

Le dessalement nucléaire: expérience, besoins et perspectives

Aperçu des installations de démonstration et des études récentes

par A. Barak, Z.A. Kochetkov, M.J. Crijns et M. Khalid

Avec l'accroissement de la population mondiale qui, selon les prévisions, atteindra les 11 milliards en 2050, la pression sur les ressources d'eau ne fera qu'augmenter. D'énormes quantités d'eau sont nécessaires pour les usages domestiques, agricoles et industriels, en particulier dans les pays en développement qui connaissent déjà des pénuries. La demande d'eau est particulièrement pressante dans les pays producteurs de pétrole où d'importants investissements et de grands efforts sont faits pour stimuler l'industrialisation. Or, selon les prévisions, la région méditerranéenne connaîtra un déficit d'eau douce de quelque 10 millions de m³ par jour en l'an 2000.

De fait, une petite partie seulement des ressources mondiales d'eau peut être utilisée à l'état naturel. En général, les eaux de surface dont la salinité ne dépasse pas 500 parties par million (ppm) peuvent servir d'eau potable. En agriculture, l'eau d'une salinité de 500 à 1000 ppm peut servir à l'irrigation. Les eaux saumâtres (souterraines, superficielles ou usées d'une salinité supérieure à 1000 ppm) et l'eau de mer ne peuvent être utilisées telles quelles. Fort heureusement, il existe des moyens techniques de dessaler l'eau, notamment l'eau de mer, qui est une source pratiquement inépuisable.

Plusieurs procédés ont été mis au point, dont les plus prometteurs sont la distillation à faible température à plusieurs étages en configuration horizontale, la distillation par compression de vapeur et l'osmose inverse.

On construit actuellement de grandes installations qui consommeront beaucoup de chaleur, ce qui suppose une source de chaleur fiable, permanente et disponible. Pour le moment, c'est essentiellement au pétrole que l'on s'adresse, mais la hausse des prix du produit et la tendance à construire des usines de dessalement de grande capacité et grosses consommatrices d'énergie stimulent la recherche d'autres sources. Parmi les options à long terme envisagées figurent les centrales nucléaires. Ces centrales seraient mixtes et produiraient

de l'électricité pour le réseau et de la chaleur pour le dessalement à grande échelle.

De nombreuses usines classiques de dessalement sont en service dans le monde, mais l'expérience avec le dessalement nucléaire est plus limitée car il n'a fait ses preuves qu'en Union soviétique. Les possibilités techniques de réalisation ont cependant été étudiées ailleurs, à l'échelon national et à l'échelon international, au cours des dernières décennies, et l'AIEA y a contribué (voir l'encadré).

Nous passerons en revue l'expérience de l'URSS en matière de dessalement nucléaire, ainsi qu'un projet commun des Etats-Unis et d'Israël et de récentes études faites aux Etats-Unis, au Japon et en République fédérale d'Allemagne.

Etudes et rapports techniques

L'AIEA étudie la faisabilité du dessalement nucléaire depuis les années 60. Plus récemment, l'intérêt que les Etats Membres portent à cette technologie a été ravivé par une résolution que la Conférence générale de l'AIEA a adoptée en 1989. Présentée par les Etats arabes, cette résolution souligne qu'il existe effectivement des pénuries d'eau au niveau national et au niveau régional et que les besoins d'eau potable ne font que croître, et demande entre autres à l'Agence un rapport sur l'étude du dessalement et sur la contribution qu'il pourrait apporter à la solution de ces problèmes. Une étude technique est en cours et sera présentée à la Conférence générale de l'AIEA en septembre 1990.

Par ailleurs, l'AIEA a déjà publié plusieurs ouvrages techniques concernant cette technologie:

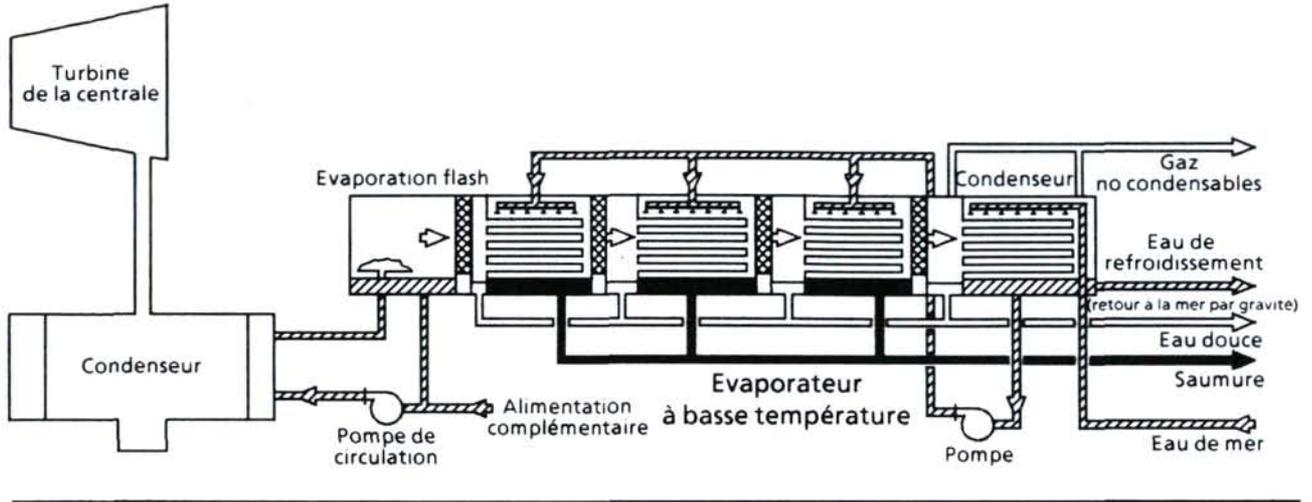
- *Dessalement de l'eau au moyen d'énergies classiques et d'énergie atomique*, Collection Rapports techniques n° 24 (1964);

- *Guide to the Costing of Water from Nuclear Desalination Plants*, Collection Rapports techniques n° 80 (1967 et 1973);

- *Heat Utilization from Nuclear Reactors for Desalting of Sea Water*, IAEA-TECDOC-206 (1978).

M. Barak est membre du Secrétariat de la Commission de l'énergie atomique d'Israël; M. Kochetkov travaille à l'Institut soviétique d'études et réalisations en ingénierie énergétique; M. Crijns et M. Khalid sont membres de la Division de l'énergie d'origine nucléaire de l'AIEA.

Schéma de la batterie de distillation de l'usine d'Ashdod, en Israël



Expérience de l'Union soviétique

Un grand complexe nucléo-énergétique à fins multiples a été construit à Chevchenko pour alimenter la population et les industries locales en eau, en électricité et en énergie thermique. Le complexe comprend le réacteur surgénérateur rapide BN-350, trois centrales thermiques et une usine de dessalement par distillation, complétée par des unités de production d'eau potable à partir de l'eau de mer dessalée*. Plusieurs techniques de dessalement ont été étudiées: évaporation en configuration verticale, distillation flash à plusieurs étages, électrodialyse et échange ionique.

Le réacteur surgénérateur rapide a été choisi comme principale source d'énergie pour ce complexe. Une source au gaz naturel lui est adjointe. Les deux installations se partagent le même groupe de turbines et, ce qui est particulièrement important, le même système de préparation de l'eau d'alimentation.

Le régime d'exploitation des eaux est extrêmement compliqué. La vapeur produite alimente les turbo-alternateurs, les batteries de dessalement de l'eau de mer, et sert à divers usages industriels. Le distillat sert à produire l'eau potable, l'eau industrielle et l'eau de chauffage et à compenser les pertes non récupérables d'eau d'alimentation.

* Les textes techniques russes ci-après ont été consultés pour cette partie de l'article «Obzor razvitiya bystrykh reaktorov v SSSR» (Etude et réalisation du réacteur rapide en URSS), par L.A. Kochetkov et Yu.E. Bagdasarov, compte rendu d'un colloque réuni à Bologne, AIEA, Vienne (1978); «Itogi desyatiletnej ehkspluatatsii BN-350» (Dix ans d'exploitation du BN-350), par D.C. Yurchenko et coll., *Atomnaya ehnergiya* 55 (1983); «Osnovnye itogi ehkspluatatsii opytno-promyshlennyykh AEhS s bystryimi reaktorami BN-350 i BN-600» (Principaux résultats de l'exploitation d'installations pilotes équipées de réacteurs BN-350 et BN-600), par L.A. Kochetkov, compte rendu d'un colloque réuni à Lyon, AIEA, Vienne (1986); et «Vodno-khimicheskij rezhim ehnergeticheskogo kompleksa s bystryim reaktorom» (La chimie de l'eau dans une centrale électrique équipée d'un réacteur rapide), par R.N. Musikhin et coll., *Atomnaya ehnergiya* 55 (1983).

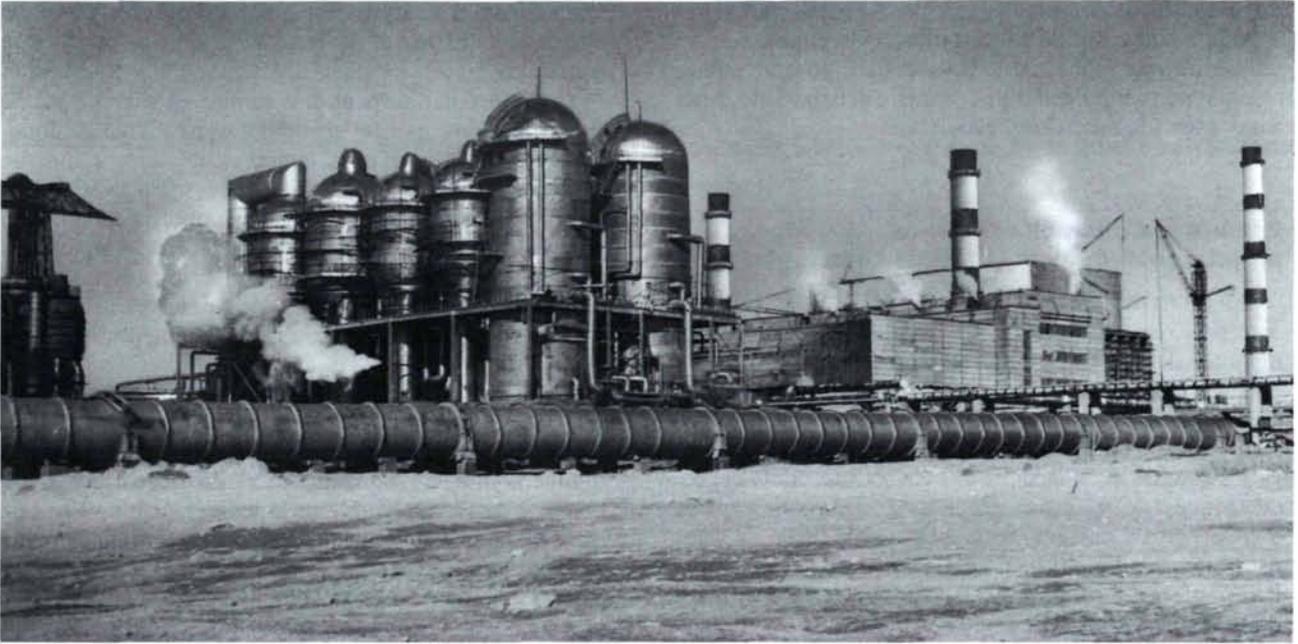
Le réacteur, la section des turbo-alternateurs et l'installation de dessalement constituent un complexe composé d'éléments mutuellement complémentaires, qui présente un certain nombre d'avantages évidents.

L'installation qui utilise de la vapeur à basse pression et à basse température, c'est-à-dire la batterie d'évaporation, permet de stabiliser l'extraction de chaleur: en hiver, le complexe assure le chauffage urbain tandis qu'en été la plupart de la chaleur sert au dessalement. Du fait que l'extraction de chaleur varie peu, la chaleur spécifique nécessaire à la production d'électricité est réduite.

La batterie de dessalement qui alimente la centrale et le réacteur en eau douce de grande pureté permet de réduire considérablement les frais d'équipement et d'exploitation pour le traitement de l'eau d'alimentation des générateurs de vapeur. Cette caractéristique est particulièrement intéressante pour un système de production d'eau chaude et de chaleur car elle évite l'entartrage des chaudières et réduit la quantité de chaleur nécessaire par unité de distillat (le distillat chaud est introduit dans le circuit chauffant).

En outre, les quantités importantes d'eau dessalée produites permettent d'en livrer une partie aux industries locales pour leurs besoins techniques, ce qui leur épargne l'installation de leurs propres unités de dessalement. Par ailleurs, il n'est pas nécessaire que les utilisateurs de vapeur industrielle renvoient le condensat à la centrale.

Le réacteur rapide BN-350 et ses générateurs de vapeur sont entrés en service en 1973. En Union soviétique, c'était le premier grand réacteur surgénérateur rapide à fins multiples conçu à la fois pour des essais, des expériences et des applications industrielles. Ce réacteur de 150 MWe a été prévu pour une production de 120 000 m³ de distillat par jour. Lors de son entrée en service, il était la principale source d'eau dessalée de la région, assurant environ 80% des besoins. Il produisait également jusqu'à 25% de l'énergie élec-



Centrale nucléaire de Chevtchenko, en URSS.

trique consommée dans la région. Ainsi, ce réacteur assumait dès le départ la lourde responsabilité de l'approvisionnement nécessaire à la vie normale de la population et des industries de la région.

La régularité de fonctionnement de cet ensemble dépend de plusieurs facteurs et en particulier de la fiabilité du réacteur et de ses générateurs de vapeur. Dans les débuts, ces derniers ont été le tendon d'Achille de la centrale. Au cours des six premiers mois d'exploitation, cinq des six générateurs sont tombés en panne. Les causes de ces défaillances et leur réparation ont fait l'objet de rapports assez détaillés. Des erreurs commises en usine lors de la fabrication de la pièce terminale de fixation des tubulures ainsi que des soudures défectueuses (de ce composant et des tubes) ont été la cause de fuites d'eau dans la phase sodium des générateurs de vapeur. La réparation a été faite sur place sans démonter les évaporateurs; elle était terminée en 1975.

L'exploitation du réacteur a également été perturbée par la rupture des gaines de nombreux éléments combustibles. La raison en était que l'espace prévu entre le gainage et le combustible était insuffisant pour la quantité de produits de fission gazeux dégagés, d'où une pression excessive sous la gaine et une augmentation des contraintes aboutissant à la rupture. Une meilleure conception des éléments combustibles a pratiquement éliminé ce risque et a permis d'atteindre un taux de combustion supérieur à la valeur nominale. De même, le fonctionnement des générateurs de vapeur a pu finalement être stabilisé, mais au prix d'une réduction de puissance du réacteur de 1000 à 750 MWt.

Au début, les concepteurs et les opérateurs ont eu beaucoup de problèmes avec les circuits d'eau. L'eau d'alimentation provenant de la distillation s'est trouvée contaminée par des produits de corrosion et, à l'occasion d'accidents, également par des sels d'eau de mer; pour y remédier, l'eau d'alimentation a été soumise à une épuration complémentaire dans la centrale au gaz, par

des filtres mécaniques et à couches mixtes. Dans les premiers temps, la qualité du distillat et de l'eau d'alimentation laissait néanmoins à désirer. Des améliorations ont été apportées à l'installation de dessalement, et une unité de dessalement chimique a été ajoutée pour purifier le distillat qui alimente les générateurs de vapeur du réacteur.

Pour optimiser les caractéristiques techniques de l'installation de dessalement, des expériences ont été faites avec plusieurs variantes des procédés.

Un procédé d'ensemencement conçu en Union soviétique et bien au point est utilisé dans toutes ces installations de dessalement pour prévenir la formation de tartre. Une fine mouture de chaux naturelle est injectée en une seule fois dans le circuit au moment du démarrage et remise par la suite dans le circuit après passage dans un épurateur (cuve de décantation) et dans une pompe centrifuge.

Cette méthode d'ensemencement avec des cristaux de chaux permet d'éviter l'entartrage d'une batterie verticale d'évaporateurs à dix étages pendant une année de fonctionnement continu. Le taux linéaire de formation de tartre sur les surfaces chauffantes diffère d'un étage à l'autre : 0,6 à 0,8 mm/an pour le premier étage; 0,3 à 0,4 mm/an pour le deuxième; 0,2 à 0,3 mm/an pour le troisième; 0,1 à 0,2 mm/an pour le quatrième et 0,05 mm/an pour les suivants. La batterie de 10 étages permet d'obtenir un distillat de très haute qualité.

Ce distillat est ensuite converti en eau potable répondant aux normes exigées par la réglementation soviétique (GOST 2874-82). Il revient à environ 50 kopeks/m³.

En résumé, l'installation de Chevtchenko a permis de réunir une volumineuse et précieuse documentation technique et d'acquérir une expérience pratique de la production d'eau de haute qualité. Si l'on exploitait judicieusement cette expérience au profit des futurs projets de dessalement et de production d'eau potable

«artificielle», les problèmes que pose l'amélioration des conditions de vie et de confort dans les régions arides et semi-arides du globe, tel le Kazakhstan, pourraient être résolus, non seulement d'une manière satisfaisante, mais aussi dans les meilleurs délais.

Expérience d'Israël: projet commun avec les Etats-Unis

Au début des années 80, Israël et les Etats-Unis ont entrepris en coopération la réalisation de grands modules de distillation à faible température à plusieurs étages en configuration horizontale. Une installation conçue pour s'intégrer dans le circuit d'un réacteur à eau légère a été construite à Ashdod, en Israël.

Le nombre et la capacité des étages successifs ont été déterminés de manière que l'installation soit capable d'absorber la chaleur résiduelle de la centrale sans nécessité d'une modification compliquée et onéreuse au niveau de la turbine à vapeur nucléaire. Le système d'alimentation en chaleur de l'évaporateur par la centrale (classique) simule le raccordement prévu à une centrale nucléaire mixte, grâce à un dispositif inverseur de pression qui empêchera toute fuite du circuit de vapeur du réacteur vers l'installation de dessalement. Le système consiste à condenser la vapeur qui sort de la turbine dans un condenseur à coque et à faisceaux de tubes, à environ 65°C. De l'eau de mer concentrée à 5,7% de solides dissous est utilisée comme réfrigérant (55,5°C à l'entrée, 62°C à la sortie). Cette eau de refroidissement passe ensuite dans l'évaporateur où elle abandonne de la chaleur en s'évaporant partiellement. Dans le condenseur, elle circule à une pression supérieure à celle de la vapeur de sorte qu'en cas de fuite cette dernière ne peut pas pénétrer dans le circuit de dessalement. Le module a la taille maximale pour ce genre d'évaporateur. Avec une centrale nucléaire de grande puissance, plusieurs modules seront montés en parallèle.

Ce type d'évaporateur, d'un débit de 725 m³/heure, a été raccordé en 1982 à une centrale au mazout de 50 MW produisant environ 120 tonnes de vapeur à l'heure. L'installation a démarré en 1983. Après une brève période de mise en route, elle a fonctionné dans de bonnes conditions pendant un an. Elle a ensuite été mise à l'arrêt lorsqu'on eut obtenu suffisamment de données d'exploitation, et aussi à cause des prix trop élevés du pétrole.

Elle n'a donné lieu à aucune difficulté en ce qui concerne la commande, la régularité de fonctionnement, le démarrage et l'arrêt, ni lors des modulations en fonction de la charge ou du passage du mode d'exploitation mixte au mode électrogène pur. En toute circonstance, le régime est demeuré stable. La montée en régime d'exploitation normale, à partir du démarrage à froid avec évaporateur vide à la pression atmosphérique, a demandé entre trois heures et trois heures et demie. Après un bref arrêt dû à une panne (et sous réserve que la dépression se maintienne), la remise en route dure 30 minutes. Le temps d'arrêt nécessaire au refroidissement progressif de l'unité électrogène était d'environ 20 minutes. Le changement de mode d'exploitation, dans un sens ou dans l'autre, s'est avéré simple et s'est fait en 15 minutes environ. De même, la modulation en

fonction de la charge s'est bien opérée sans poser de problèmes, entre 35% et 110% de la production nominale.

Cette installation peut être remise en marche même après plusieurs mois d'arrêt; il lui est arrivé de fonctionner pendant quelques heures seulement, à titre de démonstration en présence de visiteurs. En 1986, elle a fonctionné trois mois sans interruption pendant une période de grande sécheresse. La première année, les arrêts non prévus ont totalisé 749 heures et les arrêts prévus 2665. On pense que, dans des conditions normales, la disponibilité du couple dessalement-turbine est au moins de 88%.

Au début, la qualité de l'eau produite était acceptable (280 ppm) mais inférieure à la qualité nominale prévue. Depuis lors, la salinité se situe entre 40 et 80 ppm, en régime nominal. La quantité produite a dépassé le débit nominal de l'installation, vu la température de l'eau de mer. Lorsque celle-ci dépasse la valeur nominale prévue de plus de 4°C, la production descend à 92%.

L'installation d'Ashdod emploie 14 personnes. Dans une installation normalement exploitée, l'effectif nécessaire sera moindre car, à Ashdod, de nombreuses opérations, dont l'acquisition de données, étaient des «premières».

Le condenseur de la turbine est resté plus propre qu'en mode électrogène simple. Le dépôt de tartre sur les surfaces chaudes a été très lent (0,1 mm en un an). Aucun dépôt et aucune corrosion n'ont été constatés sur les surfaces froides.

Etudes récentes

Californie du Sud. La compagnie des eaux Metropolitan Water District of Southern California, en collaboration avec le Département de l'énergie des Etats-Unis, a étudié les possibilités techniques et économiques d'utiliser la chaleur nucléaire pour le dessalement de l'eau de mer. Un rapport final établi par la General Atomics Company a été publié en décembre 1988*. Pour cette étude, le choix s'est porté sur le réacteur modulaire à haute température refroidi par gaz, et sur le procédé de dessalement par distillation à faible température à plusieurs étages en configuration horizontale.

Ce type de réacteur a été choisi pour sa petite taille et sa conception modulaire mieux adaptées au dessalement que les modèles courants de réacteur refroidi à l'eau, et aussi parce que la production d'électricité est moins affectée par l'exploitation en régime mixte. En outre, ce réacteur peut être construit à proximité des réseaux de distribution d'eau, du fait de ses caractéristiques de sûreté intrinsèque passive et des dimensions réduites des modules.

Pour le dessalement, trois procédés industriels confirmés ont été comparés: la distillation flash à plusieurs étages, l'évaporation en configuration verticale et la distillation à faible température en configuration horizontale.

* MHTGR Desalination for Southern California, GA-A19476, General Atomics Co., San Diego, CA (décembre 1988).

La formule adoptée comportait quatre modules de réacteur de 350 MWt, deux groupes de turbo-alternateurs à vapeur de 273 MWe et une batterie de distillation de huit éléments d'une capacité de 50 000 m³/jour chacun. La production électrique nette de l'installation était d'environ 460 MWe et la production nette d'eau d'environ 400 000 m³/jour. Les coûts uniformisés de l'eau produite se situent entre 0,44 et 0,49 dollar/m³ selon les hypothèses retenues.

République fédérale d'Allemagne. Howaldtswerke Deutsche Werft AG et Interatom GmbH ont récemment fait l'étude technico-économique d'une installation qui comporterait un réacteur modulaire à haute température refroidi par un gaz monté sur péniche et une unité de dessalement utilisant le procédé par osmose inverse*. Le réacteur, du type à lit de boulets et refroidi à l'hélium, peut produire entre 400 MWt (avec deux modules) et 1600 MWt (avec huit modules).

L'installation mixte étudiée comporterait deux modules de réacteur pouvant produire 152 MWe et 100 000 m³/jour d'eau dessalée à 450 ppm (total des solides dissous). L'installation ne consommerait sur place que 30 MWe, de sorte que 122 MWe resteraient disponibles pour d'autres consommateurs.

L'étude a été faite sur la base de la salinité de l'eau du golfe Persique. L'eau à traiter est d'abord chauffée à 38°C dans le condenseur. Après un prétraitement, elle passe dans le premier étage d'osmose inverse (qui comporte 45 batteries de 40 modules chacune), d'où elle sort avec une salinité réduite à 1470 ppm, pour passer ensuite dans le deuxième étage qui comporte neuf batteries de 60 modules chacune. A la sortie de cet étage, la salinité n'est plus que de 190 ppm. Cette eau est alors mélangée à celle qui sort du premier étage pour obtenir une salinité finale de 450 ppm. Le prétraitement exige un total de 5500 tonnes de produits chimiques par an, auquel s'ajoute un complément de 250 tonnes pour le nettoyage des deux étages (de quatre à six fois par an).

Le prix de revient de l'eau potable dépend du rapport de production électricité/eau potable. Si le mode d'exploitation donne la préférence à l'électricité (avec production d'eau potable pendant les périodes de faible demande d'électricité), le prix de revient de l'eau se situe entre 3,81 et 4,69 DM/m³. L'installation est censée fonctionner 8000 heures par an.

Japon. L'Institut central de recherche des producteurs d'électricité du Japon a entrepris une étude visant à prévenir la désertification**. Cette étude peut valoir pour la production industrielle d'eau potable à partir d'eau de mer.

Le projet étudié consiste à associer un réacteur surgénérateur à métal liquide et une installation de dessalement par osmose inverse d'une capacité de 300 000 m³/jour d'eau douce. Le réacteur est du type modulaire et d'une puissance thermique de 125 MW; l'avant-projet de ce réacteur se caractérise par ses dimensions réduites, sa sûreté et sa simplicité, d'où sa

désignation «4S» (super-safe, small and simple). Le cœur est formé d'assemblages sans canaux composés d'aiguilles de combustible métallique, et conçu pour une durée utile de dix ans sans rechargement.

Le procédé par osmose inverse a été choisi pour sa faible consommation d'énergie, sa simplicité d'exploitation, sa maintenance réduite, son démarrage rapide et sa facilité d'exploitation partielle. D'après cette étude, la consommation d'énergie est d'environ 4,1 kWh/m³ d'eau produite, compte non tenu de l'énergie consommée par les pompes de circulation du produit.

Besoins et perspectives dans les pays en développement

Dans ces pays, où les besoins sont urgents et les ressources insuffisantes, l'application des techniques de dessalement et de production nucléo-énergétique pose des problèmes. Ces technologies exigent de gros investissements, sont d'une grande complexité et ne sont vraiment rentables qu'à grande échelle.

Aussi les pays en développement où il y a pénurie d'eau potable doivent-ils d'abord envisager d'autres solutions avant de penser à dessaler l'eau de mer en grande quantité, par exemple: 1) exploiter toutes leurs ressources d'eau naturelle à moins que l'adduction ne doive se faire sur de longues distances, ce qui implique aussi de grosses dépenses; 2) récupérer au maximum les eaux usées pour l'irrigation et d'autres usages; 3) dessaler les eaux saumâtres disponibles, dont la salinité est inférieure à celle de l'eau de mer, par osmose inverse ou électrodialyse.

Ces opérations sont moins onéreuses que le dessalement de l'eau de mer, mais ne permettent d'obtenir que des quantités d'eau limitées. S'il en faut davantage, et que l'eau de mer est accessible, il y a intérêt à passer progressivement au dessalement, avec des installations équipées à cette seule fin. Ainsi, l'expérience et l'infrastructure nécessaires à cette technique se développeront et faciliteront l'adoption éventuelle du nucléaire dans l'avenir. Cela dit, les premières tranches nucléaires ne devraient produire que de l'électricité afin que l'infrastructure et l'expérience correspondante puissent aussi se développer. Par la suite, les centrales nucléaires pourront être exploitées à double fin.

Deux solutions peuvent alors être envisagées: la première consiste à faire construire sans plus attendre une centrale nucléaire de dessalement (vraisemblablement pour produire aussi de l'électricité) livrée clés en main ou encore sous contrat de construction-exploitation, c'est-à-dire que le fournisseur assume l'entière responsabilité de la construction, de l'exploitation et de la maintenance pendant une période déterminée, le client se contentant de payer l'eau produite.

L'autre solution consiste à étudier et à construire une centrale nucléaire destinée essentiellement à la production d'électricité mais comportant le minimum de caractéristiques nécessaires à sa conversion éventuelle en installation mixte (par exemple, aménagement du site, choix des turbines, etc.). Les dépenses supplémentaires se chiffreraient en millions de dollars, mais il serait possible, quelques années plus tard, de raccorder la centrale à une unité de dessalement.

* «Autarke Barge-Montierte Energiestation mit Hochtemperaturreaktor-Module», Howaldtswerke Deutsche Werft AG et Interatom GmbH (juillet 1985).

** «Use of Super-Safe, Small and Simple Liquid-Metal Reactors (LMRs) to create Green Belts in Desertification Areas», par S. Hattori et N. Handa, *Trans. ANS*, vol. 60 (1989).

Pays producteurs de pétrole du Moyen-Orient

Ces pays ont mis en place une infrastructure adaptée au dessalement et ont acquis une grande expérience. De plus, ils ont des revenus suffisants pour développer leurs installations. Le seul inconvénient serait éventuellement le manque d'infrastructure pour le nucléaire.

Les besoins d'eau de ces pays sont importants et urgents, ce qui explique pourquoi de nombreuses installations de dessalement sont déjà en place; au début de 1988, elles représentaient environ 65% de toute la capacité de dessalement installée dans le monde entier ($7,9 \times 10^6$ sur 12×10^6 m³/jour) et utilisaient pour la plupart les procédés par distillation flash à plusieurs étages et par osmose inverse.

Or, les besoins vont évidemment augmenter en fonction de l'accroissement démographique qui, dans ces pays, est très rapide, se situant entre 2,5% et 5% par an environ (comparé à 0,17% aux Etats-Unis et à 1,7% en moyenne dans le monde). Nombre d'usines de dessalement en service seront remplacées au cours de la prochaine décennie et au-delà par des installations plus perfectionnées. Au cours des dix prochaines années, cette transformation exigera des investissements de quelque 10 milliards de dollars pour l'approvisionnement en eau et de milliards supplémentaires pour la production de l'énergie nécessaire.

La grande question est de savoir à quelle source d'énergie primaire s'adresser pour alimenter les usines de dessalement. Les deux options les plus intéressantes sont l'énergie d'origine nucléaire et le pétrole.

Du point de vue économique, les pays producteurs de pétrole sont plus motivés en faveur du pétrole que d'autres pays. Toutefois, les aspects environnementaux, sociaux et psychologiques du problème entrent aussi en ligne de compte. Une des solutions consiste à recourir à

la même source d'énergie que celle qui est utilisée de préférence pour la production d'électricité en régime de base. Les arguments pour et contre le nucléaire comparé au pétrole sont pratiquement identiques, qu'il s'agisse de la production d'électricité ou du dessalement.

Conclusions

● La longue expérience d'exploitation acquise depuis 1973 à Chevtchenko (URSS) avec un réacteur surgénérateur rapide utilisé pour le dessalement de l'eau de mer a fait la preuve de la faisabilité technique et économique du dessalement nucléaire dans cette région.

● L'attrait du dessalement nucléaire par rapport aux options classiques sont la stabilité à longue échéance des prix du combustible en regard des augmentations continues des prix des combustibles fossiles, les avantages économiques dus à un facteur d'utilisation élevé, et un minimum d'impact sur l'environnement.

● Vu l'évolution et les perfectionnements techniques apportés aux divers procédés de dessalement au cours des années 80, il semble qu'il ne se pose aucun problème technique particulier si ces installations de technologie avancée sont associées à des centrales nucléaires.

● Les études poussées récemment faites aux Etats-Unis, en République fédérale d'Allemagne et au Japon ont montré le potentiel technique et économique du dessalement nucléaire, avec cette réserve, cependant, que pour certaines applications, notamment l'irrigation, l'eau dessalée est encore trop chère. L'avenir du dessalement nucléaire est difficile à prédire surtout parce que la décision finale obéit à des considérations et à des politiques gouvernementales étrangères aux possibilités techniques et économiques de l'option considérée.