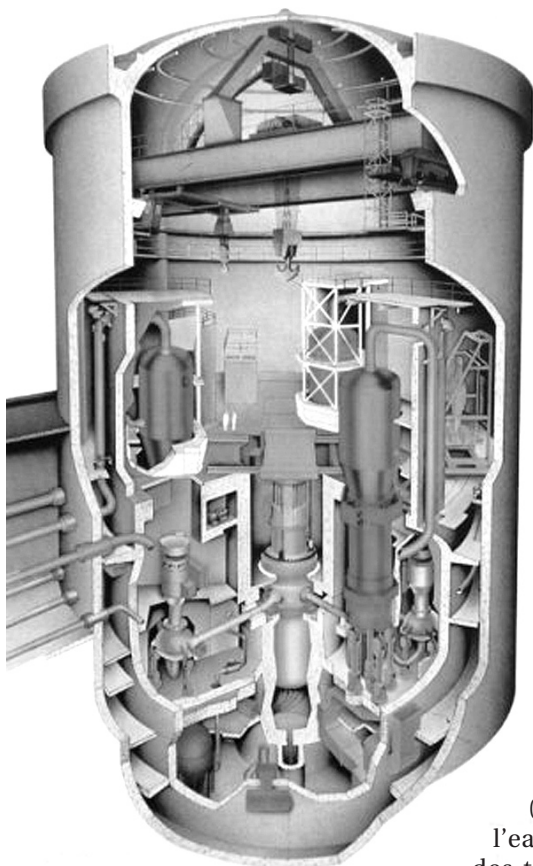


Dessalement de l'eau de mer : la solution nucléaire

On estime qu'environ 1,4 milliard d'êtres humains ne disposent pas d'eau propre à la consommation. Pourtant, une solution à ce problème existe déjà : le dessalement de l'eau de mer. Seul son coût est prohibitif sauf si l'on décidait d'utiliser l'énergie nucléaire.

Le PBMR d'Eskom.



HYCHAM BASTA

Dans un contexte de graves tensions au Moyen-Orient, la nécessité d'un développement économique de la région se fait de plus en plus ressentir, en particulier en ce qui concerne le problème du manque d'eau. C'était l'objectif de l'économiste américain Lyndon LaRouche, quand celui-ci a conçu en 1974 le plan Oasis. Il déclarait en 1990 : « *La production d'une ressource aussi précieuse que l'eau à partir de réacteurs nucléaires à haute température, est essentielle pour cette région. Cela pourrait être la base d'un programme pour faire reverdir le Moyen-Orient [...].* » Une conférence internationale sur le dessalement de l'eau de mer par le nucléaire, qui s'est tenue à Marrakech du 16 au 18 octobre 2002 en présence de spécialistes venus de trente-cinq pays, a constitué un pas décisif pour mettre en œuvre ce plan. Cette rencontre internationale de trois jours a été organisée par l'Association des ingénieurs en génie atomique du Maroc (AIGAM), en collaboration avec l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA), le Conseil mondial de l'eau (CME) et le Conseil mondial des travailleurs du nucléaire (WO-

NUC). Des industriels, ingénieurs et chercheurs ont présenté leurs travaux portant notamment sur l'apport possible du nucléaire dans les techniques de dessalement de l'eau de mer. Plusieurs intervenants ont estimé que le dessalement par le nucléaire est désormais « *une option réaliste et viable* » face à la gravité de la situation mondiale dans ce domaine. Le dessalement constitue une solution « *tant pour le présent que pour l'avenir de l'humanité* », a souligné le président de l'AIGAM, M. Mekki-Berrada, en ajoutant que « *le nucléaire constitue une solution bon marché, non polluante et accessible pour tous* ».

Pourquoi le dessalement avec le nucléaire ?

Le dessalement nucléaire semble réellement être la solution pour assurer un développement durable des pays pauvres. Le secrétaire d'Etat marocain chargé de la recherche scientifique a, pour sa part, souligné la répartition inégale des ressources en eau dans le monde et décrit la politique de « *vigilance et d'anticipation* » suivie par son pays dans ce domaine.

Bien que les ressources en eau de la planète soient gigantesques – leur volume est estimé à 1,3 milliard de kilomètres cubes –, elles sont inégalement distribuées. Les océans représentent 97,41 % de ces réserves, le reste étant principalement réparti entre glaciers et pluies. Seulement 0,4 % des ressources mondiales en

↳ eau fraîche – 135 000 km³ – sont accessibles. L'eau douce naturelle est elle-même inégalement répartie dans le monde, puisque moins de dix pays se partagent 60 % de cette manne (Brésil, Russie, Chine, Canada, etc.). Face à ces ressources limitées, l'augmentation de la demande ne cesse de croître, en raison du développement économique et social, de l'amélioration du niveau de vie ainsi que de la croissance démographique. En raison de ce rationnement en eau potable, des centaines de millions de femmes et d'enfants sont condamnés à une quête quotidienne de l'eau : on estime qu'environ 1,4 milliard d'êtres humains ne disposent pas d'eau propre à la consommation. Cette rareté est une réelle limite à la production de nourriture et elle réduit la population des régions arides à la pauvreté, donc au sous-développement.

Pourtant, une solution à ces problèmes existe déjà : le dessalement de l'eau de mer. Celui-ci est aujourd'hui arrivé à maturité industrielle et ne présente plus aucune difficulté technique, les deux procédés les plus couramment utilisés étant la distillation et l'osmose inverse. La distillation consiste à évaporer l'eau de mer, soit en utilisant la chaleur des rayons solaires, soit en la chauffant dans une chaudière. Seules les molécules d'eau s'échappent tandis que les sels dissous ainsi que toutes les autres substances non volatiles contenues dans l'eau de mer restent dans la saumure concentrée. Il suffit alors de condenser la vapeur d'eau ainsi obtenue pour fournir une eau douce consommable. L'osmose inverse nécessite, quant à elle, de traiter au préalable l'eau de mer en la filtrant et la désinfectant afin de la débarrasser des éléments en suspension et des micro-organismes qu'elle contient. Le procédé consiste ensuite à appliquer à cette eau salée une pression suffisante pour la faire passer à travers une membrane semi-perméable : seules les molécules d'eau traversent la membrane, fournissant ainsi une eau douce potable.

L'inconvénient majeur de ces systèmes est qu'ils sont très coûteux en énergie. Les installations sont peu rentables car les quantités d'énergie nécessaires au chauffage ou à la compression de l'eau sont trop élevées et les volumes produits trop faibles.

L'utilisation de cette technique



Exemple de module de membrane d'osmose inverse utilisée pour le dessalement de l'eau.

de production d'eau potable reste donc encore très marginale. Seuls certains pays ne disposant que de très faibles ressources en eau douce, mais suffisamment riches, comme le Koweït et l'Arabie saoudite, utilisent le dessalement de l'eau de mer pour produire de l'eau douce destinée à la consommation humaine. La capacité mondiale de dessalement est actuellement de l'ordre de 30 milliards de mètres cubes par jour avec 10 000 stations dont la moitié se situe au Moyen-Orient. Néanmoins, même s'ils ont tendance à baisser, les coûts restent prohibitifs, nécessitant en moyenne un investissement trois à quatre fois plus élevé que l'approvisionnement issu de ressources naturelles. A titre d'exemple, les pays du Golfe ont déjà dépensé plus de 100 milliards de dollars pour la construction et l'entretien d'usines de dessalement et, en Libye, on fait pousser du blé à huit fois le cours mondial.

Pour prévenir les conflits et éviter l'escalade de certains, déjà existants comme le conflit israélo-palestinien, d'autres solutions moins onéreuses doivent être envisagées pour lutter

contre le gaspillage, notamment pour l'irrigation ou le recyclage des eaux usées. *L'énergie nucléaire* paraît être une bonne alternative aux coûts élevés liés au dessalement traditionnel. Les succès historiques des expériences de dessalement nucléaire menées au Kazakhstan et au Japon (mais que la presse officielle se garde bien d'évoquer) ont prouvé la *faisabilité technique* du dessalement nucléaire de l'eau de mer. Le BN-350, réacteur à neutrons rapides situé à Aktau (Kazakhstan), produit près de 135 MW d'électricité ainsi que 80 000 m³ d'eau potable par jour depuis vingt-sept ans ; 60 % de l'énergie produite est utilisée pour produire de la chaleur et dessaler de l'eau de mer. Au Japon, près de dix stations de dessalement couplées à des réacteurs à eau pressurisée (PWR) prévus pour générer de l'électricité ont également permis la production de 1 000 à 3 000 m³ d'eau potable par jour. Le Programme d'identification des options concernant la démonstration du dessalement par le nucléaire de l'AIEA, ainsi que le Symposium international sur le dessalement nucléaire de l'eau de mer qui s'est tenu en Corée du Sud en 1997, ont donné une forte impulsion aux programmes nationaux et interrégionaux pour le dessalement nucléaire. Parallèlement, l'AIEA a organisé en 2001, au Caire, un séminaire sur le fort potentiel des petits et moyens réacteurs nucléaires pour la cogénération d'électricité et d'eau potable. La conférence internationale de Marrakech, mentionnée plus haut, confirme les grandes possibilités qu'offre le dessalement de l'eau de mer par le nucléaire.

L'obstacle réel au dessalement nucléaire repose sur des comportements sociétaux extrêmes qui s'opposent catégoriquement à tout projet basé sur le nucléaire. S'il y a, certes, des contraintes financières, le dessalement nucléaire rencontre une grande opposition socio-politique : soupçonné des pires agissements par un public largement manipulé par les associations antinucléaires, les industriels sont très peu enclins à proposer l'utilisation de l'énergie nucléaire. Les organisations internationales comme l'AIEA, le WWC, le WONUC ou l'AIGAM, qui semblent jouir d'une certaine crédibilité publique, sont le cadre approprié pour résoudre le problème du manque

d'eau douce.

La solution du PBMR

Si l'opinion publique, en particulier depuis la catastrophe de Tchernobyl, reste assez sceptique quant à la généralisation de l'usage du nucléaire dans la production d'énergie (électricité, chaleur, etc.), il faut néanmoins signaler qu'un nouveau concept nucléaire est en train d'être développé en Afrique du Sud : il s'agit du PBMR (Pebble Bed Modular Reactor), un réacteur à lit de boulets. Anticipant une hausse de la demande énergétique au début du XXI^e siècle ainsi qu'une baisse de sa capacité à fournir de l'électricité bon marché, la société sud-africaine Eskom a décidé en 1993 de se lancer dans la recherche pour mettre au point une nouvelle génération de réacteurs nucléaires à haute température. La technologie des réacteurs à haute température a été pour la première fois développée en Allemagne au milieu des années 80. En 1996, Eskom acheta une licence pour la construction d'un réacteur de ce type et en améliora par la suite beaucoup d'éléments.

Lors de la conférence de Marrakech, David Nicholls, président directeur général de PBMR Ltd, a indiqué que même si le dessalement a été secondaire dans la conception de départ du PBMR, des discussions avec d'autres clients potentiels ont abouti à évaluer les qualités du PBMR pour le dessalement : « Cette évaluation a été très positive. Sa taille (400 MW thermiques et 165 MW électriques) et son cycle de Brayton font du PBMR un bon produit pour le dessalement. » Selon lui, relier le PBMR avec une unité d'osmose inverse ne demande pas de circuits additionnels. Il estime que le processus de dessalement exigerait, en termes d'énergie, environ 13,8 MW sur les 165 MW produits au total et qu'une telle usine produirait quelque 77 760 m³ d'eau par jour. Il a ajouté que le coût total de la maintenance (incluant les remplacements de membrane pour l'osmose inverse) n'excéderait pas 2,25 % du coût en capital par an.

Une unité PBMR comprend deux éléments essentiels : le réacteur, où de l'énergie thermique est générée à partir d'une réaction nucléaire, et l'unité de conversion énergétique,

où l'énergie thermique est convertie en travail mécanique puis en énergie électrique par le biais d'un cycle thermodynamique et d'un générateur.

Le réacteur du PBMR consiste en un gigantesque tube cylindrique en acier de 6 m de diamètre et de 20 m de hauteur. Le système de refroidissement est à base d'hélium ; une tige cylindrique en graphite occupe l'axe central du tube en acier et sert de modérateur pour les réactions en chaîne. Le cœur du réacteur, de 3,7 m de diamètre et de 9 m de hauteur, est situé à l'intérieur même de cette barre de graphite. La partie interne du cœur contient environ 185 000 sphères en graphite ; la partie externe contient quant à elle près de 370 000 sphères de fioul. Chaque sphère de fioul, dont l'apparence extérieure est celle d'une boule de billard, est à base d'uranium enrichi à 8 % en uranium 235 entouré de carbone (ou graphite). De l'hélium gazeux filtre à travers la tige en graphite centrale et refroidit le cœur du réacteur.

La deuxième partie du PBMR est composée de l'unité de conversion énergétique ; l'hélium servant à récupérer l'énergie calorifique du cœur du réacteur subit une compression au cours d'un cycle thermodynamique (cycle de Brayton).

La question qu'il convient de se poser est évidemment la suivante : pourquoi utiliser cette nouvelle filière de réacteurs à haute température alors qu'il existe déjà des centrales nucléaires classiques dont on maîtrise aujourd'hui très bien l'utilisation ?

Le PBMR est le représentant d'une nouvelle génération de réacteurs nucléaires avancés. Par rapport aux centrales classiques, ces réacteurs à haute température présentent d'énormes avantages pour des pays en voie de développement :

- Une sécurité passive grâce au système à lit de boulets : l'hélium est un gaz de refroidissement très stable et chimiquement inerte ; le graphite utilisé pour les sphères de fioul reste stable jusqu'à une température de 2 800 °C, ce qui permet de garder la configuration de départ des éléments de fioul tout au long de la réaction en chaîne et, en conséquence, d'éviter la fonte du cœur du réacteur. Enfin, grâce à l'enveloppe de carbone des particules de fioul qui permet d'iso-

ler le rayonnement radioactif, le stockage des déchets radioactifs est beaucoup plus facile que dans le cas des réacteurs à eau pressurisée et il se fait sur place.

- Une non-prolifération des matériaux utilisables pour la fabrication de bombes atomiques (en extrayant le plutonium des déchets, par exemple). Cela devrait encourager une plus forte adhésion du public à la dissémination du nucléaire dans les pays en voie de développement.

- Une courte durée de fabrication (deux ans), alors qu'une centrale thermique, hydroélectrique ou même nucléaire exige au moins huit ans, avec le risque d'engendrer une surcapacité.

- Une grande flexibilité et une facilité d'exploitation. Le concept modulaire permet la fabrication en série et l'ajout de nouveaux modules à l'unité primaire afin d'ajuster l'offre à la demande en énergie sur une échelle de temps courte. Ceci est important, notamment lorsqu'il y a des pics de demande en électricité lors des périodes de grand froid.

- Le PBMR permet de générer gratuitement un surplus d'énergie thermique que l'on peut utiliser pour alimenter des stations de dessalement d'eau de mer.

- Le PBMR est relativement peu coûteux à construire en comparaison avec les autres générateurs d'énergie : environ 1,3 million de dollars par mégawatt alors qu'une centrale thermique coûte 900 000 dollars par mégawatt en Afrique du Sud. Cette différence substantielle s'atténue à long terme en raison des coûts d'extraction et de transport du charbon.

- Enfin, l'utilisation du PBMR, par rapport aux centrales thermiques à charbon, contribue de façon notable à la réduction de l'émission des gaz à effet de serre.

En plus de l'accord des actionnaires, la poursuite du projet de construction d'un module de démonstration est sujette à une série de contrôles de la part du gouvernement sud-africain, à l'aboutissement du processus d'estimation d'impact environnemental et à la délivrance d'une licence de construction par le National Nuclear Regulator. Si les autorisations sont accordées rapidement, les activités de construction pourraient commencer dès fin 2004. ■