

# Applications de l'énergie nucléaire: dessalement de l'eau de mer

*Des études appuyées par l'AIEA ont permis de déterminer des options visant à démontrer l'utilisation pratique du dessalement nucléaire*

par Toshio  
Konishi

Les ressources en eau ne suffisent pas à couvrir la demande dans de nombreuses parties du monde. Bien souvent, les sources naturelles d'eau douce sont menacées par la pollution et la salinisation. Parallèlement, la demande en eau potable ne cesse d'augmenter, notamment dans les zones à forte croissance démographique.

Les ressources en eau de mer qui sont abondantes pourraient aider à résoudre ce problème urgent. Le dessalement est en effet l'une des options les plus prometteuses pour assurer l'approvisionnement en eau potable, et les centrales nucléaires pourraient jouer un rôle important à cet égard. La capacité mondiale de dessalement n'a cessé d'augmenter ces dernières décennies et cette tendance devrait se poursuivre au siècle prochain, car de plus en plus de pays envisagent d'utiliser l'énergie nucléaire pour dessaler l'eau de mer.

Les facteurs qui justifient le recours à l'énergie nucléaire pour la production d'électricité jouent également en faveur de son utilisation potentielle pour le dessalement de l'eau de mer. Il s'agit notamment de la compétitivité économique dans des régions qui ne disposent pas de ressources en houille blanche et en combustibles fossiles bon marché, de la diversification des approvisionnements en énergie, de la préservation des ressources en combustibles fossiles, de la promotion du développement technologique et de la protection de l'environnement en évitant l'émission de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre.

L'AIEA a étudié la faisabilité du dessalement de l'eau de mer au moyen de l'énergie nucléaire dès les années 60 et 70. Mais, à cette époque, on s'intéressait surtout à cette énergie pour la production d'électricité, le chauffage urbain et la chaleur industrielle. Toutefois, depuis 1989, le dessalement nucléaire suscite un regain d'intérêt parmi les Etats Membres de l'AIEA, qui ont adopté un certain nombre de résolutions sur la question\*. Ainsi, de plus en plus d'Etats Membres de l'AIEA et d'organisations

internationales ont participé à des réunions et ont fourni un appui approprié. Cet appui, qui a notamment revêtu la forme de services d'experts et de contributions financières, a concerné plus de 20 Etats Membres. En outre, l'AIEA a effectué des évaluations du potentiel technico-économique des réacteurs nucléaires pour le dessalement de l'eau de mer.

Une de ces études, intitulée *The Potential for Nuclear Desalination as a Source of Low Cost Potable Water in North Africa*, a été achevée en 1996 et publiée sous forme de document technique (IAEA-TECDOC-917). Il s'agit d'une étude sur les besoins en électricité et en eau potable et sur les ressources en eau et en énergie disponibles dans cinq pays: l'Algérie, l'Egypte, la Jamahiriya Arabe Libyenne, le Maroc et la Tunisie. Elle a porté sur le choix de sites représentatifs, l'analyse de diverses combinaisons de sources d'énergie et de procédés de dessalement adaptés aux sites, les facteurs économiques, les aspects financiers, la participation locale, les infrastructures nécessaires et les aspects institutionnels et environnementaux. Les coûts de différents types d'applications ont été évalués dans d'autres études génériques qui sont présentées dans un autre document technique de l'AIEA (TECDOC-666). Ces évaluations ont montré la faisabilité technico-économique du dessalement nucléaire.

---

## Evaluation de l'expérience acquise dans le monde

L'AIEA s'est attachée, à travers des activités récentes, à aider les pays à déterminer la faisabilité économique de l'utilisation des centrales nucléaires pour le dessalement. On a mis au point des méthodes

---

\*On entend ici par dessalement nucléaire la production d'eau potable à partir de l'eau de mer dans un complexe intégré où le réacteur nucléaire et le système de dessalement se trouvent sur le même site, où les installations et les services pertinents sont mis en commun, et où l'énergie utilisée pour le dessalement est produite par le réacteur nucléaire.

---

M. Konishi est membre de la Section du développement de la technologie électronucléaire à la Division de l'énergie d'origine nucléaire et du cycle du combustible de l'AIEA.



On a besoin  
d'énergie pour dessaler  
l'eau de mer.

permettant de procéder à des évaluations économiques spécifiques pour un site donné. Un code de calcul, conçu pour effectuer de telles analyses, est à la disposition des pays, et des experts ont déjà été formés à son utilisation. On envisage à présent la mise au point d'un code de calcul plus détaillé pour la ventilation des coûts des centrales mixtes et la détermination de leur couplage optimal.

En 1995, l'AIEA a organisé une réunion de groupe consultatif d'experts pour examiner l'expérience acquise dans le monde en ce qui concerne le couplage d'installations nucléaires à des systèmes qui utilisent la chaleur tels que les réseaux de chauffage urbain ou les procédés de dessalement. Environ 500 années d'expérience de l'exploitation de réacteurs de production mixte ou exclusivement calogènes ont été accumulées dans 12 pays.

L'énergie nucléaire est utilisée pour le dessalement de l'eau de mer au Japon et au Kazakstan. Alors qu'au Japon les installations de dessalement servent essentiellement à l'alimentation en eau de la centrale, le complexe de dessalement d'Aktau au Kazakstan fournit de l'eau à une zone résidentielle voisine.

Alors que la plupart des pays industrialisés préfèrent se doter de grandes centrales nucléaires, plusieurs Etats Membres montrent un intérêt croissant pour les réacteurs de faible et moyenne puissance (RFMP). En effet, ces derniers conviennent davantage à des réseaux électriques plus petits et plus faibles et seraient mieux adaptés aux taux de croissance prévus de la demande d'électricité. La plupart des pays qui connaissent des pénuries d'eau potable ont des réseaux qui pourraient utiliser des RFMP pour la production d'électricité et le dessalement de l'eau de mer. Selon une étude

sur les RFMP publiée par l'AIEA dans un document technique (TECDOC-881), de nombreux modèles de RFMP ont été mis au point et sont proposés par les fournisseurs nucléaires pour le couplage à des procédés de dessalement.

### Détermination des options

Conformément aux résolutions de la Conférence générale de l'AIEA, l'Agence a continué à concentrer son attention sur la détermination des options et la démonstration des techniques de dessalement. L'objectif d'un programme de démonstration serait de montrer, en étudiant, en construisant, en exploitant et en entretenant des installations appropriées, que le dessalement nucléaire est techniquement et économiquement faisable et peut satisfaire en même temps aux critères de sûreté et de fiabilité. Un programme de détermination des options (PDO) de deux ans a été lancé à cette fin avec la participation de représentants des Etats Membres intéressés.

Le but du PDO est de choisir, parmi un grand nombre de techniques de dessalement et de modèles de réacteurs, ceux qui conviennent le mieux à une démonstration pratique\*. Les options de démonstration étant fondées sur des modèles de réacteurs et des techniques de dessalement déjà

\*Une option est considérée comme «pratique» si elle remplit les conditions suivantes: il n'y a pas d'obstacle technique à son application et il existe un site approprié; elle est techniquement réalisable dans des délais prédéterminés; les dépenses d'investissement peuvent être estimées dans une fourchette raisonnable. Du point de vue commercial, les perspectives d'avenir du dessalement nucléaire sont bonnes.

disponibles, aucune nouvelle étude ne sera nécessaire au moment de la démonstration.

Lors de la détermination d'options pratiques pour une démonstration, la liste des réacteurs disponibles a été passée en revue, et plusieurs ont été considérés comme très bien adaptés. Un ensemble de critères fondés sur l'état d'avancement de la conception et de la procédure d'autorisation a été utilisé pour la sélection. Sur la base de ces critères, on a déterminé les modèles de réacteurs actuellement disponibles ou susceptibles de le devenir dans les dix prochaines années environ. La prise en compte de facteurs de sélection supplémentaires a ensuite permis d'éliminer un certain nombre d'options, notamment divers modèles de réacteurs qui ne sont pas proposés sur le marché; les réacteurs refroidis par métal liquide et les réacteurs à haute température refroidis par gaz, qui ont peu de chance d'être disponibles sur le marché dans un proche avenir; les réacteurs de forte puissance, qui ont peu de chance d'être adaptés au réseau électrique de la plupart des pays connaissant des pénuries d'eau; les réacteurs de faible puissance qui seraient actuellement moins compétitifs (cette option serait toutefois envisageable sur des sites où la demande en eau est faible et où les autres systèmes de production d'eau potable sont également coûteux); enfin, les réacteurs à eau bouillante, qu'il faudrait probablement équiper de systèmes supplémentaires pour empêcher le rejet de substances radioactives dans les systèmes recevant la chaleur.

On a également examiné les procédés de dessalement qui se prêtent au couplage à un réacteur nucléaire. L'osmose inverse (OI) et la distillation multiple effet (DME) sont ceux qui paraissent les plus prometteurs, étant donné que la consommation d'énergie et les dépenses d'investissement qu'ils entraînent sont relativement faibles et qu'ils sont par ailleurs très fiables. Au départ, le procédé de l'évaporation éclair à multiple effet (EME) avait également été retenu. Toutefois, le procédé DME consomme moins d'énergie et paraît moins sensible à la corrosion et à l'entartrage que le procédé EME. De plus, il s'adapte plus facilement à un fonctionnement en charge partielle. Par conséquent, l'EME, qui ne présente pas d'avantages intrinsèques par rapport au DME, a été exclu de la liste des procédés possibles.

Les procédés de dessalement de démonstration n'ont pas besoin d'être mis en œuvre à grande échelle. Deux ou trois batteries ou unités pourraient suffire pour présenter des caractéristiques de conception et de performance d'exploitation parfaitement représentatives d'installations de production à grande échelle, ces dernières n'étant rien d'autre que des batteries ou des unités multiples fonctionnant en parallèle.

Lorsqu'on a combiné un réacteur nucléaire à un procédé de dessalement pour constituer

une installation intégrée, on a tenu compte de leur compatibilité dans le processus de sélection. Étant donné leur importance pour la détermination des options pratiques pour la démonstration, on a aussi pris en considération les délais, les infrastructures et les investissements nécessaires.

A la suite de cette sélection, on a retenu trois options pour la démonstration du dessalement nucléaire. Ces options font appel à des réacteurs refroidis à l'eau et à des procédés de dessalement éprouvés.

**Option 1: Installation de dessalement OI associée à un réacteur en construction ou qui en est à un stade avancé de la conception, la construction étant prévue dans un proche avenir.** On considère qu'un réacteur de puissance moyenne serait le mieux adapté pour cette option. Deux ou trois batteries OI, d'une capacité maximum de 10 000 m<sup>3</sup> par jour chacune, conviendraient pour une démonstration. Un réacteur de construction récente offrirait les meilleures possibilités d'intégrer totalement le système OI et le réacteur, y compris le préchauffage de l'eau d'alimentation, et d'optimiser la conception du système. Une telle démonstration pourrait être facilement extrapolée à des installations de production industrielle à plus grande échelle.

**Option 2: Installation de dessalement OI, comme ci-dessus, associée à un réacteur actuellement en exploitation.** Quelques modifications mineures de conception devraient éventuellement être apportées à la périphérie du système nucléaire existant. Cette option présente notamment les avantages suivants: elle peut être rapidement mise en œuvre, l'éventail des puissances des réacteurs est vaste et l'infrastructure nucléaire est déjà en place. Un réacteur de moyenne puissance aurait la préférence, car son système se rapproche de celui qui est le plus susceptible d'être utilisé dans des installations de production industrielle.

**Option 3: Installation de dessalement DME associée à un petit réacteur.** Elle conviendrait pour la démonstration du dessalement nucléaire pour des capacités allant jusqu'à 80 000 m<sup>3</sup>/jour.

On en a conclu que ces options de démonstration seraient réalisables si les investisseurs manifestaient de l'intérêt. L'investissement nécessaire serait de l'ordre de 25 à 50 millions de dollars des États-Unis pour les options OI et de 200 à 300 millions de dollars des États-Unis pour l'option DME, le coût du réacteur étant compris dans ce cas.

Lors de la sélection des options dans le cadre du PDO, un grand nombre de questions ont dû être examinées, tant en ce qui concerne la démonstration que l'utilisation industrielle du dessalement nucléaire. L'objet d'un programme de démonstration est de susciter la confiance et de confirmer certaines caractéristiques ou certains paramètres jugés importants pour la conception, la construction, l'exploitation et l'entretien d'une installation

de dessalement nucléaire. On a relevé un certain nombre de questions d'ordre technico-économique et de sûreté qu'il faudrait peut-être étudier et évaluer de manière plus approfondie. Il s'agit notamment de l'interaction entre les réacteurs nucléaires et les systèmes de dessalement, des exigences de sûreté nucléaire particulières aux systèmes de dessalement nucléaire et de l'incidence du préchauffage de l'eau d'alimentation sur la performance des systèmes OI.

La question des besoins en infrastructures pour les usines de dessalement nucléaire est primordiale, notamment pour les Etats Membres qui n'ont pas d'expérience du nucléaire. Un projet de démonstration qui serait mis en œuvre dans l'un de ces Etats Membres pourrait constituer un cadre pratique et très efficace pour mettre en place une infrastructure nucléaire, en particulier une structure de réglementation nucléaire.

Les installations de dessalement couplées à des centrales nucléaires au Japon et au Kazakhstan produisent de l'eau dessalée depuis des années. En outre, un nombre appréciable d'Etats Membres ont indiqué que le dessalement nucléaire les intéressait. Les projets nationaux et bilatéraux, en cours ou prévus, enrichiront l'expérience internationale en matière de dessalement nucléaire. Ils devraient contribuer à promouvoir l'application industrielle du dessalement nucléaire et à résoudre ainsi les problèmes d'approvisionnement en eau potable au siècle prochain. De tels projets sont menés en Chine, en Corée (République de), en Fédération de Russie, en Inde et au Maroc. Ces projets, de même que des études et des travaux de recherche-développement exécutés dans plusieurs autres Etats Membres intéressés, peuvent contribuer à un programme universel de démonstration et être considérés comme la base d'une coopération et d'un appui internationaux qui seraient avantageux aussi pour d'autres intéressés. Il importera de tirer parti de l'expérience acquise grâce à ces programmes et non de répéter les mêmes activités.

L'intérêt croissant que suscite le dessalement nucléaire dans le monde a conduit l'AIEA à organiser, en coopération avec d'autres organisations internationales, un colloque international sur «le dessalement de l'eau de mer à l'aide de l'énergie nucléaire» à Taejon (République de Corée) en mai 1997. Ce colloque a permis de faire le point sur les systèmes de dessalement nucléaire ainsi que d'examiner leurs perspectives d'avenir.

un débouché potentiel pour les systèmes de dessalement nucléaire. Le PDO, d'une durée de deux ans, que l'Agence a exécuté a permis de déterminer quelques options techniques pratiques pour la démonstration du dessalement nucléaire. Le programme de démonstration doit mettre l'accent sur les problèmes liés à l'utilisation industrielle. Il importe de procéder à des démonstrations pour étudier notamment certains aspects techniques ayant une incidence majeure sur la compétitivité et la rentabilité d'ensemble du dessalement nucléaire, et pour confirmer les hypothèses et les prévisions. Un programme de recherche coordonnée a été proposé en 1997 pour appuyer les activités de dessalement nucléaire que plusieurs pays mènent actuellement.

Dans les années à venir, il importera de poursuivre et d'approfondir les études pertinentes et d'aider les Etats Membres intéressés à mettre sur pied leur infrastructure nucléaire, en exécutant notamment des programmes de démonstration. L'AIEA continuera à appuyer des activités propres à encourager la participation active des pays et à favoriser la mise en commun des connaissances techniques et l'utilisation efficace des ressources financières disponibles. Afin de faciliter la mise en commun des connaissances et de l'expérience, elle est en train de créer un groupe consultatif international sur le dessalement nucléaire auquel participeront les Etats Membres intéressés.

Les résultats de cette coopération internationale montrent que l'application de l'énergie nucléaire au dessalement de l'eau de mer est une option réaliste. Mais, si l'on veut que cette option se concrétise, il importe d'informer le public et de gagner la confiance des investisseurs. Pour ce faire, il faut notamment maintenir la sûreté et la fiabilité d'exploitation des centrales nucléaires, fournir des informations concrètes sur la comparaison des risques et des avantages du nucléaire et d'autres sources d'énergie, et présenter des estimations de coûts prudentes pour les installations de dessalement nucléaire. Cela constituera une bonne base pour le développement, la démonstration et l'application à grande échelle du dessalement nucléaire, en vue de contribuer à résoudre les problèmes croissants d'approvisionnement en eau qui se posent dans le monde.

---

### Orientations futures

Les études effectuées à ce jour montrent que le dessalement de l'eau de mer au moyen de l'énergie nucléaire constitue une option réaliste pour de nombreux pays. Le développement continu des installations de dessalement d'eau de mer offre