

Dessalement de l'eau de Mer et les Énergies Renouvelables

Lahouel Sara^{1*} and Lahouel Nacéra²

¹ Département d'Environnement, Université de Djilali Lyabbs
Sidi Belabbes-Algerie

² Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, URAER, Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, 47133, Ghardaïa, Algeria

Abstract. Desalination of sea water is sometimes presented as the miracle solution to scarcity water problems. Besides the fact that it remains financially inaccessible to poor countries (in revenues or oil), these technologies remain large consumers of energy and the question of their environmental impact is far from resolved, including brine discharges, which must be better managed and improved in the interest of preservation of marine ecological resources and a reduction of environmental impacts in general.
Keywords: Water, Desalination, problem, brine, environmental.

Keywords: *Water, Desalination, technologies, environmental.*

Résumé. Le dessalement de l'eau de mer est parfois présenté comme la solution miracle aux problèmes de rareté de l'eau potable. Outre le fait qu'elle demeure financièrement inaccessible aux pays pauvres (en revenus ou en pétrole), ces technologies demeurent de grosses consommatrices d'énergie et la question de leur impact environnemental est loin d'être résolue, notamment les rejets de saumure, qui doit être mieux maîtrisé et amélioré dans un souci de préservation des ressources écologiques marines et d'une diminution des impacts environnementaux en général.

Mots clés: *Eau, dessalement, problème, saumure, environnementaux.*

1. Introduction

Jusqu'à 7 milliard d'individus dans 60 pays – plus que la population mondiale actuelle pourrait manquer d'eau d'ici les 50 prochaines années, d'après le programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau des nations unies paru en mars 2006 [1].

Concernant l'Algérie, elle possède des ressources hydriques limitées en raison des caprices climatiques, et un déficit hydrique estimé à 20 % durant les cinq dernières années [2]. L'augmentation des besoins d'une région demande une planification innovatrice des ressources hydriques. Il est clair que l'Algérie enregistre, d'un côté, un manque énorme en ressource au moment où les besoins augmentent et, d'un autre côté, le volume d'eau mobilisable et en diminution, dus aux différents problèmes naturels et humains [3].

La mobilisation des ressources en eau depuis l'indépendance a été axée, sur les ressources souterraines. L'accroissement rapide de la demande en eau dans les secteurs de l'irrigation et de l'industrie ainsi que les besoins incompressibles de la population, ont amené les pouvoirs publics, en second lieu, à mobiliser de plus en plus de ressources superficielles [4].

* Corresponding author.

E-mail: nacylahouel@hotmail.com (Lahouel Nacéra.).

Address: BP: 88 Gart Taam Z.I Bounoura Ghardaïa.

Mais la mobilisation des eaux souterraines au nord du pays a atteint son seuil maximal, par une surexploitation des nappes superficielles d'où la détérioration de la qualité de l'eau. Le recours au dessalement de l'eau de mer est devenu alors inévitable et indispensable pour assurer l'alimentation potable.

Nous nous proposons à travers ce travail d'étudier :

- **l'impact du dessalement de l'eau de mer sur l'environnement** : Cet impact provient principalement du rejet (saumure) produit à la cour du dessalement mais aussi des rejets de produits chimiques utilisés dans le nettoyage des modules d'osmose inverse. En effet, ces rejets provoquent des dommages potentiels pour le milieu récepteur (milieu marin). Bien que les travaux de recherches consacrés à la question soient restreints, le rejet de concentré dans la mer appelle une vigilance particulière et une évaluation scientifiques des impacts sur la faune et la flore.
- **Impact énergétique** : Les besoins énergétiques liés à l'eau - pompage, Aujourd'hui 1500 unités de dessalement réparties dans 120 pays produisent 40 millions de m³/j à partir d'eau de mer et d'eau saumâtre. transferts, traitements, auxquels le dessalement vient s'ajouter pourraient doubler en 10 ans, pour atteindre 15% de la demande globale d'énergie en 2025, Il faut valoriser les technologies les plus économes (osmose inverse, énergie renouvelables....).

2. La nécessité du dessalement de l'eau de mer

La carte ci-dessous montre qu'entre 1950 et 2025, le nombre de pays ayant une disponibilité en eau très basse, basse ou catastrophiquement basse (Afrique occidentale, Moyen-Orient...) augmentera fortement.

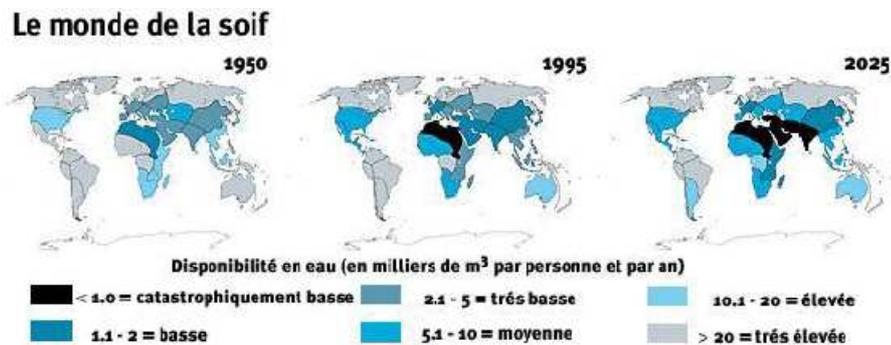


Fig. 1: Source : COLLECTIF (1999, février) "Eau douce: à quel prix ? " dans Le courrier de l'Unesco sur le site Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture (UNESCO).

Une quantité équivalant à 97,5% du stock d'eau de la planète est salée et seule une fraction correspondant à 2,5 % se compose d'eau douce. Environ 70% de cette eau douce de la planète est fixée dans les calottes glaciaires des pôles et une partie importante des 30% restants est constituée par des nappes aquifères souterraines de régions reculées. En effet, seule une fraction minuscule de l'eau douce (moins de 1% de l'eau douce totale, soit 0,007 % du stock d'eau mondial) est disponible dans les cours d'eau, les lacs et les réservoirs et est facilement accessible à l'homme pour son utilisation directe.

En outre, la répartition spatiale et temporelle du stock et du débit d'eau douce est très inégale (Bennet et al. 1999) [5].

Par suite de l'extension des régions arides et aussi de l'utilisation intensive d'eau dans les zones urbaines du monde entier, il est fréquent que l'eau douce ne soit pas disponible dans les quantités souhaitées. Selon une estimation de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), 1000 m³ par personne et par an sont le niveau repère au-dessous duquel on considère que la pénurie chronique d'eau entrave le développement et est préjudiciable à la santé humaine [6].

En résumé, les besoins en eau présents et futurs ne peuvent être couverts et satisfaits que si des ressources non conventionnelles (recyclage et dessalement de l'eau) sont utilisées.

3. Les techniques de dessalement

En fait, arracher de l'eau douce à de l'eau saumâtre ou de l'eau de mer est une technique employée depuis longtemps, particulièrement dans les pays et émirats pauvres en eau mais riches en pétrole, où le coût de l'énergie nécessaire au dessalement n'est pas un problème.

Historiquement, le dessalement a fait son apparition dans cette région lorsqu'en 1869, une unité de distillation de l'eau a été construite à Aden pour approvisionner la marine britannique. Cette unité utilisait la même technique, considérablement améliorée mais toujours aussi consommatrice d'énergie, qui continue à fournir aujourd'hui la moitié de l'eau dessalée produite dans le monde.

La distillation (ou évaporation) multi-effets a constitué la technologie dominante en matière de dessalement de l'eau de mer depuis les années 1880 jusqu'en 1960. Avec l'introduction de l'évaporation multi-flash en 1960, la distillation multi-effets a semblé disparaître de l'horizon, et l'oubli dans lequel cette technique est tombée s'est encore accentué avec l'avènement de l'osmose inverse. Récemment toutefois, grâce à de nouveaux perfectionnements et une meilleure compréhension des limites potentielles de ce processus, elle a retrouvé une place modeste, mais bien méritée, dans le paysage de la production d'eau douce.

L'osmose inverse est apparue dans les années 70 suite à la conception de membranes semi-perméables qui pouvaient efficacement séparer les sels de l'eau soumise à pression. Parfois appelée hyperfiltration, l'osmose inverse est tenue pour le plus complexe des processus de séparation membranaire.

Cette technologie est très populaire dans de nombreuses zones du Moyen Orient, dans les Caraïbes, et partout où l'eau de mer dessalée est la principale source d'approvisionnement des villes et des communes. Mais elle est également utilisée aux États-Unis, au Japon et en Europe pour produire de l'eau ultra-pure pour de nombreuses industries, en particulier agroalimentaires et électroniques.

4. Problèmes environnementaux

Parmi les impacts dus à une usine de dessalement, il y a ceux qui se limitent à la phase de construction et ceux qui sont liés à la phase d'exploitation. Les impacts commencent avec la transformation de l'occupation du sol, puis continuent avec des conséquences visuelles et des nuisances sonores pour s'étendre à des émissions dans l'atmosphère et des rejets dans l'eau ainsi qu'à des dommages potentiels pour le milieu récepteur.

Les activités de construction et d'exploitation peuvent se traduire par une série d'impacts sur les zones littorales, affectant notamment la qualité de l'air, la qualité de l'eau, la flore et la faune marine, la perturbation d'écosystème important, le bruit [9].

Impact positif

- conservation des ressources d'eau souterraines[10].
- fourniture de l'eau de bonne qualité.
- source fiable à long terme de l'eau.

Impact négatif

Les activités de dessalement d'eau de mer ont des impacts défavorables sur l'environnement.

La plupart des impacts dérivent du positionnement des tubes d'alimentation et des canalisations de décharge des saumures [13].

Les sources d'eau appropriées pour le dessalement peuvent avoir des origines de base fondamentaux : eaux de mer et eaux souterraine.

Le dessalement d'eau de mer ou de l'eau saumâtre des usines d'osmose inverse peuvent avoir plusieurs aspects négatifs directs ou non directs sur l'environnement [11].

1/- impact indirect sur l'environnement dû à la nécessité d'augmenter la production d'électricité pour l'unité de dessalement.

2/- impact sur l'environnement marin en raison de renvoyer la saumure concentrée à la mer :

La saumure est un sous produit du dessalement inviable qui est déchargé généralement dans l'environnement marin. Les implications environnementales de cette solution de sel fortement concentré (TDS) est autour 70.000 ppm sur les écosystèmes marins locaux qui ont été discutées de façon contre-versé pendant beaucoup d'année. Cependant c'est maintenant qu'elle est reconnue comme une décharge étendue de saumure, comme elle constitue une couche hypersaline au fond de la mer du à sa plus grande densité. Elle a un potentiel qui affecte fortement la faune et la flore marines [12].

3/- impact sur l'environnement marin en raison de différents produits chimiques utilisés dans le nettoyage en prétraitement :

En plus de la concentration élevée des sels, la saumure déchargée contient de divers produits chimiques utilisés dans l'étape de prétraitement et de post- traitement de l'unité de dessalement, y compris les agents antitartre.

A/ effet des dus aux produits de la corrosion (les métaux tels que le cuivre, le nickel, le chrome et le zinc) [14].

B/ effet dus aux additifs antitartres (les phosphate polymère).

C/ effet des additifs antis salissures (le chlore) [13].

D/ effet des additifs antimousse (les détergents)

4/ impact de bruit : le bruit est produit par des pompes à haute pression et par les turbines utilisée par la récupération d'énergie [15 ,16].

5/- effet nuisible sur l'utilisation de la terre : il ya un effet nuisible de vue importante sur la conception de la typologie architecturale des bâtiments utilisé à ce genre de construction [17].

6/- impact sur la couche aquifère : les canalisations d'eau de mer et de saumure étendus au dessus de la couche aquifère lui présente un danger.

7/- impact socio-économique ; y compris les impacts sur le citoyens :

- Changement de mode de consommation, voir l'utilisation abusive de l'eau sous l'impression qu'il est facile de s'en procurer.
- Concentration accrue de développement et de l'activité dans la zone côtière, migration de population des régions rurales, de l'arrière pays vers les zones côtières/ suburbaines

8/- impact de la caléfaction :

La chaleur perdue déchargée des usines thermiques de dessalement (généralement entre 8 et 15 °c au dessus de la température ambiante d'eau de mer) est finalement absorbée dans l'environnement marin ; elle a une influence importante sur les propriétés physique de l'eau de mer et peut détériorer sa qualité et entraîne automatiquement des réponses physiologiques et des changements de comportement des organismes [17].

5. Problèmes économiques

L'un des inconvénients majeurs de la technologie membranaire est son coût. Deux facteurs contribuent à rendre cette technologie coûteuse.

- Le premier est la quantité d'énergie consommée par les systèmes de pompes, en particulier pour l'osmose inverse à haute pression ;
- Le second est la détérioration des membranes, un phénomène qui a fait l'objet de nombreuses recherches. Les membranes utilisées pour l'osmose inverse sont nettoyées chimiquement après plusieurs mois de service. Sur le long terme, les membranes sont remplacées lorsqu'elles deviennent trop souillées et que leur performance se détériore significativement. Cela arrive généralement tous les 3 à 5 ans.

D'autres processus existent qui reposent sur l'échange d'ions (par électrolyse), ou encore sur une autre technologie membranaire par microfiltrage (ou nanofiltrage, ou ultrafiltrage).

Le dessalement coûte aujourd'hui en moyenne US\$ 0,5 par mètre cube, le prix variant selon l'échelle, les besoins en électricité (ou autre source d'énergie) et la distribution. Il est clair que cela ne répond pas aux besoins des ruraux pauvres de la planète, qui constituent pourtant les principales victimes de la crise de l'eau. En outre, il apparaît clairement que le dessalement n'est pas approprié pour assurer la fourniture de l'eau d'irrigation.

Selon le Texas Water Development Board, le coût d'un mètre cube d'eau traité par distillation se situe entre US\$ 0,95 et 1,04, tandis qu'il est de 0,84 pour une eau traitée par osmose inverse [18].

En Arabie Saoudite, le vrai coût du dessalement et du transport de l'eau, certainement considérable, est un secret d'État. Or l'eau potable de ce pays provient à 70 % du dessalement, un ordre de grandeur que l'on retrouve dans les autres pays du Golfe, Bahreïn, Koweït et Émirats Arabes Unis. Dans ces pays producteurs de pétrole, le faible coût de l'énergie autorise un dessalement à grande échelle qui ne serait pas soutenable pour la plupart des pays souffrant de stress hydrique, sans parler de ceux qui n'ont pas d'accès à la mer [18].

6. L'énergie renouvelable peut fournir une solution avantageuse sur tous les plans

Une combinaison des sources d'énergie renouvelable et de la technologie du dessalement pourrait offrir une source durable d'eau potable. Le potentiel technique et économique des ressources d'énergie renouvelable pour la production d'électricité varie considérablement d'un pays à l'autre. Le potentiel annuel combiné de l'énergie éolienne, géothermique, hydraulique et l'énergie tirée de la

biomasse équivaut à environ 830 billions de wattheures. L'irradiance solaire est de loin la plus grande ressource disponible. L'énergie solaire présente une potentielle 1 000 fois plus grande que les autres sources renouvelables combinées et est de plusieurs ordres de grandeur supérieur à la demande actuelle totale d'électricité au niveau mondial.

- Cette ressource abondante peut être employée à la fois dans les systèmes photovoltaïques (PV) distribués et les grandes centrales solaires thermiques. Alors que les systèmes PV peuvent uniquement produire de l'électricité, l'énergie solaire captée et redirigée à l'aide de miroirs pour réchauffer des liquides ce que l'on appelle concentration de l'énergie solaire permet de générer à la fois de la chaleur et de l'électricité. La chaleur produite peut être stockée, au contraire de l'électricité.

- La concentration de l'énergie solaire a été sélectionnée pour une analyse pour deux raisons :

- 1) elle présente le potentiel de stocker la chaleur de sorte qu'elle peut fournir l'énergie de base nécessaire au dessalement (ce qui constitue un facteur critique pour les technologies de dessalement à grande échelle actuellement disponibles).

- 2) elle renferme un potentiel important d'amélioration technologique. Avec une capacité de stockage thermique suffisante, la concentration de l'énergie solaire pourrait fournir l'électricité de base 24 heures sur 24. Actuellement, l'efficacité des capteurs solaires varie de 8 à 16 %, mais dès 2050, les améliorations techniques devraient porter le taux d'efficacité à 15 à 25 %. Aujourd'hui, le champ de capteurs solaires représente plus de la moitié du coût d'investissement.

Cependant, des améliorations en matière de captage du rayonnement solaire devraient permettre de réduire fortement les coûts.

- Les coûts de l'eau douce produite par les centrales thermiques avec concentration de l'énergie solaire et les usines de dessalement par osmose inverse varient considérablement dans les régions autour de la Mer méditerranée, du Golfe et de la Mer rouge, principalement en raison des différences de salinité de l'eau de mer. La concentration de l'énergie solaire au service de l'osmose inverse permet d'obtenir de l'eau au coût le plus bas dans les régions méditerranéennes et de la Mer rouge, allant de 1,5 à 1,7 dollar/m³. Ces coûts varient également en fonction de l'emplacement en zone côtière ou à l'intérieur du pays. À l'intérieur des terres, le rayonnement solaire peut réduire les coûts de près de 0,15 dollar/m³ dans la zone méditerranéenne, mais la différence ailleurs est négligeable. En 2050, les coûts de l'osmose inverse devraient diminuer d'environ 1,2 dollar/m³.

- Actuellement, le dessalement thermique par concentration d'énergie solaire est plus cher que le processus d'osmose inverse, selon les estimations, sauf dans le Golfe où l'énergie supplémentaire est assurée par le carburant bon marché. Aux prix actuels, les coûts indicatifs de l'eau par centrale thermique avec concentration de l'énergie solaire varient de 1,8 à 2,1 dollars/m³. Les innovations technologiques devraient réduire les coûts du dessalement thermique par concentration d'énergie solaire à environ 0,9 dollar/m³ dès 2050. L'adoption du système de concentration d'énergie solaire apportera des avantages considérables sur le plan de l'environnement. La part accrue du dessalement par concentration d'énergie solaire et osmose inverse allié au dessalement thermique par concentration d'énergie solaire plus efficace réduira la production annuelle de saumure de près de la moitié de 240 à 140 km³[19].

- **L'utilisation accrue de sources d'énergie renouvelables réduira fortement les émissions de CO₂**

. La production d'un gigawattheure d'électricité à partir du pétrole produit 700 tonnes de CO₂

. L'utilisation du gaz produit 450 tonnes de CO₂

. Par contre, pour obtenir la même quantité d'électricité, la concentration d'énergie solaire produit seulement 17 tonnes de CO₂.

. Les émissions de CO₂ s'élèvent actuellement à 375 millions de tonnes par an. Avec les combustibles fossiles traditionnels, les émissions de CO₂ s'élèveraient à environ 1 500 millions de tonnes en 2050. Le recours aux énergies renouvelables réduirait les émissions annuelles de CO₂ à 265 millions de tonnes pour cette même année.

- La généralisation du dessalement par l'énergie renouvelables nécessitera du temps car un grand nombre d'usines de dessalement actuelles ou planifiées, brûlant du carburant fossile resteront en service pendant un certain nombre d'années. Comme la plupart de ces usines ne seront pas totalement mises hors service avant 2041/2043, la demande pour la technologie de dessalement par l'énergie renouvelable augmentera lentement au début pour satisfaire à la demande d'eau croissante. Durant cette période, il sera essentiel que la fourniture de technologie de dessalement par l'énergie renouvelable progresse au même rythme que la demande car, sans cette technologie, un certain nombre de pays devront exploiter leurs réserves d'eau souterraine de manière encore plus intensive pour survivre à court et à moyen terme. De plus, à court et à moyen terme, les énergies renouvelables devront toujours être complétées par les carburants fossiles pour produire une puissance de crête.

Toutefois, si la tendance actuelle de l'utilisation de combustibles fossiles pour le dessalement se maintient, de nombreux pays seront confrontés à de graves problèmes en matière de

Sécurité énergétique, en général, et sur le plan économique, (en particulier, pour les pays exportateurs de pétrole).

- De même, les répercussions environnementales du dessalement à grande échelle ne peuvent être ignorées. Des législations environnementales régionales et nationales complètes et cohérentes sont nécessaires pour protéger les eaux souterraines et les plans d'eau partagée de la pollution. Ce besoin est particulièrement critique pour les plans d'eau près desquels des usines de dessalement de grande taille sont déjà installées ou vont l'être, comme le Golfe. Pour que les mesures soient efficaces, il est important que les pays planifient et mettent en œuvre ensemble les mesures nécessaires. Des études en commun et une surveillance continue sont également nécessaires afin de mieux comprendre les impacts négatifs du rejet de la saumure de surface sur les écosystèmes marins et du rejet à l'intérieur des terres sur les nappes phréatiques.

- le dessalement aux sources d'énergie renouvelables, en particulier l'irradiance solaire apporte trois avantages majeurs 1) un approvisionnement en eau durable,

2) un secteur de l'eau avec une source d'énergie garantie et

3) la durabilité du point de vue de l'environnement. Cependant, pour rendre ces sources plus concurrentielles, des mesures doivent être prises aujourd'hui afin d'encourager les investissements dans les technologies axées sur l'énergie renouvelable et les progrès en matière d'efficacité du dessalement [19].

7. Conclusions

Le dessalement de l'eau de mer permet notamment d'augmenter la ressource en eau douce disponible, de fournir une solution en cas de sécheresse et de faire face aux situations de pénuries et de crises.

Reste plusieurs inconvénients : des conséquences environnementales négatives (rejets de saumure, effluents chimiques...), des besoins énergétiques importants (et donc un impact climatique, les usines étant essentiellement alimentées par des énergies fossiles) et un prix de vente élevé de l'eau ainsi produite.

Malgré les nombreux atouts du dessalement, son impact environnemental demeure donc une préoccupation majeure. Ses avantages et inconvénients doivent être évalués en termes de coûts et bénéfiques, sociétaux et environnementaux, et comparés aux autres procédés de production d'eau douce.

Le dessalement de l'eau a un impact à la fois positif et négatif sur l'environnement.

Pour tout projet de dessalement des eaux (et en particulier des eaux de mer), il est nécessaire de réaliser une étude d'Impact de l'usine de dessalement qui doit se focaliser notamment sur les deux aspects les plus critiques : le rejet des saumures sur l'écosystème marin et l'accroissement de la consommation énergétique, par rapport aux autres alternatives de ressources en eau potable.

8. References

- [1] JANET S. (2006) : le manque d'eau pourrait prendre de court la prochaine génération. (en ligne) : <URL : http://www.carpediemdesign.ch/planete/articles/no_10/2_reseignements.htm
- [2] JORA (journal officiel de la république Algérienne) (2005) : Loi n° 05-12, du 28 jourmada ethania 1426, correspondant au 04 aout 2005.
- [3] MRE (ministère des ressources hydriques) (2006) : le challenge de dessalement (en ligne) : www.mre.gov.dz/eau/ress_non_convnt.htm -21k ressources non conventionnelles
- [4] ADE (Algérienne BONNEFONT P. (2004) : la gestion durable du cours d'eau. Les synthèses Techniques du Service. Ecole Nationale du génie Rural des eaux et de forets (ENGREF). Ed. Lavoisier. Paris. PP. 3-16.
- [5] dessalement de l'eau de mer dans les pays méditerranéens: évaluation des impacts sur l'environnement et lignes directrices proposées POUR LA GESTION DE LA SAUMURE Réunion des coordonnateurs nationaux pour le MED POL Venise, Italie, 28-31 mai 2001.
- [6] BOUGIS J. (2013). Revue des aspects maritimes du dessalement d'eau de mer. Revue Paralia, Vol. 6, Pp 1.1-1.13.
- [7] maurel .alain, « dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres », édition technique, 2001.
- [8] United Nations Environment programme, Méditerrananean Action Plans Med POL, « Sea Water desalination in the Mediterranean: Assesment and guidlines », Map technical Raports series No.139, UNEP/ MAP, Athens, 2003.
- [9] T.G. Bonman and N.TW.Klages; « Albany coast Water Board »; Environmental Scorpung Report; IECM report No: C84; octobre 2004.
- [10] J. Jaime Sad hwani, Jose M. Veza, Carmelo Santana; « case studies on environmental impact of sea water desalination » ; desalination Vol- 158., PP: 1-8, (2005).
- [11] abet.l, 2009/2010 université m'hamed bougara-boumerdes, faculté des science de l'ingénieur, département génie de l'environnement, laboratoire de recherche de technologie alimentaire, mémoire pour obtention du titre de magister en génie de l'environnement « contributon a l'etude des impacts du dessalement des eaux de mer sur l'environnement : cas du littoral de boumerdes».
- [12] Rachel Einav, Kobi Hamssib, Dam Periyb, « The foot print of the desalination processes of the environment», desalination, Vol-152, PP: 141-154, (2002).

- [13] M. Argyrou ; « impact of desalination plant on marine macrobenthos in the coastal desalination plants » desalination, Vol-155, PP: 41-47, (2000).
- [14] Z. A. Sabri, GP. Mc Laggan and R. Hagenson, « safety and environmental impact of fossil foules desalination plants », Proc. 7thInternational Symp. On Fresh Water from sea, Vol.1, 99P, (1980).
- [15] UNEP, « sea water desalination in Mediterranean countries: Assesment of Environmental Impact and proposed guidelines for the management of Brine». UNEP (DEC) / MED WG 183/ Inf 6, 2001.
- [16] I, Bremere , M.Kennedy, A. Sticket and J. schippers ; « How water scarcity will affect the growth in the desalination market in the comping 25 years » Desalination, Vol-138, PP: 7-15, (2005).
- [17] I, Bremere , M.Kennedy, A. Sticket and J. schippers ; « How water scarcity will affect the growth in the desalination market in the comping 25 years » Desalination, Vol-138, PP: 7-15, (2005).
- [18] <http://www.partagedeseaux.info/article19.html>
- [19] http://www.arabwatercouncil.org/administrator/Modules/CMS/MENA_WaterGap_Booklet_PRESS_French.pdf