

DE L'EAU DOUCE EN PROVENANCE DE LA MER LES PROGRÈS DU DESSALEMENT NUCLÉAIRE SE POURSUIVENT

T. KONISHI ET B.M. MISRA

La demande d'eau douce croît de façon exponentielle. Dans son dernier rapport (2000), le Forum mondial de l'eau a notamment appelé l'attention sur les besoins croissants en eau douce que vont connaître les villes en plein essor de la planète d'ici 2025.

Les réserves renouvelables d'eau douce s'élèvent à environ 40 000 kilomètres cubes, dont seuls 10 % sont prélevés et 5 % consommés. Le problème est que ces réserves ne sont pas uniformément réparties dans l'espace et dans le temps.

Il est de plus en plus évident que toutes les techniques disponibles et appropriées, y compris les techniques nucléaires et apparentées, doivent être utilisées pour favoriser un développement et une gestion durables de ces réserves. L'une de ces techniques est le dessalement de l'eau de mer, et les pays renforcent actuellement leur aptitude à exploiter les océans (voir graphique page 6). L'énergie utilisée par ces usines est généralement la vapeur ou l'électri-

cité. On utilise généralement, comme sources primaires d'énergie, des combustibles fossiles traditionnels. Toutefois, leur utilisation intensive pose des problèmes écologiques.

L'énergie nucléaire est, pour le dessalement de l'eau de mer à grande échelle, une solution attrayante car le dessalement consomme beaucoup d'énergie. La chaleur dégagée et/ou l'électricité produite par un réacteur nucléaire peuvent donc être utilisées dans des installations de dessalement.

L'exploitation à Aktau (Kazakhstan) d'un réacteur nucléaire refroidi par sodium (BN-350) a prouvé la faisabilité technique, la sûreté et la fiabilité de tels réacteurs de production combinée. À plus petite échelle, le Japon exploite une dizaine d'installations de dessalement couplées à des réacteurs à eau sous pression (REP). L'exploitation commerciale à grande échelle du dessalement nucléaire dépendra principalement de sa compétitivité économique par rapport aux autres solutions et à la

demande des pays où les besoins en eau et en énergie sont pressants.

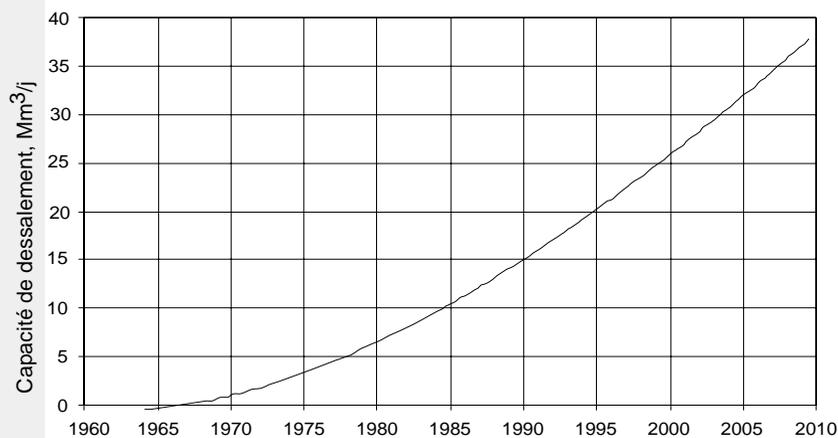
Dans le cadre de ses programmes, l'AIEA a réuni des experts de différents pays pour étudier les aspects techniques, économiques et autres du dessalement nucléaire*. Elle a notamment rédigé et publié un document technique – *Options Identification Programme for Demonstration of Nuclear Desalination* (TECDOC-898) – et les actes du Colloque international sur le dessalement nucléaire de l'eau de mer organisé en 1997 (STI/PUB/1025). Ces activités ont stimulé les efforts déployés par les États Membres de l'AIEA intéressés par l'évaluation, la planification ou le lancement de projets de dessalement nucléaire.

Tous les réacteurs peuvent fournir l'énergie requise pour le dessalement et être utilisés à cette fin en fonction de leur calendrier d'exploitation. On dispose déjà de l'expérience de centrales nucléaires utilisées par des systèmes de chauffage urbain, thème traité par l'AIEA dans un document technique (TECDOC-1056). Les critères de sûreté, de réglementation et de protection de l'environne-

*Le dessalement nucléaire se définit comme la production d'eau potable à partir d'eau de mer dans une installation utilisant, comme source d'énergie (électrique et/ou thermique), un réacteur nucléaire. L'installation peut être consacrée uniquement à la production d'eau potable ou à la production d'électricité et d'eau potable, auquel cas seule une partie de l'énergie totale produite par le réacteur est utilisée pour la production d'eau. Dans tous les cas, la notion de dessalement nucléaire implique une installation intégrée dans laquelle le réacteur et le système de dessalement sont situés sur un site unique et où l'énergie utilisée par le système de dessalement est produite sur place. Cette notion implique également un certain degré de mise en commun ou de partage d'installations, de personnel et de structures.

M. Konishi est fonctionnaire à la Division de l'énergie nucléaire de l'AIEA (Section du développement de la technologie électronucléaire). M. Misra dirige, au Centre de recherche atomique de Bhabha (Inde), la Division du dessalement.

PRÉVISIONS DE CROISSANCE DE LA CAPACITÉ DES USINES DE DESSELEMENT



Source : Wangnick, 2000; estimations d'une consultation de l'AIEA.
 Note : Les données englobent les capacités d'exploitation et contractuelle.

ment applicables au dessalement nucléaire sont ceux applicables aux centrales nucléaires, compte dûment tenu du couplage de la centrale à l'installation de dessalement. Les normes et guides internationaux de sûreté existants semblent convenir aux usines de dessalement.

Dans le cadre d'un projet de recherche coordonnée de l'AIEA sur l'optimisation du couplage de réacteurs nucléaires et de systèmes de dessalement, lancé en 1998 avec la participation d'instituts de recherche de neuf pays, on étudie des modèles de réacteur pouvant être couplés à des systèmes de dessalement, on optimise ce couplage, on en améliore le fonctionnement et l'on met au point des systèmes perfectionnés de dessalement nucléaire.

Un progiciel d'évaluation économique du dessalement (DEEP) conçu par l'AIEA aide de nombreux pays. Il calcule le coût normalisé de l'eau et de l'électricité, ventile ce coût et indique la consommation d'énergie et la puissance vendable

nette de chaque option.

Certaines centrales peuvent être modélisées en entrant et ajustant des données telles que la puissance nominale, les paramètres du cycle de puissance et les coûts.

Le progiciel DEEP sert trois objectifs. Il calcule le coût normalisé de l'électricité et de l'eau dessalée en fonction de la quantité, des caractéristiques du site, de la source d'énergie et de la technique de dessalement. Il permet de comparer directement un grand nombre de solutions techniques de façon homogène et sur la base d'hypothèses communes. Il identifie rapidement les solutions les plus économiques pour fournir des quantités spécifiées d'eau dessalée et/ou d'électricité en un endroit donné.

Le progiciel a été utilisé pour réaliser une évaluation économique complète du dessalement nucléaire par rapport aux méthodes utilisant des combustibles fossiles. Les résultats – publiés dans le document TECDOC-1186 – montrent globalement que le dessalement nucléaire peut produire

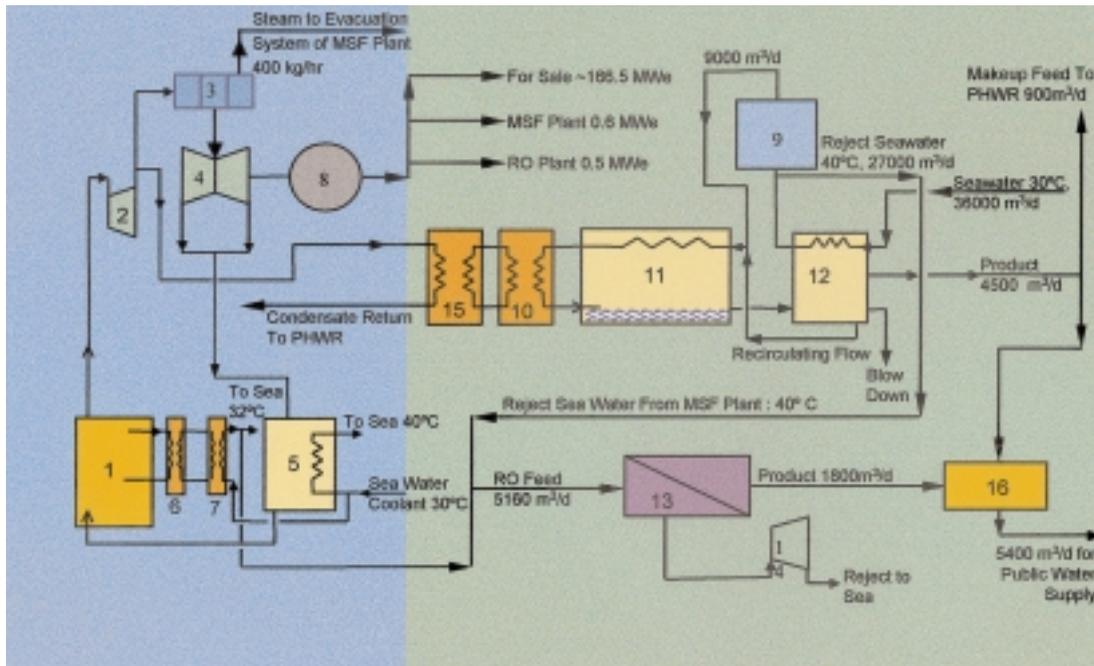
de l'eau potable à un coût comparable à celui des systèmes à combustibles fossiles. Les deux options peuvent donc être jugées viables dans de nombreuses régions.

Une nouvelle publication de l'AIEA, *Introduction of Nuclear Desalination: A Guidebook* (coll. Rapports techniques STI/DOC/010/400), présente le dessalement nucléaire. Elle facilite la prise de décisions et donne des orientations quant aux mesures à prendre une fois qu'une décision a été prise en faveur du dessalement nucléaire.

Collaboration internationale.

Pour faciliter le développement de cette technique, l'AIEA a rassemblé et diffusé des informations correspondantes lors de diverses réunions auxquelles assistaient des experts d'États Membres qui exploitent, conçoivent, planifient ou envisagent de construire des usines de dessalement nucléaire.

Pour compléter l'expérience du Japon et du Kazakhstan, de nouvelles usines de dessalement sont prévues à des fins de démonstration dans plusieurs pays. La République de Corée, par exemple, a progressé dans l'étude d'une usine de dessalement nucléaire combinée utilisant un réacteur de 330 MWth appelé SMART. La Fédération de Russie a lancé un projet utilisant un ensemble de réacteurs intégrés sur barge flottante connu sous le nom de KLT-40C. L'Inde est devenue une pionnière de la démonstration du dessalement nucléaire en couplant des installations de dessalement à ses réacteurs à eau lourde sous pression (RELAP) de 170 MWe. Les travaux de construction ont commencé à Kalpakkam, au sud de Chennai.



En 1999, l'AIEA a lancé un projet interrégional de coopération technique sur l'étude de systèmes intégrés de production nucléaire d'électricité et de dessalement destiné à faciliter la collaboration entre détenteurs de technologies et utilisateurs potentiels. Ce projet vise à fournir aux fournisseurs et futurs destinataires de ces technologies un cadre d'élaboration conjointe de concepts de dessalement nucléaire intégré visant à démontrer la viabilité, sur certains sites, du dessalement nucléaire.

L'Indonésie, la Tunisie, le Pakistan et l'Iran ont sollicité dans ce cadre une assistance pour lancer ou planifier des études de faisabilité correspondant aux conditions locales. D'autres pays en développement, qui prévoient d'importants problèmes d'énergie et d'eau, ont également manifesté le souhait de participer au projet.

Parmi les fournisseurs potentiels de technologie participant à des projets de collaboration internationale figurent la



PROJET INDIEN DE DÉMONSTRATION DU DESSALEMENT NUCLÉAIRE

L'Inde a commencé, à Kalpakkam, la construction d'une usine de démonstration du dessalement nucléaire (photo ci-dessus). Comme le montre le diagramme fonctionnel, les systèmes de dessalement sont couplés à un RELP de 170 MWe : RELP (1); turbine haute pression (2); sécheur-surchauffeur (3); turbine basse pression (4); condenseur de la centrale (5); boucle de refroidissement modérateur-eau (6); boucle de refroidissement eau-eau de mer (7); générateur (8); section de prétraitement chimique de l'usine de dessalement par ébullition instantanée à étages multiples (9); chauffeur de saumures de l'usine de dessalement (10); section de récupération de chaleur de l'usine de dessalement (11); section de rejet de chaleur de l'usine de dessalement (12); installation d'osmose inverse (13); turbine de récupération d'énergie de l'installation d'osmose inverse (14); échangeur de chaleur intermédiaire (15); réservoir de stockage du produit (16).

République de Corée, la Fédération de Russie, l'Argentine, le Canada, la France et la Chine.

Parallèlement à ces activités de l'AIEA, plusieurs pays planifient et évaluent des projets de démonstration visant à démontrer qu'il est possible, dans certaines conditions, d'utiliser l'énergie nucléaire à des fins de dessalement.

Le Maroc a achevé en 1998 son étude préliminaire avec la Chine, utilisant un réacteur calogène de 10 MWth (Tan-Tan) produisant par distillation à effets multiples 8 000 m³ par jour d'eau potable. L'Égypte a lancé en 1999 à El-Dabaa, sur la côte méditerranéenne, une étude de faisabilité d'une centrale nucléaire de production combinée d'électricité et d'eau potable.

Projet de démonstration en Inde. Le Centre de recherche atomique de Bhabha mène depuis les années 70 des activités de recherche-développement sur le dessalement afin d'accroître les réserves d'eau de régions arides. Des techniques d'ébullition instantanée à étages multiples et d'osmose inverse ont ainsi été mises au point localement.

Afin de tirer parti de l'expérience et des compétences acquises en matière de dessalement, le Centre de Bhabha cherche à mettre sur pied une usine de démonstration hybride (ébullition instantanée à étages multiples/osmose inverse) couplée aux RELP de 170 MWe de la centrale de Madras, située à Kalpakkam, dans le sud-est de l'Inde (*voir encadré page 7*).

L'usine de démonstration comprend une installation d'ébullition instantanée à étages multiples (capacité : 4 500 m³/jour) et une installa-

tion d'osmose inverse (capacité : 1 800 m³/jour). Combinées, ces installations fourniraient suffisamment d'eau dessalée pour répondre aux besoins en eau de fonctionnement de la centrale nucléaire et en eau d'alimentation de la population locale.

L'usine de démonstration a pour objectifs :

- de créer une capacité locale de conception, de fabrication, d'installation et d'exploitation d'usines de dessalement nucléaire;
- de produire les données d'étude et les paramètres optimaux de construction d'une usine de dessalement nucléaire à grande échelle;
- de servir de projet de démonstration pour les États Membres de l'AIEA intéressés, dont la participation est bienvenue.

Le projet de Kalpakkam a débuté en 1998. Les rapports préliminaires d'analyse de sûreté et de dimensionnement ont été rédigés. Les grands équipements sont maintenant en voie d'approvisionnement ou de fabrication. Les travaux de génie civil sont en cours et les bâtiments abritant les installations d'ébullition instantanée à étages multiples et d'osmose inverse ainsi que l'administration sont presque terminés. Le rapport préliminaire d'analyse de sûreté a été approuvé et le rapport final sera bientôt soumis pour examen.

La plupart des équipements atteindront le site en 2002, date à laquelle l'installation pourra commencer. Les essais de mise en service sont prévus fin 2002. À l'issue de ces essais, l'usine sera ouverte, sous l'égide de l'AIEA, aux États Membres intéressés qui pourront partager des informations concernant l'exploitation et la

maintenance d'une usine de dessalement nucléaire.

Sur la base de l'expérience acquise, des centrales normalisées d'une capacité d'environ 40 millions de litres par jour seraient construites d'ici à 2005. Ces centrales utiliseraient tant l'ébullition instantanée à étages multiples que l'osmose inverse et seraient exploitées commercialement dans tout le pays.

Partage d'expérience. Pour une application à grande échelle du dessalement nucléaire, l'un des facteurs déterminants est la compétitivité économique. L'expérience opérationnelle du Kazakhstan et du Japon n'est peut-être pas un bon indicateur de viabilité économique pour de nombreux pays en développement envisageant aujourd'hui le dessalement nucléaire.

Ce qui est absolument nécessaire, c'est de démontrer la viabilité économique dans les conditions locales de plusieurs pays. Une mise en service et une exploitation réussies de l'usine de Kalpakkam renforceront la confiance technique et économique placée dans le dessalement nucléaire. Fait important : l'expérience acquise par cette centrale en matière d'exploitation et de maintenance sera partagée avec d'autres pays.

En 2002, l'AIEA prévoit d'organiser un colloque international afin de faire le point sur le dessalement nucléaire dans le monde. À mesure qu'ils acquièrent et partagent des données d'expérience, les pays vont pouvoir évaluer plus pleinement le rôle que cette technique à multiples facettes peut jouer pour satisfaire les besoins croissants en électricité et en eau. □