis consécutifs susceptibles d'accompagner leur construction.

30. Il existe des technologies et des options de gestion permettant de réduire les effets négatifs; mais une surveillance permanente des effluents et des recherches sur l'élimination de la saumure restent indispensables.

31. Les évaluations d'impact sur l'environnement sont un élément essentiel de la surveillance si l'on veut atténuer les effets indésirables. Toutefois, pour l'heure, il n'existe pas de directives environnementales détaillées et reconnues s'appliquant spécifiquement aux usines de dessalement.

## V. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

32. Le dessalement de l'eau de mer offre une solution viable au problème de l'approvisionnement en eau à des fins domestiques et industrielles dans les zones où les ressources en eau sont rares, en particulier au Proche-Orient où la surexploitation des ressources en eau souterraine atteint un niveau préoccupant.

33. Toutefois, le dessalement de l'eau à des fins agricoles revient encore généralement trop cher, sauf dans des circonstances spéciales telles que le dessalement d'eau saumâtre ou la production de cultures de rente à forte valeur. Bien que les coûts unitaires de l'eau dessalée soient en baisse, le principal objectif du dessalement à l'heure actuelle reste l'approvisionnement en eau à des fins domestiques et industrielles, pour lequel le dessalement se justifie davantage aux plans économique et social. Le fait de réserver l'eau dessalée à ces secteurs peut avoir l'avantage indirect de libérer les autres ressources en eau, en particulier l'eau souterraine, pour l'irrigation.

34. Parmi les ressources en eau non conventionnelle dont dispose l'agriculture, les eaux usées, convenablement traitées pour pouvoir être réutilisées, ouvrent des perspectives viables et toujours plus nombreuses. Les eaux usées sont rejetées à proximité des villes (donc des marchés) et offrent habituellement un flux d'eau stable et sûr aux utilisateurs. Toutefois, la réutilisation des eaux usées ne va pas sans poser de problèmes au Proche-Orient, notamment pour des raisons culturelles (l'utilisation de ce type d'eau dans un contexte domestique voire agricole n'est pas toujours acceptée socialement). Cette perception est néanmoins en voie d'évolution.

35. La FAO promeut la réutilisation sans danger des eaux usées traitées, en tant que source d'eau alternative pour les agriculteurs des pays où les ressources en eau sont rares. Elle a engrangé une expérience variée en aidant les pays membres à mettre en œuvre des approches globales et intégrées en matière de gestion des ressources en eau et de l'environnement, avec le développement durable pour objectif. Actuellement, la FAO tient à jour un ensemble de bases de données sur les eaux usées ([http://www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_wastewater.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_wastewater.html)) et elle a collaboré à la rédaction du nouveau guide publié à ce sujet par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) "Health Guidelines on the Safe Use of Treated Wastewater and Greywater for Agriculture" ((<http://apps.who.int/bookorders/anglais/detart1.jsp?sesslan=1&codlan=1&codcol=15&c>

[odcch=3653](#))). Elle gère des réseaux consacrés à l'application et au développement de l'utilisation sans danger de l'eau récupérée et a récemment publié le Rapport sur l'eau n° 35, intitulé: The Wealth of Waste: *the economics of wastewater use in agriculture*.

36. La FAO continuera à suivre le développement des technologies de dessalement et leur faisabilité économique dans le contexte de l'agriculture et en tiendra les pays membres informés. La FAO peut également faciliter les contacts entre les pays et les experts internationaux pour évaluer le potentiel du dessalement de l'eau à des fins agricoles dans les conditions spécifiques de sites donnés.

## Références

- FAO (2006) Water desalination for agricultural applications. Document de travail sur les terres et les eaux n° 5. Rome
- FAO (2010) Water resources in the Near East Region: Facts and Figures. Sous presse. FAO/ RNE, Le Caire.
- WWF (2007) Desalination: option or distraction for a thirsty world?
- Wangnick/GWI (2005) 2004 Worldwide desalting plants inventory. Global Water Intelligence. Oxford, Angleterre.