

LE DESSALEMENT: CHOIX DES TECHNIQUES

Jean-Jacques LIBERT *

Chaque jour plus d'un million de mètres cubes d'eau douce sort des quelque sept cents usines de dessalement en fonctionnement dans le monde. C'est appréciable, mais cela ne représente qu'une partie infime de la consommation journalière d'eau sur la terre et surtout qu'une réponse encore bien faible aux besoins qui se manifestent dans les pays arides.

Il est toutefois intéressant de regarder la croissance excessivement rapide de l'industrie du dessalement depuis une dizaine d'années.

Un rapport de l'Office of Saline Water, (organisme gouvernemental américain chargé de promouvoir le dessalement des eaux), indique qu'il y avait en 1962 une capacité installée dans le monde de 80 000 m³/jour. En 1965, les experts des Nations Unies avaient recensé quatre-vingt-sept installations en service (de plus de 50 m³/jour de capacité), donnant une production totale de 95 000 m³/jour. De ce total sont exclus les appareils placés à bord des navires marchands et militaires qui peuvent avoir, comme dans le cas du France, de grosses capacités.

Le dernier rapport au Président des Etats-Unis de l'Office of Saline Water, indique qu'en 1970, près de sept cents usines d'une capacité égale ou supérieure à 100 m³/jour étaient en fonctionnement ou en construction dans le monde. Elles pourront délivrer aux habitants des villes, ou à l'industrie, près de 1 200 000 m³/jour. Ce même rapport prévoit que la production totale d'eau dessalée dans le monde devrait dépasser 3,5 millions de m³/jour vers 1975.

Par ailleurs, la capacité unitaire des lignes de dessalement est en croissance continue. De quelques centaines de mètres cubes par jour il y a dix ans, elle atteint 10 000 à 20 000 m³/jour actuellement. Le prochain objectif est 50 000 m³/jour. Le terme ligne désigne ici un appareil complet de dessalement. Une usine est souvent composée de plusieurs lignes en parallèle.

En fait, derrière le mot de « dessalement », qui a connu une vogue un peu excessive ces dernières années, existent une solide réalité industrielle et un marché en grande expansion.

Distillation

Les procédés sont nombreux et évolutifs. La distillation est toutefois de beaucoup le procédé le plus employé, dans plus de 90 % des cas. Le terme distillation recouvre, lui aussi, plusieurs techniques distinctes. Parmi celles-ci, l'une d'entre elles, celle par détente multiple (multi-flash) est la plus employée à l'heure actuelle : peut-être, dans plus de 95 % des usines de distillation.

● **Le principe même de la distillation** est simple et bien connu. Celle-ci aurait déjà été employée par des marins de la Grèce antique pour obtenir à bord des navires un peu d'eau douce à partir d'eau de mer.

Elle a été, certes, bien perfectionnée depuis, et est employée dans la marine depuis probablement près d'un siècle.

Si l'on peut citer quelques installations terrestres anciennes, comme celle qui fonctionna à Bakou au début du siècle pour fournir de l'eau de chaudière à partir de l'eau de la mer Caspienne, ce n'est que depuis une quinzaine d'années que leur nombre est devenu appréciable.

De grands progrès ont été faits ces dix dernières années qui tendent à diminuer l'énergie consommée, à diminuer l'investissement spécifique (coût du m³/jour installé) et assurer une longévité accrue aux installations.

Une technique encore peu employée pour le dessalement, bien qu'ancienne et très utilisée dans l'industrie chimique, la distillation à multiple effet par descente, inventée par Paul Kestner en France au début du siècle, devrait se révéler intéressante, soit employée seule, soit dans de grandes usines, couplée avec la technique de distillation par détente.

La compression de vapeur (à l'aide de compresseurs mécaniques ou d'éjecteurs) est une technique déjà très utilisée pour de petites unités. Elle pourrait aussi trouver son application aux grandes usines.

Parmi les questions techniques qui

demandent encore des études pour que l'on puisse augmenter le rendement, diminuer les coûts d'investissements et d'exploitation des usines, on peut citer : l'amélioration des transferts thermiques, les problèmes d'entartrage et de corrosion. L'eau de mer chaude est un milieu agressif qui oblige à l'emploi de matériaux coûteux. La formation de tartre limite la température maximale de fonctionnement des évaporateurs. La corrosion des métaux par l'eau de mer impose des programmes d'études souvent longs. L'emploi de béton pour la fabrication de grandes chambres de distillation fait l'objet d'expérimentation.

● **Le refroidissement de solutions salines** permet l'obtention de cristaux de glace dépourvus de sel. Le procédé est intéressant du point de vue thermodynamique, toutefois sa mise en pratique n'est pas très aisée. Développé d'abord en Israël et aux Etats-Unis, il a été, sinon abandonné, du moins délaissé par ces pays. Par contre, en Angleterre, la Commission de l'Energie Atomique s'y intéresse et indique qu'elle a obtenu des résultats très encourageants.

● **Les procédés à membranes**, nouveaux venus, font l'objet depuis une dizaine d'années d'un très gros effort d'application dans de nombreux pays. Ils consistent à séparer le sel de l'eau à l'aide de membranes à perméabilité sélective, soit en faisant passer le sel à travers des membranes échangeuses d'ions sous l'action d'un champ électrique (*électrodialyse*), soit en faisant passer l'eau pure à travers une membrane sous l'action de la pression (*osmose inverse*). L'électrodialyse, qui est le plus ancien des deux, est utilisée déjà à l'échelle industrielle depuis quelques années. L'osmose inverse commence à déboucher commercialement.

Ces deux procédés, quoique pouvant être utilisés avec de l'eau de mer de salinité atteignant trente-cinq grammes de sels dissous, ont sûrement un plus large champ d'application avec les eaux dites saumâtres (salinité de l'ordre de un à six grammes par litre). Ils ont par ailleurs des applications autres que le dessalement des eaux salines : industries chimiques et alimentaires et dépollution.

* Secrétaire de la Commission du Dessalement au Commissariat à l'Energie Atomique

Pas d'optimisme exagéré

Les tableaux I et II, extraits d'un rapport de MM. A. Maurel et P. Vignet, du Commissariat à l'Energie Atomique, donnent des coûts spécifiques (coût par m³/jour installé) d'usines de différentes tailles et utilisant différents procédés. Ils donnent également l'ordre de grandeur du coût de l'eau obtenue, calculé à l'aide d'hypothèses économiques particulières.

Il est évident qu'en faisant varier les conditions économiques (coût de l'énergie, durée d'amortissement, taux d'intérêts), on pourra obtenir des coûts d'eau différents, et également des coûts spécifiques d'investissement différents. En effet, si l'énergie est chère, on pourra avoir intérêt à construire une usine de rendement plus élevé, donc plus élaborée et plus coûteuse que dans le cas où l'énergie est bon marché.

Ces chiffres sont conservatifs, les auteurs du rapport craignant moins, à juste titre, d'être un peu trop pessimistes que de faire preuve d'un optimisme exagéré.

Par ailleurs, ils s'appuient sur l'état présent de techniques encore très évolutives. Tout le monde s'accorde à penser qu'une baisse très sensible sera obtenue d'ici la fin de la décennie présente, certaines techniques pouvant naturellement progresser plus vite que d'autres, certains procédés nouveaux pouvant apparaître.

Des efforts sont tentés pour rapprocher le coût de l'eau obtenue par dessalement de celui acceptable pour l'agriculture.

Disons, sans s'effrayer trop d'une assez grossière simplification, que le coût à la production de l'eau dessalée issue de grandes usines est voisin d'un franc par mètre cube, alors qu'un coût maximal possible de l'eau pour certaines cultures est de dix centimes le mètre cube. Pour rapprocher ces deux chiffres, deux voies sont suivies :

1) diminuer le coût de l'eau dessalée en perfectionnant la technique et en jouant sur l'effet de taille par la construction d'usines de plus en plus grosses ;

2) augmenter le prix acceptable de l'eau agricole par des méthodes de cul-

ture intensive utilisant le minimum d'eau possible.

On a ainsi conçu, (les études initiales étant dues à P. Mammond du centre nucléaire américain d'Oak Ridge), des installations géantes pouvant avoir une production d'eau douce de plusieurs millions de mètres cubes par jour, l'énergie nécessaire étant produite par des réacteurs nucléaires de très grande taille. Ces « usines » alimenteraient en eau et en électricité de véritables complexes agro-industriels à productions multiples.

Différents sites ont été étudiés et plusieurs projets ont été présentés. Ils n'ont pas encore débouché sur des réalisations concrètes. Les difficultés venant entre autre de l'investissement énorme qu'il faut mettre en œuvre.

Il ne me semble pas pour autant qu'il faille nier l'intérêt de tels projets dont la réalisation serait, somme toute, bien moins coûteuse et hasardeuse que quelques autres qui passionnent l'opinion. Toutefois des réalisations plus modestes que celles qui avaient été envisagées initialement constituent probablement une première étape obligatoire.

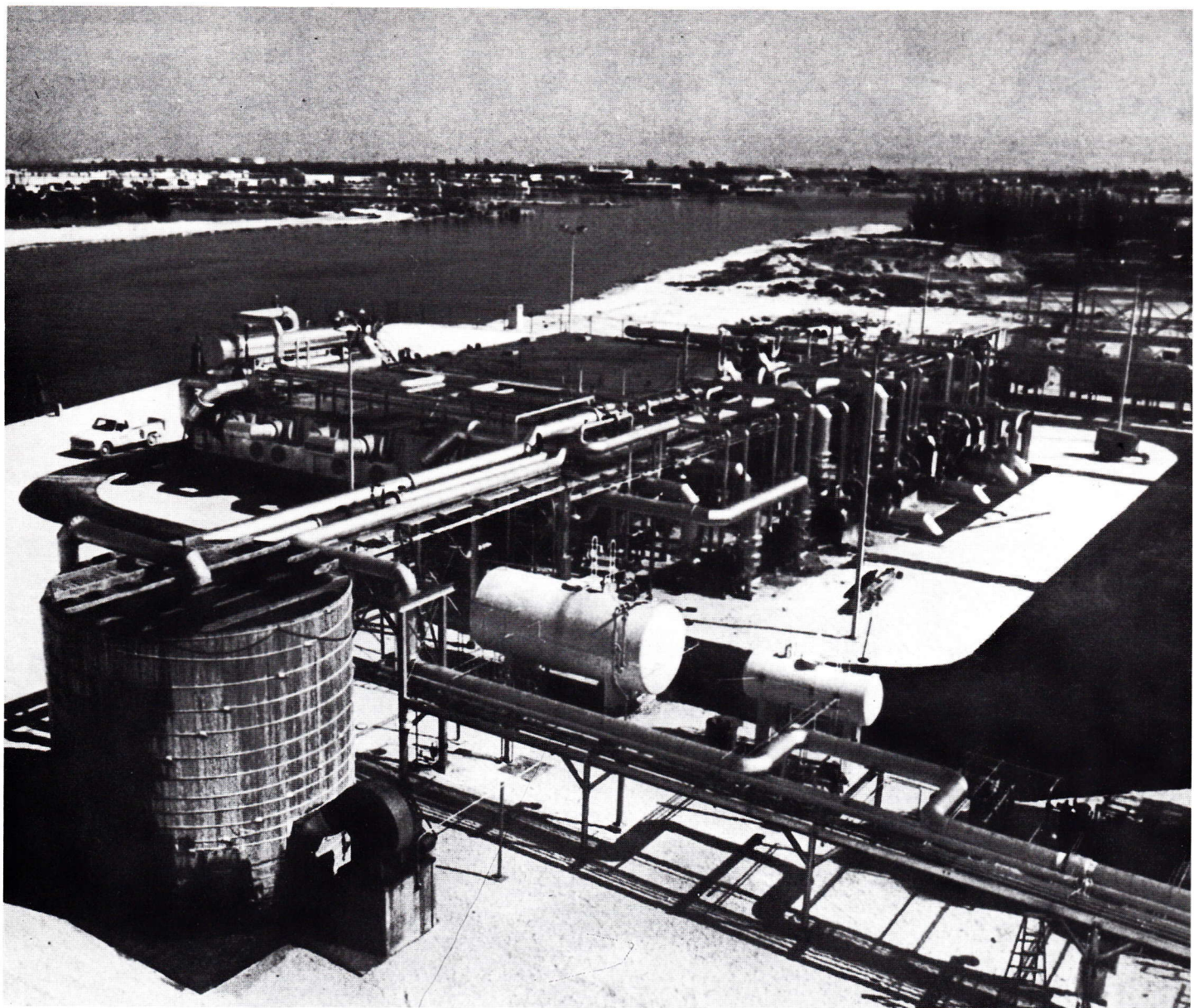
I — EAU DE MER A 35 g/l

PROCEDE	CAPACITE m ³ /jour	Investissements spécifiques Ordre de grandeur en F/m ³ /jour <i>y compris les « frais du client »</i>		Prix de revient du m ³ d'eau (F/m ³) Conditions économiques choisies arbitrairement, voisines du contexte français. Coûts très variables suivant les conditions économiques
		Rendement 3 à 5 %	Rendement 7 à 8 %	
Distillation	10	14 000		13
	100	6 000		5
	1 000		4 000	3,8
	10 000		1 800	2
	100 000		1 400	1,3
Osmose inverse	10	≤ 19 000		22
	100	≤ 12 000		15
	(1 étage)			
Electrodialyse	10	≤ 20 000		24
	100	≤ 15 000		17

II — EAU SAUMATRE A 35 g/l

PROCEDE	CAPACITE m ³ /jour	Investissements spécifiques Ordre de grandeur en F/m ³ /jour <i>y compris les « frais du client »</i>		Prix de revient du m ³ d'eau (F/m ³) Conditions économiques choisies arbitrairement, voisines du contexte français. Coûts très variables suivant les conditions économiques
Distillation	10		14 000	13
	100		6 000	5
Osmose inverse	10		≤ 10 000	≤ 11
	100		≤ 6 000	≤ 6
	1 000		≤ 3 000	≤ 3
Electrodialyse	10		< 7 000	≤ 6
	100		< 3 000	≤ 3
	1 000		< 2 000	≤ 2,4
	10 000		< 1 000	≤ 1,5

Remarque : pour les procédés à membranes, les coûts diminuent avec la salinité de l'eau à traiter et seraient inférieurs pour une eau à 2 g/l par exemple.



*Dans le monde,
plus de 7 000 usines de dessalement
fournissent déjà
1 200 000 m³ d'eau douce
par jour.*

Pétrole et tourisme

Si d'une manière générale l'eau douce obtenue par dessalement est encore bien trop coûteuse pour l'agriculture, son prix est déjà, comme le montre la croissance du marché, tout à fait adapté à certains usages urbains et industriels. La valorisation de régions arides par les possibilités qu'offre l'eau de dessalement est en cours sous deux formes principales :

- implantation de communautés humaines importantes pour la mise en valeur de ressources naturelles (pétrole, minerais...) comme cela se passe dans les pays arabes, en Union Soviétique à Chevtchenko, etc. ;

- développement touristique comme à Key West au sud de la Floride, dans les Caraïbes, aux Canaries, etc.

Les exemples sont trop nombreux pour être tous mentionnés.

Par ailleurs, des installations de distillation fonctionnent déjà dans des pays

industrialisés, disposant de ressources naturelles en eau appréciables, pour la déminéralisation d'eaux de rivières très chargées en sels par suite de pollutions. Le dessalement par distillation est, dans ce cas, plus avantageux que des traitements traditionnels tels que l'échange ionique.

L'application d'autres méthodes telles que l'osmose inverse et l'électrodialyse à ces problèmes particuliers fait l'objet d'études et de quelques applications.

Deux grandes usines ont été commandées récemment à l'industrie française. Celle du Koweït, la plus grande du monde, (5 lignes de 22 500 m³ par jour chacune) est construite par la Société Alstom. La Société SIDEM vient d'être chargée de la construction de celle du Qatar (2 lignes de 10 000 m³ par jour chacune).

La Compagnie Electro-Mécanique, qui s'est associée à Pont-à-Mousson pour former la Société SIDEM, avait déjà construit plusieurs usines dont celle de Nouakchott en Mauritanie (3 000 m³/

jour) qui fonctionne depuis plus de deux ans.

En France même, une petite installation de dessalement par osmose inverse, construite par la Société Degrémont, fournit de l'eau à la petite île de Cavallo au sud de la Corse. Une unité de même type de 50 m³/jour alimentera l'île d'Houat en Bretagne. Une installation d'électrodialyse, construite par le Commissariat, fonctionne sur eau de mer (10 m³/jour) et sur eau saumâtre (40 m³/jour) à l'île de Port-Cros depuis juillet 1969.

D'assez nombreuses sociétés s'intéressent au problème du dessalement, et effectuent des recherches souvent en liaison avec le Commissariat à l'Énergie Atomique dont les études sur ce sujet ont débuté en 1966. Celles-ci ont lieu dans ses différents centres d'études nucléaires et dans une station d'essai sur eau de mer, installée dans l'Arsenal de Toulon dans le cadre d'une collaboration avec la Direction Technique des Constructions Navales.

J.-J. L.