

Le Dessalement Solaire - Considérations Techniques

A. Sadi

Centre de Développement des Energies Renouvelables, B.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger

Résumé – *L'exploitation des eaux saumâtres en Algérie peut s'effectuer en associant les procédés de dessalement à une source d'énergie solaire, généralement thermique et photovoltaïque pour les procédés à distillation et à membranes respectivement. Les différentes expériences à travers le monde ont montré que ces procédés s'adaptent convenablement aux énergies renouvelables. Le CDER a entrepris une étude expérimentale sur site réel d'une petite unité de dessalement par osmose inverse alimentée par un générateur photovoltaïque. Ce type d'étude nécessite d'être encouragé afin de maîtriser davantage cette technologie.*

Abstract - *The saline water exploitation can be performed by associating desalination processes to solar energy sources. This can be done using thermal and photovoltaic systems to distillation and membrane processes respectively. The several experiments undertaken around the world have shown that these processes can adapt adequately to renewable energy sources. The CDER has performed an experimental study in a real site, it consists of the study of a small reverse osmosis unit fed by a photovoltaic generator. This kind of research work must be promoted in order to have a better understanding of this technology.*

Mots clés: Dessalement – Distillation – Membranes - Eaux salines, Energie solaire – Thermique - Photovoltaïque.

1. INTRODUCTION

Devant une crise d'eau certaine qui commence à se faire sentir à travers le monde, en plus des contraintes économiques pour un développement durable, des solutions appropriées nécessitent d'être élaborées afin de se préparer à faire face à ce défi qui menace l'existence même de l'homme. Notre pays qui dispose de ressources hydriques salines considérables et d'un gisement solaire tout aussi important, doit utiliser les techniques de dessalement, dont la fiabilité n'est plus à démontrer, en les associant à des sources d'énergies renouvelables. Cette solution constitue un moyen assez fiable pour produire de l'eau potable. Il faut cependant signaler que ce moyen reste économiquement fiable seulement pour des unités de petites capacités allant de quelques m³ à des dizaines (voire centaines) de m³ d'eau potable par jour. Il est important de signaler, que dans cette petite étude, nous considérons seulement ces types d'installations. Pour de grandes capacités, l'association des procédés de dessalement avec les énergies renouvelables nécessitent des coûts d'investissement élevés et la fiabilité de tels systèmes n'est pas toujours assurée.

Les procédés de dessalement se répartissent en deux grandes catégories; d'une part les procédés à distillation (qui nécessitent un changement de phase, évaporation/condensation) et d'autre part les procédés à membranes (filtration).

2. ASSOCIATION DES PROCÉDES A DISTILLATION AVEC L'ENERGIE SOLAIRE

Pour leur fonctionnement, les procédés à distillation nécessitent pour la grande part de l'énergie thermique pour assurer le chauffage de l'eau salée. Pour l'eau de mer, par exemple, 100 à 50 thermies par m³ d'eau produite suivant le rendement de l'installation. De plus cette énergie thermique doit être fournie à un niveau de température relativement faible, entre 120

et 60 °C suivant la technologie adoptée. La source de chaleur peut être fournie, dans la cas d'un accouplement solaire, par des capteurs solaires plans ou à concentration.

Les procédés les plus utilisés et qui sont susceptibles d'être accouplés à une source d'énergie solaire sont :

- La distillation solaire direct à effet de serre qui constitue un procédé proprement solaire.
- Les procédés à distillation classique tel le procédé à Multi-stage flash, à multiple-effets, à compression de vapeur.

2.1 La distillation solaire direct à effet de serre

Ce procédé consiste à chauffer de l'eau directement par le rayonnement solaire dans une enceinte fermée recouverte de vitrage. La vapeur produite, qui se condense sur le vitrage plus froid et légèrement incliné, est recueillie sous forme de condensât dans des gouttières. Le principe est très simple, fiable et ne nécessite aucun entretien. Mais son rendement est relativement faible, 4 à 5 litres/jours.m².

Ils existent cependant deux types de fabrications de distillateurs, ces derniers peuvent être construit soit :

- Sous forme de produit modulable, il s'agit généralement d'un bac (plastic, tôle, bois...) isolé inférieurement et recouvert d'un vitrage supérieurement. Plusieurs distillateurs peuvent être alimentés simultanément pour former une unité de distillation. Le nombre de distillateurs dépend de la capacité d'eau produite désirée. Ce modèle est utilisé seulement de très petites capacités, plusieurs dizaines de litres par jours. Il est pratique quand les besoins en eau distillée ne sont pas très importants (laboratoire d'analyse, parc auto ...).

Ils existent cependant plusieurs variantes, on peut citer le distillateur plan, en cascade, à mèche, à multiple effets, sphérique... etc.

- Quand les besoins sont plus importants, plusieurs centaines de litres/jour, les distillateurs sont construit en maçonnerie/béton sous de grands bassins vitrés. La surface dépend de la quantité d'eau distillée voulue. Un certain nombre d'applications sont effectuées généralement dans les zones rurales où les surfaces au sol sont disponibles.

L'analyse théorique est basée sur le bilan thermique du distillateur qui permet de déterminer son rendement en fonction des différents paramètres.

2.2 La distillation à détente successives ou multi-stage flash (MSF)

Ce procédé, généralement rentable seulement pour de grandes capacités de production (plusieurs centaines de milliers de m³), est très peu souple et nécessite une durée de mise en régime inadéquat pour une application solaire.

2.3 La distillation par compression de vapeur

C'est un procédé qui comporte une série d'évaporateurs, ses performances sont cependant améliorées en recyclant la vapeur issue du dernier effet (au niveau thermique le plus bas) en la comprimant pour ensuite l'utiliser comme vapeur de chauffe au premier effet. Ce procédé peut utiliser de l'énergie solaire comme source de chaleur, mais nécessite une énergie supplémentaire pour assurer la compression de vapeur. Celle-ci s'effectue soit avec un compresseur mécanique (compression mécanique) ou un éjecteur de vapeur (thermoccompression).

2.4 La distillation par multiple effets

Dans cette catégorie, on distingue deux de procédés : les uns utilisent des tubes verticaux, les autres des tubes horizontaux. L'avantage revient aux tubes horizontaux pour une puissance de pompage moindre et un coefficient global d'échange thermique plus important.

Ce procédé consiste à un ensemble d'effets successives où la vapeur produite dans un effet est utilisée pour chauffer l'eau de l'effet suivant en s'y condensant, l'apport thermique initial est fourni à l'effet de tête (bouilleur). De part sa simplicité et sa souplesse de fonctionnement, ce procédé est le mieux disposé à s'adapter à l'énergie solaire. Cette adaptation peut se faire :

- soit avec des capteurs solaires plans pour les petites unités allant jusqu'à plusieurs m³/jour.
- soit avec des capteurs à concentration pour des capacités plus importantes.

Un stockage thermique est souvent utilisé, sous forme de réserve d'eau chaude, pour permettre d'avoir une certaine autonomie de fonctionnement en régime permanent ou intermittent.

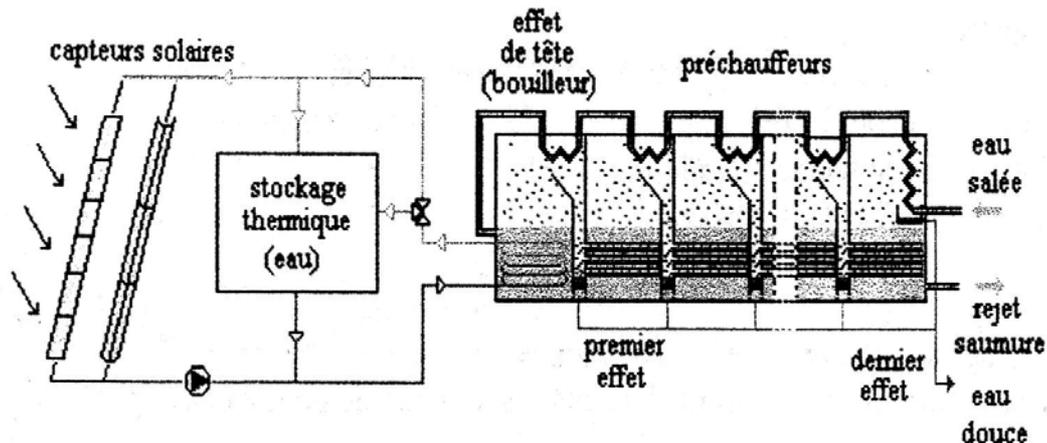


Fig. 1: Schéma d'une installation de dessalement par multiple-effets accouplés à des capteurs solaires

2.5 Paramètres de conception

- capacité de l'installation: choix du procédé, choix du type de capteurs, choix du mode de fonctionnement (intermittent ou permanent), l'utilisation ou non d'un système de stockage, idée sur la température de tête de fonctionnement...
- nature de l'eau à traiter: choix du prétraitement, taux de conversion et rapport de performance
- nombres d'effets: considérations technico-économiques
- nature et situation socio-économique du site: choix des matériaux, degré d'automatisme du système

3. LES PROCÉDES A MEMBRANES

Les principaux procédés à membranes utilisés dans le domaine du dessalement sont : l'électrodialyse et l'osmose inverse.

3.1 L'électrodialyse

Ce procédé nécessite, pour son fonctionnement, l'application d'un champ électrique entre une cathode et une anode pour permettre la migration des ions (positifs et négatifs) à travers les membranes. C'est un grand consommateur d'énergie, ce qui rend son application solaire possible, seulement pour les eaux saumâtres de très faible salinité.

3.2 L'osmose inverse

Le principe de ce procédé consiste à faire passer, sous l'effet d'une pression, de l'eau pure à travers une membrane semi-perméable qui a la caractéristique de retenir les sels dissous dans l'eau. Donc on a besoin de l'énergie nécessaire à alimenter une pompe haute pression, ce qui

peut être fournie de façon économique (pour les petites installations) par un générateur photovoltaïque ou un aérogénérateur. Un certain nombre d'installations sont en fonctionnement à travers le monde, et les résultats obtenus à travers les différentes études et expérimentations rendent son application très encourageante. Parmi ces applications, il est intéressant de présenter celle entreprise par le CDER sur un site réel du sud Algérien.

3.3 Etude expérimentale d'une unité de dessalement entreprise par le C.D.E.R.

Le CDER a entreprise une étude expérimentale d'une petite unité de dessalement d'eau saumâtre, qui produit de l'eau potable destinée aux besoins domestiques de quelques 800 habitants du petit village de Hassi-Khebi situé à 400 km au nord-est de la ville de Tindouf.

Caractéristiques du site

- Localité : Village de Hassi-Khebi, 1400 km sud-ouest d'Alger
- Irradiation solaire : 6071 Wh/jour minimum, 7510 Wh/jour maximum
- Qualité de l'eau : eau saumâtre, salinité: 3,5 g/l
- Energie conventionnelle : inexistante
- Latitude : 29°11, longitude : 5°21 ouest

L'ensemble de l'installation comprend 04 parties (Fig. 2) :

Un osmoseur constitué de plusieurs éléments : un système de prétraitement par filtration, une pompe haute pression, six modules des dessalement placés en série, un système de post-traitement et accessoires /appareils de mesure.

Un générateur photovoltaïque : 72 panneaux inclinés à 35° fournissant 2736 Wmax. Un système de régulation et stockage d'énergie : ce dernier est composé de 60 batteries ayant une capacité de 500 Ah sous une tension de 120 volts. Le système est conçu pour une autonomie de 3 jours sous un ciel couvert.

Système de stockage d'eau : il comprend 2 cuves de 8 m³ chacune; l'une pour l'eau saumâtre et l'autre pour l'eau potable.

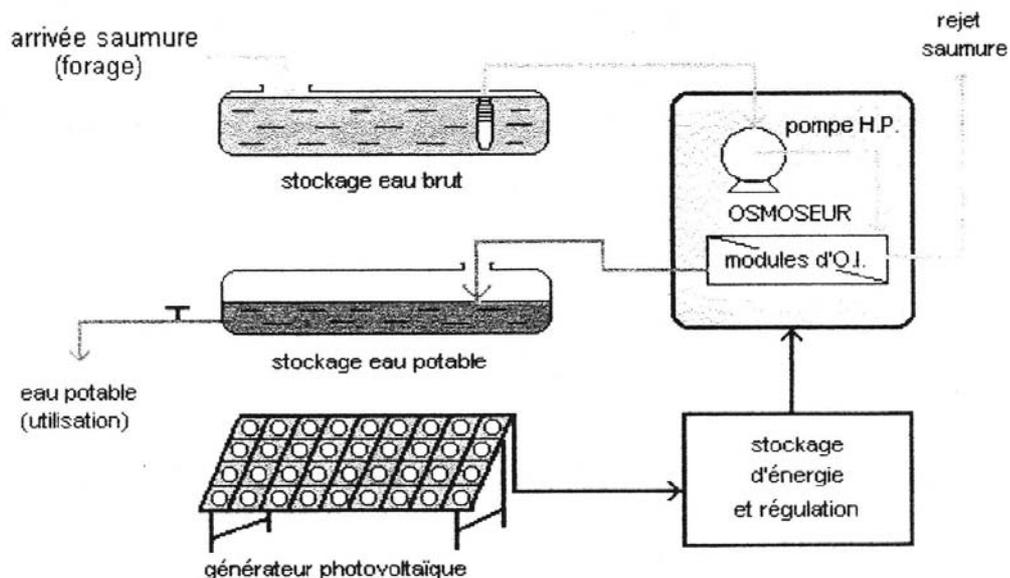


Fig. 2: Schéma de l'ensemble de l'installation de dessalement

Caractéristiques de l'installation

Débit d'eau d'alimentations :	2700 l/heure
Débit d'eau potable :	850 l/heure
Pression de fonctionnement:	12 bars
Puissance électrique requise :	107 kW
Tension d'alimentation :	110 à 134 volts
Mode de fonctionnement :	intermittent

Cette installation a fonctionné pendant plusieurs années par intermittence à raison de 3 heures par jour (ce qui suffisait les besoins journaliers des habitants). Pendant son expérimentation, l'osmoseur a connu plusieurs périodes d'arrêts (allant de 3 à 6 mois) causées généralement par mauvaise manipulation de la part de l'opérateur. La consommation énergétique de l'unité est représentée dans le graphe suivant (Fig. 3).

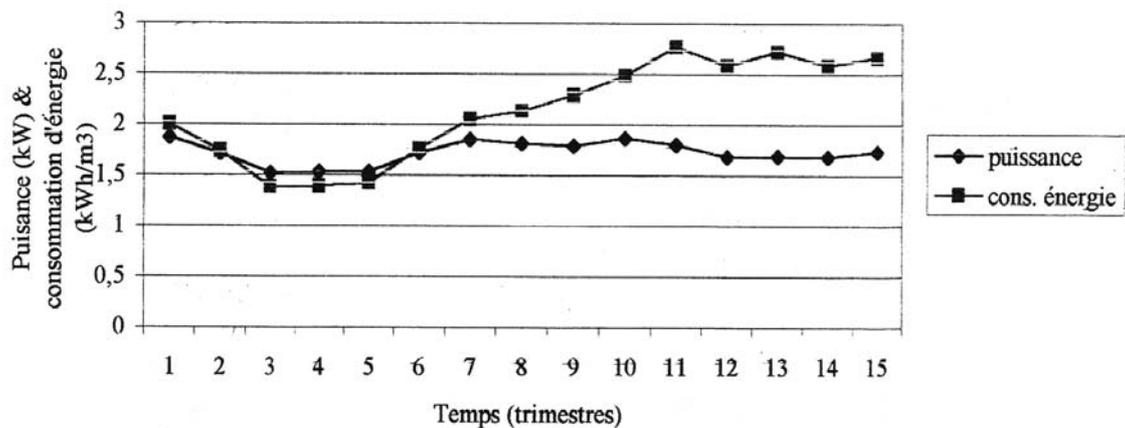


Fig. 3: Consommation d'énergie et puissance de l'unité

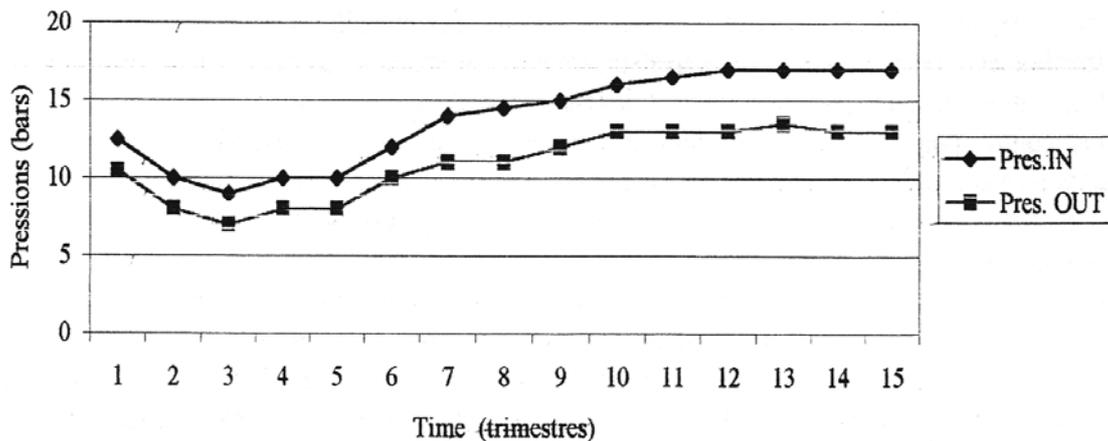


Fig. 4: Pressions d'entrée et de sortie des modules d'O.I.

Comme on peut le constater, une légère augmentation de la consommation d'énergie s'est produite avec le temps (Fig. 3). Ceci s'explique par le phénomène d'entartrage et de colmatage qui se produit sur la surface des membranes, et qui se traduit par une augmentation similaire des pressions de fonctionnement (Fig. 4).

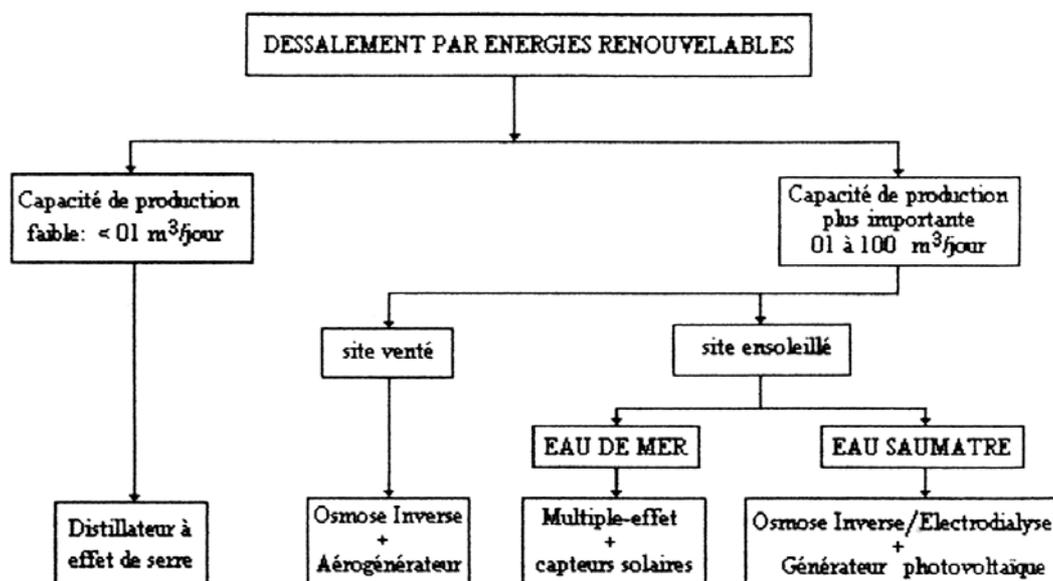
3.4 Paramètres de conception

- Besoins en eau : taille et configuration de l'unité
- Nature de l'eau : choix des membranes et de leur configuration, choix du type de prétraitement, taux de conversion
- Situation socio-économique du site : infrastructures, main d'oeuvre
- Données météorologiques du site (ensoleillement, vent...).

4. CONCLUSION

Les différentes applications à travers le monde ont montré que le dessalement solaire est beaucoup plus approprié pour les installations de petites capacités, et que leur champ d'application très vaste (à usage domestique, santé, industrie, tourisme..).

L'application du dessalement par les énergies renouvelables peut être résumée dans le tableau suivant qui indique deux catégories de capacité de production. Le choix du procédé dépend cependant de plusieurs paramètres.



Comme on peut le constater sur ce tableau, la capacité ne dépasse pas 100 m³/jour. Ce chiffre est à comparer à 100 000 m³/jour que produirait une installation classique par exemple. Il n'est pas question à l'heure actuelle de vouloir réaliser des installations de grandes capacités fonctionnant avec les énergies renouvelables pour deux raisons: le coût des investissements est trop important, d'une part, et la fiabilité de tels systèmes est à démontrer.

Par contre, pour les petites capacités de production, on peut envisager la production d'eau douce en accouplant les énergies renouvelables avec des procédés de dessalement.

Il est cependant très difficile de dire que tel ou tel procédé est meilleur. Chaque cas doit être considéré de façon particulière.

L'installation expérimentale en fonctionnement dans le village de Hassi-Khebi a donné entière satisfaction du point de vue technique. Cependant, son degré d'automatisme n'était pas compatible avec la qualité de main d'oeuvre disponible sur site. Une installation plus simple fonctionnant seulement en mode manuel aurait évité les périodes d'arrêts causées par les mauvaises manipulations de l'opérateur.

Il est important aussi d'encourager d'autres études expérimentales sur site, car ceux-ci permettront de prendre connaissance avec les problèmes liés au site. Pour cela, la conception des systèmes doit être simple et fiable, elle doit prendre en considération.

- Les conditions sociales et environnementales du sites
- La nature du milieu dans lequel va évoluer le système
- Les conditions de fonctionnement locales
- L'utilisation de matériaux locaux si possible.

REFERENCES

- A. Maurel, '*Energie Solaire et Dessalement de l'Eau de Mer*'.
- S. Domenech, B. Gros et M. Enjalbert, '*Couplage d'une Unité de Dessalement par Thermo-Compression avec des Capteurs Thek*'.
- W.T. Hanbury and T. Hodgkeis, '*Course in Desalination Technologie*'.
- F. Lauro, '*Les Procédés de Dessalement par Distillation*'.