

l'eau utilisée par les agriculteurs, en Israël, et la proportion atteindra sans doute 80 pour cent d'ici 2025. Par ailleurs, l'épandage des boues d'épuration issues du traitement des eaux profite également à l'agriculture (voir l'encadré page 41).

Les agronomes participent aussi à l'économie d'eau en augmentant les rendements des cultures : celles-ci produisent plus de nourriture avec la même quantité d'eau. Par exemple, les variétés hybrides de blé et de riz, qui ont déclenché la révolution verte, convertissent davantage d'énergie de la plante, et donc d'eau prélevée, en céréales comestibles. Les variétés de riz à haut rendement et à maturation précoce ont triplé la quantité de riz récoltée par unité d'eau consommée. Aujourd'hui, on imagine mal une stratégie (d'hybridation classique ou par génie génétique) qui donnerait d'aussi bons résultats, mais quelques petites améliorations restent possibles.

... Et moins cher

L'économie d'eau en agriculture est nécessaire, mais l'irrigation ne vaincra jamais à elle seule la faim dans le monde ni la pauvreté. Parmi les 800 millions de personnes sous-alimentées dans le monde, des millions de familles de cultivateurs pauvres, particulièrement en Asie et en Afrique, où sévissent de longues périodes de sécheresse, pourraient profiter de l'irrigation ou d'une meilleure utilisation des ressources locales en eau. Pour ces populations, les techniques traditionnelles d'irrigation sont trop coûteuses pour leurs petites surfaces, souvent inférieures à deux hectares. Même les pompes motorisées les moins chères, qui puisent dans les eaux souterraines, coûtent plus de 2 000 francs, soit l'équivalent d'un an de salaire. Toutefois, des dispositifs moins onéreux ont fait leurs preuves.

Des pluies torrentielles inondent le Bangladesh durant les mois de la mousson, mais, en dehors de cette période, les précipitations sont peu abondantes. Beaucoup de champs sont en jachère pendant la saison sèche, bien que l'on trouve de l'eau souterraine à moins de six mètres de profondeur. Depuis 1984, une «pompe à pédales» actionnée au pied, a rendu de nombreuses exploitations agricoles productives toute l'année.

Cette pompe ressemble à un stimulateur de marche : l'utilisateur

appuie alternativement sur deux longues perches de bambou qui entraînent deux cylindres d'acier. L'eau souterraine est aspirée dans les cylindres, puis déversée dans un sillon qui parcourt le champ. Chaque jour, la pompe doit être actionnée durant quatre à six heures pour l'irrigation des rizières et des cultures de légumes. Malgré ce dur labeur, les paysans qui utilisent cette technique ne souffrent plus de la faim pendant la saison sèche et produisent même un surplus de légumes qu'ils vendent sur les marchés.

La pompe à pédales, qui coûte environ 200 francs, augmente de 600 francs par an le revenu moyen de ces paysans (qui gagne environ cinq francs par jour). Aujourd'hui, environ 1,2 million de pompes à pédales accroissent la productivité de plus de 240 000 hectares de terres cultivées. De plus, ces pompes sont fabriquées et vendues localement : elles ont augmenté de plus de 2,2 milliards de francs les revenus de l'économie bangladaise.

Dans d'autres régions pauvres et sèches, les cultivateurs utilisent des dispositifs de goutte à goutte et des arroseurs peu coûteux. Grâce à ces systèmes adaptés aux différents revenus et à la taille des exploitations, les paysans qui disposent de peu d'eau irriguent efficacement leurs terres. Sur les contreforts de l'Himalaya du Nord de l'Inde, où les cultures sont disposées en terrasses et irriguées avec une eau peu abondante, les paysans espèrent doubler leurs surfaces cultivées grâce à des systèmes de goutte à goutte bon marché.

Une large diffusion de ces techniques peu onéreuses requiert la création de chaînes d'approvisionnement locales qui incluraient des fabricants, des détaillants et des installateurs, ainsi que des campagnes de promotion. La pompe à pédales a connu un grand succès au Bangladesh, car des entreprises locales ont fabriqué et vendu le produit, dont les paysans ont eu connaissance grâce à des films projetés sur des écrans installés en plein air et à des démonstrations dans les villages.

Sandra POSTEL dirige le Projet de politique globale de l'eau, à Amherst, dans le Massachusetts.

Stephen FOSTER et al. *Groundwater in Rural Development*, Technical Paper, n° 463 World Bank, Washington, 2000.



3. DES POMPES À PÉDALES PEU ONÉREUSES aident plus d'un million de paysans bangladais à irriguer leurs champs. En appuyant alternativement sur les deux morceaux de bambou, ils actionnent une pompe qui déverse l'eau dans un sillon.

La diffusion de techniques d'irrigation à un prix abordable pour les petites exploitations pourrait réduire, dans les 15 prochaines années, la faim et la pauvreté de 150 millions de personnes parmi les plus pauvres du monde, et ainsi augmenter le revenu net dans ces zones rurales pauvres d'une vingtaine de milliards de francs par an.

Au cours des 20 prochaines années, le nombre d'habitants des pays qui manquent d'eau passera de 500 millions à 3 milliards. De nouveaux dispositifs aideront les agriculteurs à produire de la nourriture pour la population en expansion, tout en protégeant les fleuves, les lacs et les nappes aquifères. Toutefois, des changements socio-économiques plus profonds, notamment un ralentissement de la croissance démographique et de la consommation, seront nécessaires. Aujourd'hui que nous connaissons les menaces qui pèsent sur l'irrigation moderne, il nous appartient d'en tirer les conséquences.

Sandra POSTEL et W. NORTON, *Pillar of Sand ; Can the Irrigation miracle Last ?*, 1999.

Thorkild JACONSEN et Robert ADAMS, *Salt and Silt in Ancient Mesopotamian Agriculture*, in *Science*, vol. 128, pp. 1251-1258, novembre 1958.

Le dessalement de l'eau de mer

DIANE MARTINDALE • BERNARD TABOURIER

L'extraction d'eau douce des océans salés connaît un regain d'intérêt depuis la mise au point de nouvelles techniques.

Une crise de l'eau sur la planète bleue semble paradoxale. Pourtant, sur la Terre, 97 pour cent de l'eau est trop salée pour désaliner ou pour irriguer les cultures. Pour résoudre leurs difficultés d'approvisionnement en eau, certains pays désertiques du Moyen-Orient, des Caraïbes et du pourtour méditerranéen produisent de l'eau douce potable à partir de l'eau de mer. À mesure que le coût du dessalement baisse et que la demande en eau douce augmente, des pays des régions tempérées se tournent eux aussi de plus en plus vers le dessalement de l'eau de mer.

La distillation

Par exemple, aux États-Unis, l'un des pays les plus riches en eau du monde, les responsables de la gestion de l'eau dans la région de la baie de Tampa, en Floride, ont entrepris la construction d'une usine de dessalement capable de produire 95 000 mètres cubes d'eau dessalée par jour. Ils comptent sur le dessalement pour répondre aux besoins futurs en eau de la région.

La seule unité installée en France se trouve sur l'île de Sein, dans le phare. Elle est petite (environ 50 mètres cubes par jour) et subvient, en été, aux besoins d'eau supplémentaires liés à l'afflux de touristes.

L'extraction d'eau douce des océans existe depuis des siècles : elle est fondée sur l'évaporation, qui élimine les sels et les autres constituants indésirables.

On chauffe l'eau salée pour accélérer l'évaporation, on piège la vapeur d'eau qui se condense en refroidissant. C'est un procédé qui utilise de l'énergie dégradée, par exemple la chaleur dégagée par une centrale électrique. On peut améliorer son rendement en réutilisant une partie de la vapeur de distillation.

Ce procédé fonctionne bien, mais consomme plus d'énergie que le pompage souterrain dans des nappes propres ou que le traitement des eaux de surface pour les rendre potables. Toutefois, il est très utilisé dans les pays où le coût de l'énergie est faible, tels le Koweït, les Émirats arabes unis et l'Arabie Saoudite.

Certaines îles des Caraïbes, telles les îles de Saint-Martin, Saint-Barthélemy aux Antilles françaises ou l'île de Curaçao aux Antilles néerlandaises, de nombreuses îles de la Méditerranée font exception : depuis plusieurs dizaines d'années, les municipalités ont recours au dessalement de l'eau de mer (depuis 1928 pour Curaçao!).

Dans certaines de ces îles, le développement touristique a créé un déséquilibre entre les faibles ressources naturelles suffisantes pour la population autochtone et les besoins considérables et souvent saisonniers des touristes. Dans d'autres îles, et c'est le cas de Curaçao ou d'Aruba, au Venezuela, la production d'eau par dessalement a historiquement accompagné un développement industriel insulaire ancien, qui correspond à l'installation des raffineries du pétrole vénézuélien, extrait à proximité, dans la baie de Maracaïbo.

L'osmose inverse

Le dessalement de l'eau de mer par filtration à travers une membrane est apparemment moins onéreux que la distillation, mais utilise une énergie noble, l'électricité. Le dessalement par membrane représente 15 pour cent des installations mondiales, soit environ 16 millions de mètres cubes. Il est fondé sur l'osmose inverse : deux réservoirs, l'un contenant de l'eau salée et l'autre de l'eau pure, sont mis en contact par l'intermédiaire d'une fine membrane dont les pores sont suffisamment petits pour ne laisser passer que les molécules d'eau. L'eau salée subit une pression élevée qui «pousse» les molécules d'eau à traverser la membrane et à enrichir l'eau pure en molécules d'eau, tandis que le sel et les autres impuretés restent du côté de l'eau salée.

Toutefois, les premières membranes, constituées de fibres de polyamide ou de feuilles d'acétate de cellulose, étaient fragiles et se rompaient facilement sous l'effet de la pression ; elles avaient des durées de vie limitées, trois ans seulement environ. De plus, ces matériaux sont très sensibles aux composés de l'eau de mer, notamment au chlore qui durcit les membranes et aux micro-organismes qui bouchent les pores. Pour éviter cela on pratique des prétraitements rigoureux, telle la filtration des sédiments et des bactéries.

Une nouvelle génération de membranes minces, nommées composites,