

L'énergie nucléaire et le dessalement de l'eau de mer: le point sur la question

*Les études patronnées par l'AIEA proposent diverses formules
et options de production d'eau douce*

par
Jürgen Kupitz

Sur notre planète, les ressources d'eau potable sont largement supérieures à la demande, mais elles sont inégalement réparties. Dans certaines régions, l'eau est rare et l'approvisionnement de la population est déjà insuffisant. Les mers et les océans en sont une source pratiquement inépuisable, et là où ils sont accessibles, ils peuvent contribuer à la solution du problème de la pénurie croissante, mais le dessalement, comme toute opération industrielle, exige de l'énergie.

Or, l'énergie fossile et l'usage de plus en plus intensif que l'on en fait créent des problèmes écologiques, dont le risque de changement climatique progressif qui pourrait avoir de très graves conséquences. Dans le même temps, la demande mondiale d'énergie ne cesse de croître et des solutions appropriées sont indispensables. Actuellement, l'énergie nucléaire contribue déjà pour une bonne part à la production énergétique mondiale, et elle peut encore faire plus, mais l'exploitation de ce potentiel n'est pas chose aisée.

Nous allons voir ici quels sont les avantages à l'échelon national et mondial de l'utilisation de l'énergie nucléaire pour le dessalement de l'eau de mer. Nous parlerons également des récentes études de l'AIEA sur les possibilités actuelles des diverses options dans ce domaine.

Les premières années

L'application de l'énergie nucléaire au procédé industriel qui consiste à dessaler l'eau de mer pour obtenir de l'eau potable est à l'étude depuis les années 60. A l'époque, l'optimisme régnait quant à l'emploi de l'énergie nucléaire. Un certain nombre de pays, d'organisations et d'industries nucléaires ont fait diverses études. C'est ainsi que l'AIEA, à la demande de ses Etats Membres, a réalisé plusieurs études technico-économiques entre 1964 et 1967, parues dans la Collection Rapports techniques (n^{os} 24, 51, 69 et 80).

M. Kupitz est chef de la Section du développement de la technologie électronucléaire, Division de l'énergie d'origine nucléaire de l'AIEA.

On s'efforçait alors de promouvoir diverses applications de l'énergie nucléaire autres que la production d'électricité, notamment la propulsion des navires, le chauffage urbain, l'approvisionnement en énergie d'installations isolées, la fourniture de vapeur industrielle et le dessalement de l'eau de mer. Le concept de grands complexes agro-nucléo-industriels faisait fortune.

Tant qu'elles eurent la grande faveur du public et des milieux politiques, ces solutions nucléaires n'en restèrent pas au stade de l'étude mais passèrent à celui des prototypes et de la démonstration. En ce qui concerne le dessalement de l'eau de mer, l'ex-Union soviétique conçut et réalisa le complexe de Shevchenko (aujourd'hui Aktau, au Kazakhstan). Son réacteur rapide BN-350 refroidi par un métal liquide est entré en service en 1973 et fournit toujours de l'électricité et de la chaleur pour la production d'eau potable.

Les événements qui ont suivi ces premières initiatives et réalisations appartiennent maintenant à l'histoire. Le secteur nucléaire s'est orienté par la suite vers les grands réacteurs électrogènes, si bien que le BN-350 est encore aujourd'hui le seul réacteur au monde qui produise de la chaleur pour le dessalement. Au Japon, de petites installations de dessalement ont été incorporées à plusieurs grandes centrales nucléaires pour fournir l'eau d'alimentation et divers services. En Russie, une quinzaine de petites installations de dessalement sont montées sur des brise-glaces et autres navires à propulsion nucléaire.

Aucun nouveau projet combinant l'énergie nucléaire et le dessalement n'a été entrepris. De grands progrès techniques ont cependant été faits tant dans le domaine de l'énergie nucléo-électrique que dans celui du dessalement, et plusieurs études ont été réalisées.

Renouveau d'intérêt

La Conférence générale, à sa session de 1989, a vu l'intérêt se porter de nouveau sur l'exploitation possible des réacteurs nucléaires pour dessaler l'eau de mer. Dans sa résolution GC(XXXIII)/RES/515,

elle demandait à l'AIEA d'évaluer le potentiel technique et économique du dessalement nucléaire. Dès lors, la question fut inscrite à l'ordre du jour de chacune de ses sessions sous le titre «Plan pour produire de l'eau potable économiquement», et plusieurs résolutions successives ont invité l'Agence à continuer ses travaux dans ce domaine.

Nul n'ignore dans le monde l'importance d'un approvisionnement suffisant en eau potable pour les populations en expansion, ni l'ampleur des problèmes qu'il pose. Le public, en revanche, est moins averti de la technologie du dessalement née dans les années 60 et qui en était alors au même point que celle de la production d'électricité nucléaire, mais dont les applications sont aujourd'hui exploitées industriellement et toujours susceptibles d'améliorations.

Les réacteurs électrogènes sont maintenant au point, eux aussi. Toutefois, bien qu'ils soient techniquement éprouvés et compétitifs et fournissent environ 17% de l'électricité consommée dans le monde entier, ils ont connu maintes difficultés dans plusieurs pays à cause de l'opinion hostile du public et des milieux politiques. Leur pénétration du marché de l'électricité s'est vu ralentie par rapport à ce que l'on attendait, mais un renouveau d'intérêt se manifeste dans d'autres applications, notamment pour dessaler l'eau de mer.

Plusieurs autres facteurs favorisent la technologie du dessalement nucléaire: la préoccupation croissante suscitée par les effets écologiques de l'emploi des combustibles fossiles, les avantages reconnus d'une diversification des sources d'énergie, la mise au point de nouveaux types de réacteurs perfectionnés dans les gammes des petites et moyennes puissances, et un meilleur rendement énergétique au niveau de la consommation.

Depuis que l'AIEA s'occupe de nouveau du dessalement nucléaire, un nombre croissant de pays et d'organisations internationales témoignent leur intérêt, participent à des réunions, communiquent des renseignements et proposent leur aide. C'est dans cet esprit que plus de vingt pays ont fourni des services d'experts et des fonds pour un total de 570 000 dollars.

Récentes études de l'AIEA

A la suite de la Conférence générale de 1989, l'AIEA a entrepris de mettre à jour l'information dont elle dispose sur les techniques de dessalement et le couplage de réacteurs nucléaires avec ces procédés. Les résultats sont consignés dans un document technique de 1990 (TECDOC-574), intitulé *Use of Nuclear Reactors for Seawater Desalination*.

Après cette récapitulation, l'AIEA a publié, en 1992, un autre rapport intitulé *Technical and Economic Evaluation of Potable Water Production through Desalination of Seawater by Using Nuclear Energy and other Means* (TECDOC-666), lequel contient

une évaluation des besoins d'eau dessalée fondée sur une récente analyse des ressources mondiales d'eau potable, des renseignements sur les procédés de dessalement et les sources d'énergie les plus intéressantes, ainsi qu'une présentation des divers types de réacteurs proposés par les fournisseurs éventuels, et analyse plus particulièrement la viabilité économique du dessalement de l'eau de mer à l'aide de l'énergie nucléaire comparée aux combustibles fossiles. L'étude porte sur une large gamme de centrales tant nucléaires qu'à combustibles fossiles et de technologies, combinées avec divers procédés de dessalement, et sur les problèmes d'environnement et d'infrastructure. L'AIEA continue de recueillir et d'analyser l'information pertinente sur les réacteurs appropriés, les procédés de dessalement, les problèmes du couplage et la demande d'eau potable.

En 1991, suite à une demande d'assistance présentée par cinq pays d'Afrique du Nord (Algérie, Egypte, Jamahiriya Arabe Libyenne, Maroc et Tunisie), une étude technico-économique régionale sur le dessalement nucléaire vient d'être soumise aux pays intéressés. L'Arabie saoudite a également demandé à l'AIEA une assistance technique pour une étude analogue qui, entreprise en 1993, devrait être achevée en 1996.

D'autres travaux sont en cours en réponse à une résolution de la Conférence générale de 1993 relative à des installations de démonstration. Une première étude consiste à déterminer puis à préciser les caractéristiques de diverses options pratiques parmi lesquelles une ou plusieurs seront choisies aux fins de démonstration. Ce programme de «définition des options» a commencé en 1994 et devrait se terminer en 1996.

Ces activités, études et rapports ne se font pas dans l'isolement, mais plutôt en collaboration et dans un ordre logique, et se complètent mutuellement. Cette façon de procéder illustre bien le rôle de l'Agence dans l'échange d'informations et le transfert de connaissances et de données d'expérience, rôle qui fait d'elle un catalyseur, un organisateur ou un coordonnateur des projets de dessalement nucléaire, ainsi qu'un fournisseur d'assistance technique. Elle ne peut cependant pas assumer les applications pratiques, ni concevoir, construire, posséder ou exploiter des complexes de dessalement.

Combinaisons, options et perspectives

Dans diverses régions du monde et en des points précis de plusieurs pays, la demande d'eau est supérieure à l'offre et le dessalement de l'eau de mer s'impose pour remédier à la pénurie. Toutefois, le manque de bases de données fiables nous empêche d'évaluer quantitativement le déficit mondial.

D'après les études de l'AIEA, l'Afrique du Nord et la région du Golfe se caractérisent par un manque d'eau généralisé. Comme données d'entrée pour l'étude de faisabilité portant sur l'Afrique du Nord,

les pays intéressés de la région ont examiné leurs situations respectives en ce qui concerne l'offre et la demande d'eau, ainsi que les options possibles pour améliorer l'approvisionnement. Ils ont délimité un certain nombre de zones où la demande d'eau de mer dessalée se situerait entre 20 000 et 720 000 m³ par jour en 2005. En fait, ils ont déjà dû recourir à des installations de dessalement à combustibles fossiles pour répondre à la demande croissante d'eau potable. Il existe dans la région des installations de dessalement d'une capacité de l'ordre du million de mètres cubes par jour. L'Arabie saoudite dépend davantage encore de cette technique, avec une capacité de production de l'ordre de 4 millions de mètres cubes par jour.

Bien qu'il faille en savoir davantage sur la situation actuelle de ces régions et disposer de prévisions plus précises de l'évolution de la demande et de l'approvisionnement, il ne fait pas de doute qu'un volume croissant d'eau dessalée sera nécessaire pour compléter les ressources en eau de surface et compenser l'épuisement des eaux souterraines.

Vu le coût relativement élevé du dessalement, quelle que soit la source d'énergie utilisée, cette

option ne se justifie que pour produire de l'eau potable à usage personnel, ménager et industriel. Pour l'irrigation à grande échelle, le prix est encore trop élevé et le restera probablement pendant plusieurs décennies encore, sinon plus. Parmi les procédés disponibles sur le marché, trois ont été retenus pour une étude: le procédé par osmose inverse, la distillation multiple-effet, et la distillation multi-flash.

Aucun obstacle technique ne s'oppose à l'emploi de réacteurs comme source d'énergie pour le dessalement. Le réacteur peut produire de l'électricité ou de la chaleur, ou les deux à la fois, selon les besoins du procédé de dessalement choisi. Quant à la sûreté nucléaire, elle obéirait aux mêmes principes, critères et mesures que dans toutes les centrales nucléaires. Une prescription supplémentaire serait que l'eau produite devrait être bien protégée contre toute contamination éventuelle.

Pratiquement tous les types de réacteurs peuvent fournir l'énergie nécessaire au dessalement. Des renseignements techniques, et souvent économiques aussi, ont été obtenus de fournisseurs éventuels sur une vingtaine de modèles de réacteurs. Ceux-ci en

Le dessalement de l'eau de mer ne cesse de faire des adeptes parmi les pays du monde entier.



sont à différents stades de conception et appartiennent à la gamme des petites et moyennes puissances. La quantité d'énergie — chaleur, électricité, ou les deux à la fois — qu'ils peuvent fournir est plus qu'il n'en faut pour une installation de dessalement de très grande taille. Une installation d'une capacité de 1 million de m³ par jour pourrait alimenter en eau potable une ville de 3 à 4 millions d'habitants et, avec le procédé par osmose inverse, devrait disposer d'une puissance installée d'environ 300 mégawatts électriques (MWe). Une puissance installée de 4 000 à 6 000 MWe serait requise pour alimenter cette même ville en électricité. Le choix d'une centrale de moyenne ou, a fortiori, de grande puissance ne se justifierait que si l'on veut fournir de l'électricité au réseau en plus de l'énergie nécessaire au dessalement. Il n'y a donc aucune raison de ne pas demander au réacteur d'assurer simultanément les deux productions et de tirer ainsi profit des économies d'échelle.

L'étude pour l'Afrique du Nord postule que les réacteurs seraient intégrés dans le réseau électrique et que leur puissance ne serait limitée que par la taille de celui-ci et ne devrait donc pas excéder 10% de sa puissance installée. Dans cette hypothèse, les options à envisager se situent dans la gamme des petites et moyennes puissances, sauf pour l'Egypte où des réacteurs de grande puissance seraient utilisables.

Vu la méthodologie appliquée et les hypothèses retenues, l'évaluation économique que donne l'étude générale de l'AIEA de 1992 montre que le recours aux réacteurs nucléaires plutôt qu'aux centrales à combustibles fossiles serait économiquement compétitif dans la gamme des installations de moyenne et grande puissance produisant de l'électricité ou de l'électricité et de la chaleur industrielle, et intégrées dans le réseau électrique. Le coût de l'eau produite se situerait entre 0,7 et 1,1 dollar le m³. Dans les cas où la centrale ne fournirait que de la chaleur, le coût serait beaucoup plus élevé.

Ces premiers résultats ont été confirmés par l'évaluation économique faite dans le cadre de l'étude pour l'Afrique du Nord à partir des données communiquées par les fournisseurs éventuels, au lieu des valeurs paramétriques adoptées pour l'étude générale.

Les résultats de ces évaluations sont jugés suffisants pour décider de la faisabilité économique. Toutefois, il faudra attendre les prix fermes précisés dans les offres formelles avant de procéder aux investissements.

Il existe de très nombreuses combinaisons possibles entre les divers types de réacteurs, procédés de dessalement et formules de couplage. Le programme actuel de recherche des options valables devrait permettre de déterminer les solutions les plus pratiques et les démonstrations à prévoir.

Le problème institutionnel du dessalement est fondamentalement analogue à celui de tout projet nucléo-électrique. En particulier, la mise en place d'une infrastructure locale adaptée est une difficulté

à laquelle se heurte tout pays qui entreprend un programme nucléaire. L'expérience a prouvé qu'elle peut se résoudre, mais elle implique évidemment de gros efforts pendant une période relativement longue.

Une étude de faisabilité comme celle pour l'Afrique du Nord peut se faire en collaboration avec divers pays dans un cadre régional, et une approche commune et des efforts conjoints présentent des avantages pour tous. Plusieurs domaines semblent particulièrement intéressants pour une coopération régionale: l'établissement de bases de données et les activités de transfert de technologie, la sûreté nucléaire, l'infrastructure réglementaire, la participation locale et, enfin, la mise en valeur des ressources humaines.

Les travaux réalisés dans le cadre du programme de l'AIEA sur le dessalement nucléaire, au cours des cinq dernières années, font ressortir les avantages d'une approche coopérative comportant une active participation nationale et un appui technique et financier en conséquence.

Le dessalement de l'eau de mer à l'aide de l'énergie nucléaire est une option réaliste. Le problème à résoudre est celui de sa démonstration qui suivra sa réalisation et ses applications pratiques.