

Dessalement d'Eau de Mer : Etude de Trois Stations du Littoral Algérois

Bessenasse Mohamed

Université SAAD Dahleb (Blida), B.P 26 D Hadjout – W.Tipaza – 42200 – Algérie.

Fax : (213).25.43.68.11 - Courriel : mbessenasse@yahoo.fr

Abstract

According to recent demographic statistical data, the number of inhabitants in Algeria should double in the next thirty years whereas conventional water resources will not change. The hydrologic situation especially for the coastal areas reflects severe drought conditions that is lasting since two decades. Seawater desalination could be an efficient alternative in order to tackle the serious problem of water shortage. In fact, due to rural depopulation a large majority of the people and the economic activities are nowadays concentrated in the coastal cities of the Mediterranean sea. The good physico - chemical features of Mediterranean seawater (19°C and medium salinity as compared to Persian golf seawater which exhibits 30°C and much higher salinity) make of Mediterranean desalination plants more profitable with less operating costs and better efficiencies.

The reverse osmosis has been chosen as the best desalination process because it has seen many improvements of its technology especially with regard to better performance and longer lasting membranes. The present study has focussed on three small desalination plants located not far from the capital city Algiers namely: Palm-beach sea resort, la Fontaine and Bou-Ismaïl. Our main objective was directed towards the evaluation of the cost of the chemical consumables and the overall cost of the desalinated cubic meter of water. The latter was found lower than 0.5 euro, which is quite interesting. The desalination option seems to be a good alternative to deal the most urgent matters in terms of ensuring durable water allocation in the present climatic context.

Introduction :

D'après les données statistiques, la population algérienne doublera dans les 25 ans à venir alors que les ressources conventionnelles en eau n'auront pas beaucoup changé, dépendantes des aléas climatiques jusque-là défavorables. D'où la solution du dessalement de l'eau de mer, une ressource abondante et inépuisable. L'option pour le dessalement a longtemps été bloquée par des hésitations découlant de la référence à l'expérience des pays du Golf où le coût de production était élevé. Les spécialistes, études comparatives à l'appui, ont réussi à plaider la cause du dessalement et de la méthode d'osmose inverse particulièrement intéressante, avec son dimensionnement adaptable en fonction de la demande.

1.1 Historique du dessalement en Algérie

L'expérience algérienne en matière de dessalement des eaux est étroitement liée au développement de l'industrie pétrolière et sidérurgique. Le recours au dessalement en vue d'un usage exclusivement à l'alimentation de la population en eau potable est quasi inexistant. Néanmoins une seule expérience a été tentée dans une situation où il n'existait aucune autre solution. Il s'agit de l'unité de déminéralisation de Ouled Djellal dans la wilaya de Biskra (sud-est algérien).

Dans l'industrie, la déminéralisation et le dessalement sont utilisés pour assurer la fourniture de l'eau de chaudière, de refroidissement, de traitement. En 1964, trois petits

blocs de 8 m³/h chacun ont été installés au complexe Gaz liquéfié d'Arzew (ville côtière à l'ouest du pays). Le procédé utilisé est « à tubes submergés » travaillant à basse pression. Et en 1969, une autre installation a vu le jour à Arzew avec une capacité de production de 4560 m³/j. Le procédé utilisé est MSF.

Dés lors de nombreuses installations de dessalement et de déminéralisation ont été mises en place en parallèle avec les nouveaux complexes. D'autres installations ont été mises en exploitation pour les besoins en eau de haute pureté nécessaire à l'activité des complexes de production d'électricité (Cap Djénet à l'est d'Alger) et l'industrie de liquéfaction(Arzew et Skikda). Egalement quelques installations sont destinées, principalement dans le Sud, à fournir de l'eau de qualité pour la consommation humaine dans les bases pétrolières.

1.2 Unités existantes et en projet

Quelques stations de dessalement qui existent ou qui sont en cours de réalisation sont citées ci d'après : []

- Mostaganem - Unité de dessalement d'eau saumâtre par osmose inverse utilisée pour les besoins d'une papeterie (52000m³/j -1994) ;
- Annaba - Unité de dessalement d'eau de mer par osmose inverse de 5184m³/j utilisée par ASMIDAL (1996)
- Unités monobloc - Dans le cadre du programme d'urgence des unités d'osmose inverse ont été installée en 2002 à Ghazaouat, Skikda et dans le Grand Alger. La capacité totale est d'environ 55.000m³/j.
- Arzew – La construction d'une usine de dessalement par distillation (capacité 88.000 m³/j) a débuté récemment ;
- Bredea – La construction d'une unité de déminéralisation d'eau saumâtre par osmose inverse (capacité 34.000m³/j) a aussi débuté récemment.
- Hamma (Alger) – Usine de dessalement, de capacité de 200.000 m³/j par distillation à proximité de la nouvelle station de production d'électricité, est en cours de construction.
- Les usines de production d'électricité de SONELGAZ sont pourvues de petites unités de dessalement pour les besoins internes au site.

Tableau 1 : Quelques projets existants en Algérie.

Site	Nombre d'unités	Débit (m ³ /j)	Procédé	Mise en service
Skikda	1	1440	Flash	1971
Skikda	2	720	Flash	1971
Skikda	/	1440	Echangeur d'ions	1971
Annaba	2	960	Echangeur d'ions	1971
Annaba	2	3600	Echangeur d'ions	1973
Ghazaouat	1	840	Echangeur d'ions	1974
Arzew	6	3888	Electrodialyse	1975
Arzew	/	960		1975
Hassi Messaoud	6	1000	Electrodialyse	1975
Hassi Messaoud	2	110	Electrodialyse	1976

Hassi Touil	1	55	Electrodialyse	1977
Arzew	1	350		1978
Annaba	3	14180	Multiflash	1978
Hassi Messaoud	2	350	Electrodialyse	1978
Bel Abbés	/	1500	Echangeur d'ions	1978
Haoud Bercaoui	1	55	Electrodialyse	1979
Hassi Messaoud	2	30	Electrodialyse	1979

1.3 Programme de dessalement en urgence

La crise de ressources hydriques qui a même menacé ces dernières années, l'alimentation en eau potable de la population dans diverses régions du pays a accentué l'intérêt de l'Algérie pour le dessalement. Le projet dessalement d'eau de mer fait partie d'un programme d'urgence décidé par le gouvernement pour pallier durablement au déficit en ces ressources.

La réalisation du projet va se traduire par la production de 57.500m³/j répartis entre :[]

- Wilaya d'Alger : 12 stations pour un volume journalier de 30.000 m³.
- Wilaya de Boumerdes : 01 station pour un volume journalier de 5000 m³.
- Wilaya de Tipaza : 01 station pour un volume journalier de 5000 m³.
- Wilaya de Skikda : 04 stations pour un volume journalier de 10.000 m³.
- Wilaya de Tlemcen : 02 stations pour un volume journalier de 5000 m³.
- Wilaya de Tizi ousou : 01 station pour un volume journalier de 2500 m³.

Le marché est conclu et signés entre l'E.P Algérienne de eaux, d'une part, et :

- 1) L'entreprise nationale Hydro - traitement le 11/05/2002.
- 2) L'entreprise allemande Linde – kca le 11/05/2002.

Le recours au dessalement de l'eau de mer pour lequel un programme a été tracé en vue de la réalisation d'unités de petites et grandes capacités pour une production globale de l'ordre d'un million de mètres cubes représentant un cinquième (1/5) des besoins de consommation du pays à l'horizon 2005.(ADE)

2. Coût du dessalement

Il est très difficile de calculer le coût, précis, sans une étude effectuée cas par cas prenant en compte les conditions locales à la fois techniques et économiques.

2.1 Conditions techniques

On peut résumer les conditions techniques comme suit :

Salinité de l'eau à traiter : eaux de mer ou eaux saumâtre

Salinité de l'eau produite : eau destinée à la consommation humaine (selon la tolérance des habitants) ou eau de haute pureté pour l'industrie.

Caractéristiques physiques de l'eau(turbidité, matières en suspensions) qui peuvent, en particulier dans le cas de l'osmose inverse, imposer un

prétraitement très complexe si l'eau est très polluée ou au contraire l'absence de prétraitement si l'on a une eau très propre (cas de sous marins en haute mer).
Composition chimique de l'eau à traiter dans le cas des eaux saumâtres (dureté, teneur en sulfates).
Degré d'automatisation et de contrôle.
Source d'énergie disponible.
Taille de l'unité.

2.2 Conditions économiques

A propos des conditions économiques, on peut citer :

Coût de l'énergie est nul sur une plate forme offshore, peu élevé au Moyen Orient, très élevé pour des sites isolés.
Coût des produits chimiques suivant que ces produits sont fabriqués localement ou doivent subir un transport plus ou moins long.
Fluctuation de monnaies : la variation des cours des monnaies ne permettent pas de calculer des coût avec une grande précision.
Inflation variable en fonction du pays et du temps.
Conditions de financement (taux d'intérêt).
Coût de la main d'œuvre.

3. Etude des trois stations de dessalement

Cette étude consiste à déterminer et à étudier le coût des réactifs utilisés pour le prétraitement chimique effectué sur l'eau de mer avant son passage à travers les membranes. Nous avons travaillé au niveau de trois stations de dessalement d'eau de mer, par la technique dite d'osmose inverse, située à l'ouest d'Alger.

Pour cela nous avons réalisé des prélèvements mensuels d'eau de mer, pendant quatre mois (mai à août) de l'année 2004 et au niveau de chaque station afin d'analyser ses paramètres physico-chimiques, analyses que nous avons effectuées au laboratoire central de l'A.D.E d'Alger.

3.1 Caractéristiques techniques des stations étudiées

Les installations de dessalement d'eau de mer étudiées font partie d'un projet d'alimentation en eau potable de la région côtière algérienne. Un programme d'urgence a été décidé par le gouvernement pour pallier durablement au déficit en ressources hydriques engendré par la situation de sécheresse qu'a connu le pays pendant les années quatre-vingt dix et particulièrement la région algéroise. A cet effet, les travaux de réalisation de douze stations, pour un volume de 30.000m³/j, ont été lancés à partir du mois de juin 2002. Notre étude se porte sur trois unités d'osmose inverse situées, respectivement, dans la wilaya d'Alger et la wilaya de Tipaza.

- Palm Beach 2500m³/j
- La Fontaine 5000m³/j
- Bou Smail 5000m³/j

3.2 Filière de traitement

Les étapes ci-après décrites sont identiques dans les trois stations.

un pompage d'eau brute par une prise d'eau de mer directe. Exception faite pour la station de Zéralda ou le pompage d'eau brute est réalisé par des pompes d'eau de puits,

**pré - chloration à l'hypochlorite de sodium,
 filtration sur filtres à gravier multicouches,
 injection d'acide ou d'hexamétaphosphate de sodium,
 microfiltration par cartouche (5µ),
 pompage haute pression,
 osmose inverse,
 reminéralisation,
 ajustement du pH,
 post-chloration à l'hypochlorite de sodium,
 lavage des membranes.**

3.3. Mode de fonctionnement

En plus de fonctionnement en manuel et semi automatique (armoires de commande), chaque station est équipée d'un automate programmable (PLC) permettant le contrôle informatique et la gestion de l'installation.

Le PLC permet un suivi efficace de l'exploitation ; contrôle des bilans, enregistrement de mesures et relevé des valeurs, comptage et démarrage des équipements.

3.4 Critères de conception

3.4.1 Données sur l'eau brute

Valeur pH	~7 à 7,5
Température	20°C
Concentration en sel	~ 35 à 39g/l

3.4.2 Exigences de fonctionnement

Les conditions d'exploitation sont données dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Conditions de fonctionnement

Installation à 2500m ³ /j		Installation à 5000m ³ /j	
Durée service quotidienne.	24h	Durée service quotidienne	24/24
Durée service annuelle en jour	~340jour	Durée service annuelle	~340
Débit min. eau de mer (m ³ /j)	5556	Débit min. eau de mer (m ³ /j)	11111
Débit de refoulement perméat	2500m ³ /j	Débit de refoulement perméat	5000m ³ /3056
Débit de refoulement concentré	3056	Débit de refoulement concentré	6111
Taux de conversion	45%	Taux de conversion	45%
Pression osmose inverse bar	73 bars	Pression osmose inverse	73
Température de service °C	20 à 25°C	Température de service	20 à 25

3.4.3 Exigences appliquées au perméat

- Capacité quotidienne 2500 (5000) m³
- Teneur en sel ~350mg/l
- Valeur de pH 7 à 7,5
- Température 20°C
- Teneur en chlore ~1 à 2 mg/l

3.4.4 Prise en mer

La prise en mer directe est assurée par une pompe centrifuge ; débit minimal estimé à 231,5m³/j, diamètre 800mm, et de longueur de quatre kilomètres. Elle est immergée à une profondeur de six mètres.

3.5 Décanteur d'eau brute

Dans ce réservoir intermédiaire a lieu la pré-chloration, la coagulation-floculation et aussi la décantation. Le réservoir est en béton de dimension 7m x 3m x 4m.

3.6 Station de dosage des produits chimiques

Les stations de dosage se composent en principe d'un réservoir où on prépare les solutions des produits chimiques à injecter, avec jauge de niveau et une pompe de dosage magnétique comprenant un aspirateur.

3.7 Filtre multicouches

Dans le tableau suivant, les caractéristiques des filtres à gravier pour les stations.

Tableau 3: Caractéristiques techniques des filtres

Capacité (m ³ /j)	2500	5000
Nombre	4	6
Débit (m ³ /j)	231	462
Diamètre (m)	2,8	2,8
Hauteur (m)	3,6	3,6
Surface de filtration/réservoir (m ²)	~6,15	6,15
Surface total de filtration (m ²)	~24,6	36,9
Pression admissible (bar)	6	6
Température de service (°C)	20	20
Vitesse de filtration (m/s)	~9,4 (12,5 si 3 filtres en service)	12,5 (15 si 5 filtres en service)
Eau de rinçage à contre courant (m ³ /m ² h)	~25	~25
Air de rinçage à contre courant (m ³ /m ² h)	68	68
Couches filtrantes		
matériau	Sable	Sable

3.8 Tubes de pression

Au niveau de chaque unité, les tubes de pression présentent les caractéristiques résumées dans le tableau 4.3.

Tableau 4 : Caractéristiques des tubes de pression

Capacité (m ³ /j)	2500	5000
Nombre de tubes de pression	27 (+1 de réserve)	54 (+2 de réserve)
Nombre de membranes par tube de pression	7	7
Nombre d pompes HP	1	2
Matériau	Superduplex	Superduplex
Pression de service (bar)	73	73

3.9 Membranes

Les membranes utilisées au niveau de ces stations d'osmose inverse ont les caractéristiques techniques illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 5 : caractéristiques techniques des membranes

Capacité (m³/j)	2500	5000
Nombre de membranes	196	392
Membrane/ tube de pression	7	7
Fabricant/model	Hydranautics/SWC3	Hydranautics/SWC3
Nature de la membrane	Composite de polyamide	Composite de polyamide
Type	Enroulé	Enroulé
Dimension	0,2m x 1m	0,2m x 1m
Pression de service	75	75
Perte de pression max. sur 7 membranes	4,2	4,2
Température de service	~25	~25
Température max. pour le nettoyage	50	50
pH service	2-11	2-11
pH nettoyage	1-12	1-12
Taux de conversion	45%	45%
Diminution de flux de perméat annuelle	~7%	~7%
Fuite de sels annuelle	~10	~10

4. Réactifs

De ce qui précède, on déduit l'importance du prétraitement chimique (du prétraitement physique ainsi que le lavage des membranes d'osmose inverse). La longévité des membranes qui représente la grande partie de l'investissement dépend de l'efficacité de ce traitement. Le coût du prétraitement chimique vient en troisième position juste après le coût de l'énergie.

Le prix calculé par l'Algérienne Des Eaux d'Alger est estimé à 35,20 Da/m³ le pourcentage des réactifs représente 12%.

Le tableau suivant résume les coûts des réactifs utilisés au niveau des trois stations étudiés pendant les mois de mai à août d'après notre travail.

Tableau 6 : Résumé des coûts des réactifs.

Station	La Fontaine	Palm beach	Bou Ismail
Coût global Da/m ³	46,67	28,44	34,67
Pourcentage du coût des réactifs %	16	18,46	14

On remarque que les pourcentages des coûts des réactifs sont relativement importants et variables d'une station à l'autre.

Le coût du prétraitement chimique dépend des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer pompée au niveau des stations de dessalement. Les caractéristiques physico-chimiques des eaux marines fixent leur aptitude à être dessalées.

Conclusion

L'osmose inverse est très dépendante de la salinité mais aussi de la turbidité et des autres paramètres physico-chimiques de l'eau brute. Des études approfondies de tous ces facteurs d'influence sont nécessaires à fin d'évaluer avec précision la qualité des eaux pompées. Il faut donc mieux maîtriser le prétraitement chimique et trouver des concentrations standard adéquates dans le but de diminuer son coût.

Nous nous sommes intéressé aux stations de : Palm Beach, La Fontaine et Bou Ismail. Notre intérêt s'est porté sur l'évaluation du coût des produits chimiques utilisés au niveau de ces stations pendant quatre mois. Les coûts globaux variant entre 35 et 47 Da/m³, et pour le pourcentage des coûts de des réactifs oscille entre 14 et 18,5 % du coût global.

Le prix estimé par l'Algérienne Des Eaux d'Alger est de 35,20 Da/m³, Coût des réactifs est de 4,22Da/m³ et leur pourcentage représente 12% du prix global.

Les coûts des réactifs qui ressortent de notre travail sont plus élevés. Une étude approfondie des variations de la consommation des produits chimiques, s'appuyant sur l'étude des caractéristiques physico-chimiques, s'impose dans le but de réduire les frais. L'handicap majeur des stations de dessalement c'est qu'elles sont très coûteuses ; plus de 200 000 000 Da car les frais d'investissement sont énormes et aussi ceux d'exploitation. Le citoyen ne paye que 4Da/m³ !

Le dessalement peut permettre d'adapter l'offre à la demande en associant une politique globale de gestion de l'eau.

BIBLIOGRAPHIE :

- [1] **A.D.E** (Algérienne des eaux – Alger).
- [2]. **Maurel, A., 2002.** *Dessalement des eaux de mers et des eaux saumâtres*, Editions Lavoisier, Paris.
- [3]. **Mayet, J., 2002.** *Pratiques de l'eau*, Editions Lavoisier, Paris.
- [4]. **Montégat, G., 1983.** *Propriétés de l'eau de mer*, Editions Techniques de l'ingénieur, Paris.
- [5]. **Danis, P., 1983.** *Dessalement d'eau de mer*, Editions Techniques de l'ingénieur, Paris.
- [6]. **Degrémont., 1989.** *Mémento technique de l'eau*, Editions Lavoisier.