

ANNUAIRE FRANÇAIS
DE
RELATIONS
INTERNATIONALES

2015

Volume XVI

**PUBLICATION COURONNÉE PAR
L'ACADÉMIE DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES**

(Prix de la Fondation Edouard Bonnefous, 2008)



Université Panthéon-Assas
Centre Thucydide

INFRASTRUCTURES ET TECHNOLOGIES DE L'EAU DOUCE : LE RISQUE D'UNE FUITE EN AVANT

LES VULNÉRABILITÉS D'UNE GESTION DE L'EAU
CENTRÉE SUR L'OFFRE

PAR

ALEXANDRE TAITHE (*)

Première source de tensions sociales et politiques liées à l'eau, la rareté crée mécaniquement une concurrence entre les usages de la ressource aux échelles internes et régionales et incite les acteurs des politiques de l'eau à sécuriser quantitativement les volumes dont leurs sociétés et collectivités dépendent, voire à les accroître. Car la pression sur les ressources augmente partout dans le monde et concerne les eaux de surface et souterraines. Cela est dû mécaniquement – même si ce lien a des limites – à l'augmentation de la population mondiale (1) et des usages qui y affèrent (eau domestique et agricole essentiellement). Dans le même temps, la consommation d'eau par habitant est en hausse, car elle accompagne l'amélioration du niveau de vie ou même le simple raccordement à des réseaux (eau potable ou irrigation) (2). Cette hausse de la demande en eau est aggravée par la diminution de la disponibilité des ressources dans la plupart des grands bassins, que ce soit à cause d'une dégradation qualitative (pollution...) ou quantitative (changement climatique, surexploitation d'aquifères).

Qu'il s'agisse de pénuries en eau, de pollutions de la ressource, mais également de crues et d'inondations, les solutions aux crises récurrentes de l'eau seraient-elles infrastructurelles et technologiques ?

Plusieurs facteurs renforcent une vision infrastructurelle à la fois de la représentation de ce qu'est une crise de l'eau (3), et des solutions qui découlent de cette perception. Le premier est l'influence majeure des

(*) Chargé de recherche à la Fondation pour la recherche stratégique (FRS, France).

(1) La population mondiale est passée de 1,6 à 7,244 milliards d'individus entre 1900 et 2014. Cf. United Nations, *State of the World Population 2014*, United Nations Population Fund, 2014, 136 p., disponible sur le site Internet www.unfpa.org/swop.

(2) Ainsi, les prélèvements et la consommation d'eau par habitant ont doublé dans le monde entre 1900 et 1995. Cf. William J. COSGROVE / Frank R. RIJSBERMAN (pour le Conseil mondial de l'eau), *World Water Vision. Making Water Everybody's Business*, Earthscan, Londres, 2000, p. 8.

(3) Le choix des indicateurs de crise est ainsi loin d'être anodin. L'expression d'un ratio ressource/habitant (le « stress hydrique ») privilégiera des réponses quantitatives et de la gestion par l'offre. Le taux d'utilisation des ressources en fonction du potentiel de prélèvement soulignera les carences infrastructurelles d'un pays et les investissements, publics et privés, qui y sont nécessaires.

ingénieurs dans les politiques de l'eau depuis la fin du XIX^e siècle, des médecins et ingénieurs hygiénistes chargés de l'approvisionnement en eau potable des populations, aux planificateurs et bâtisseurs de transferts d'eau et réseaux de canaux, que ce soit par exemple dans les Indes anglaises, en Californie, au Mexique ou en France. Ensuite, les politiques de l'eau sont encore guidées, voire décidées, par de grands corps d'ingénieurs dans de nombreux pays. En Chine, le recours très fréquent à l'infrastructure lourde (grands barrages, endiguement des fleuves, transferts massifs d'eau...) résulte directement de la domination d'une conception technique et centralisée sur la politique de l'eau, elle-même éclatée entre neuf ministères. Cette vision « ingénieriale » (4) de la crise de l'eau et de ses solutions a été infléchie par plusieurs rapports internationaux (5) qui, publiés à l'occasion des éditions du Forum mondial de l'eau, requalifient les défis de l'eau en une crise de la gouvernance de la ressource. Paradoxalement, ce questionnement sur la capacité à agir des acteurs des politiques de l'eau renforce également les visions infrastructurelles de la gestion de l'eau. En effet, les décideurs publics sont confrontés dans le domaine de l'eau à des blocages insurpassables : la fonction sociale de l'agriculture (premier secteur consommateur d'eau dans le monde), des blocages internes (tensions interprovinciales, poids des grands propriétaires agricoles sur la vie politique, les déséquilibres sociopolitiques dont un inégal partage de l'eau est le reflet...). Dès lors, agir sur les demandes en eau, c'est-à-dire contrôler et réduire les usages actuels, s'avère particulièrement complexe et la gestion par l'offre (augmenter la disponibilité de l'eau) s'impose par défaut.

Or le développement des techniques, technologies et infrastructures pour augmenter la disponibilité physique de l'eau a été considérable depuis le milieu du XX^e siècle et cet essor réactualise l'enjeu de la place des visions « ingénieriales » dans les politiques de l'eau. Cependant, ce large éventail de solutions infrastructurelles, lorsqu'il sert une vision de la gestion de l'eau centrée à l'excès sur l'offre, induit de nouvelles vulnérabilités techniques, de gouvernance et de développement.

(4) Sur la prédominance d'une vision ingénieriale des politiques de l'eau dans de nombreux pays, cf. par exemple : Arnaud BUCHS, « Observer, caractériser et comprendre la pénurie en eau : une approche institutionnaliste de l'évolution du mode d'usage de l'eau en Espagne et au Maroc », Thèse de doctorat, Sciences économiques, Université de Grenoble, 2012, 551 p. ; Jean-Pierre LE BOURHIS, « La publicisation des eaux. Rationalité et politique dans la gestion de l'eau en France (1964-2003) », Thèse de doctorat, Science politique, Université Panthéon-Sorbonne-Paris I, 2004, 530 p. ; Edith KAUFFER, « Le Mexique et l'eau : de la disponibilité naturelle aux différents types de rareté », *Géocarrefour*, vol. LXXXI, n° 1, 2006, pp. 61-71. Sur les questions d'irrigation, cf. Marcel KUPER, « Des destins croisés : regards sur 30 ans de recherches en grande hydraulique », *Cah Agric.*, vol. XX, n° 8 1-2, janv.-avr. 2011, pp. 16-23.

(5) Cf. par exemple : Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau, *L'Eau pour les hommes, l'eau pour la vie*, UNESCO Publishing, Paris, 2003, 576 p. ; Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau, *Water, a Shared Responsibility. The United Nations World Water Development Report 2*, UNESCO Publishing, Paris, 2006, 584 p. ; Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau, *Managing Water under Uncertainty and Risk*, UNESCO Publishing, Paris, 2012, 404 p.

LE DÉVELOPPEMENT DES TECHNOLOGIES
ET INFRASTRUCTURES DE L'EAU DOUCE*L'essor du dessalement*

Le dessalement est régulièrement présenté comme une solution durable à la crise de l'eau. Toutefois, les coûts financiers et énergétiques du dessalement réservent les deux tiers de son usage à l'approvisionnement en eau potable des populations (et 30% à l'industrie, à la production énergétique). L'agriculture, pour des usages à forte valeur ajoutée comme la culture de légumes, est accessoirement un destinataire potentiel (1% de l'eau dessalée produite).

L'émergence du marché du dessalement date du milieu des années 1960. Une technologie, la distillation, supplante alors les autres pour représenter 90% des installations à cette période. La distillation, qui consiste à chauffer l'eau salée pour la transformer en vapeur, exige un investissement énergétique massif. La vapeur est ensuite condensée pour obtenir de l'eau douce. L'énergie doit donc être abondante et bon marché, ce qui explique que 50% de l'eau dessalée dans le monde est encore produite dans les Etats pétroliers et gaziers du Moyen-Orient (6).

L'osmose inverse (OI) consiste à filtrer de l'eau salée, par l'exercice d'une pression de plusieurs dizaines de bars, à travers des membranes micro-perméables qui retiennent le sel, les micro-algues ou les bactéries, mais laissent passer les molécules d'eau. 80% des usines de dessalement aux Etats-Unis fonctionnent sur ce principe. Depuis l'apparition d'une nouvelle génération de membranes en 1995, le coût de l'osmose inverse est devenu inférieur à celui de la distillation. La technologie de l'OI, qui constitue 20% des unités au début des années 1980, s'impose aujourd'hui, devant les procédés de distillation. Plus de 60% de la capacité installée de désalinisation s'opère ainsi par osmose inverse.

(6) A la distillation à détente étagée (*Multi-Stage Flash Distillation* ou MSF) a succédé le procédé de distillation à multiples effets (*Multi-Effect distillation* ou MED), plus économe, mais à l'origine réservé à des volumes de production plus restreints.

Tableau n° 1 : Capacité mondiale de dessalement (production installée)

	1997	2008 ⁷	2012 ⁸	2013	2016	2020
Capacité installée (en millions de m³/j)	18	51	74.8	80,9	125 ⁹	
Part de l'Osmose inverse		55%	63%			70%
Part de la distillation thermique (MSF et MED)		45%	31%			30%

La multiplication des capacités de production d'eau dessalée (d'un facteur 3 entre 1990 et 2000, d'un facteur 2 entre 2000 et 2008, et probablement encore d'un facteur 2 entre 2008 et 2016) confirme l'essor de ce secteur. En 2013, plus de 17 000 installations avaient un potentiel de production de 81 millions de m³ par jour.

L'eau traitée par des unités de dessalement est pour près de 60% de l'eau de mer (10), tandis que 21% proviennent d'eau saumâtre. Les technologies employées servent en effet également à rendre potable de l'eau douce (de surface ou souterraine) ou à recycler des eaux usées.

En fonction des degrés de salinité et des procédés appliqués, le prix d'un mètre cube d'eau dessalée oscille entre 0,4 et 0,82 dollar pour l'osmose inverse et entre 0,75 et 1,8 dollar pour la distillation (le procédé MED conduit à un coût de production situé entre 0,75 et 0,85 dollar/m³). Ces prix, couramment relayés, ne différencient cependant pas le dessalement d'eau de mer (entre 35 et 70 g de sel par litre d'eau), de celui d'eau saumâtre (2 à 10 g/l de sel). L'osmose inverse, extrêmement performante avec des eaux faiblement salées, peut se révéler, si le taux de sel est trop important, soit inadaptée, soit d'un coût similaire à la distillation. Le prix du dessalement d'eau saumâtre en osmose inverse varie ainsi entre 0,2 et 0,4 dollar/m³. La désalinisation est devenue un complément de ressource en eau plus compétitif que les transferts massifs d'eau. L'Espagne, pourtant friande d'infrastructures hydrauliques, a par exemple renoncé à des dérivations de l'Ebre pour construire 20 stations de désalinisation à la fin des années 2000. Le projet de transfert Rhône-Catalogne, quel que soit son dimensionnement technique, était également plus cher que le dessalement.

(7) Sources : Degremont, Aquasat (FAO), Veolia, et infographie *Le Monde* (15 mai 2008).

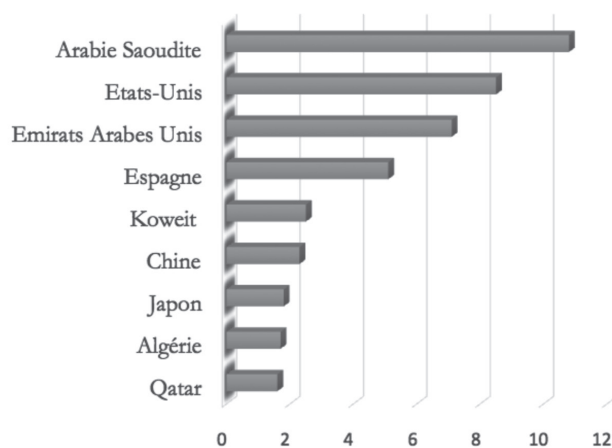
(8) Au 30 juin 2012, IDA, 25th *Desal Data. IDA Worldwide Desalting Plant Inventory*, IDA.

(9) Prévision Degremont (2014) et Suez Environnement/Degremont, *Desalination. The Sustainable Alternative*, Degremont Water Treatment Handbook Factsheets, 2012, 4 p.

(10) Global Water Intelligence, *Global Water Market 2014. Meeting the World's Water and Wastewater Needs Until 2018*, vol. I, GWI, 2013, 425 p.

Les coûts énergétiques sont nettement en faveur de l'osmose inverse. Ainsi, la distillation par MSF nécessite au moins 12 kWh/m³, celle par MED (11) au moins 6.5 kWh/m³ et l'osmose inverse, 4 kWh/m³ – la récupération d'une partie de la pression lors du rejet des saumures permet de diviser ce coût énergétique par deux lorsque l'eau est initialement peu salée. Cependant, le recours au dessalement à grande échelle fait croître la demande en électricité pour l'eau de manière considérable, au point de menacer la sécurité énergétique d'Etats ne disposant pas d'abondantes réserves d'hydrocarbures. Le modèle de gestion par l'offre appliqué par les pays du Golfe persique semble ainsi non transposable à d'autres aires géographiques.

**Graphique n° 1 : Capacité de dessalement installée en 2012
en millions de m³/jour (12)**



La réutilisation des eaux usées

Dans un contexte de pression croissante sur la ressource disponible, le recyclage des eaux usées après traitement, le plus souvent pour un usage agricole, est l'une des sources complémentaires d'eau parmi les plus prometteuses. Son bilan global (coût financier, énergie, impact sur l'environnement) s'avère bien meilleur que les autres types d'eau non conventionnelle (dessalement, réutilisation, aquifères fossiles...).

(11) Une meilleure efficacité de l'usage de la vapeur et le recours à une basse pression pour diminuer la température d'évaporation, pourraient permettre dans les prochaines années de réduire le coût énergétique du procédé MED entre 1 et 1,8 kWh/m³, soit moins que celui de l'osmose inverse. Cf. Anthony BENNETT, « 50th anniversary: desalination - 50 years of progress (Part. 2) », *Filtration + Separation*, 29 juil. 2013, disponible à la page www.filtsep.com/view/33597/50th-anniversary-desalination-50-years-of-progress-part-2/.

(12) Sources : Degremont, Aquasat (FAO) et Veolia, et infographie *Le Monde* (15 mai 2008).

Le prix, tout d'abord, s'avère 2 à 3 fois inférieur à celui du dessalement. Cela étend ainsi l'éventail des usagers potentiels : 60% de l'eau recyclée est consommée par l'agriculture. La technologie la plus compétitive, l'osmose inverse, rend également compatible le recyclage avec des usages qualitativement exigeants, comme l'industrie (électronique) ou les services aux particuliers (arrosage et, très rarement, l'eau de boisson). Les pays industrialisés, même quand l'eau ne manque pas, peuvent être amenés à avoir recours à cette technologie pour des préoccupations environnementales et/ou d'opinion publique. Le recyclage peut ainsi incarner une volonté politique de diminuer l'empreinte écologique d'une collectivité. Pour les pays en développement, le « *reuse* » permet d'augmenter la ressource effectivement disponible à un coût inférieur (d'installation et de fonctionnement) à celui du dessalement, mais il implique la collecte et l'assainissement minimum des eaux usées, ce qui est loin d'être le cas dans les pays en développement, *a fortiori* en dehors des mégapoles. De ce fait, le recours au recyclage est anecdotique en Amérique latine et en Afrique (hormis le Maghreb, l'Afrique du Sud et la Namibie).

Les volumes d'eau réutilisée sont en 2013 estimés à environ 60 millions de m³ par jour (13), mais le potentiel de volumes réutilisables est immense à l'échelle globale : « *Moins du tiers des eaux usées industrielles et domestiques sont collectées et un peu moins de la moitié des eaux collectées sont traitées, soit 160 milliards de m³. Au final, moins de 4% des eaux dépolluées sont aujourd'hui réutilisées* » (14).

Les transferts massifs d'eau

La disponibilité de l'eau pouvant déjà être très variable (dans l'espace et selon les saisons) au sein d'un même Etat, de nombreux pays ont mis en place d'importants transferts d'eau entre des bassins hydrographiques distincts, reliant ainsi physiquement et symboliquement différentes parties de leur territoire. La mise en place de tels transferts, exigeant le recours à des infrastructures lourdes (réseaux de canaux ou canalisations, réservoirs et barrages, stations de relevage) est particulièrement importante en Inde, au Pakistan, en Chine ou encore dans le Sud méditerranéen, en Espagne, en Israël, en Libye ou en Arabie saoudite.

La Chine a initié une vaste opération de transvasement de ressources du Yangtsé vers le Nord, *via* trois canaux dont la construction et la montée en capacité devraient s'étendre jusqu'en 2050. Les premiers canaux (oriental et central) sont respectivement devenus opérationnels en 2013 et 2014 et leurs prélèvements s'élèveraient à 20 km³ (deux fois la Seine à Paris). Pour autant, l'absence de solidarité entre provinces s'illustre fréquemment dans le domaine de l'eau en Chine. Certaines d'entre elles, comme le Jiangsu,

(13) *Global Water Intelligence 2013, op. cit.*

(14) AFD, *La Réutilisation des eaux usées traitées (REUT). Eléments de méthodologie pour l'instruction de projets*, AFD, 26 sept. 2011, 29 p.

rechignent à assumer les coûts énergétiques (pompage) des transferts d'eau vers le Nord. D'autres, plus en amont, souhaitent une meilleure répartition des bénéfices entraînés par les barrages, car elles en subissent l'essentiel des désagréments.

Sur le canal oriental, 14 stations de relevage ont été installées. Les autorités chinoises minimisent (15) pourtant le coût énergétique de ce transport d'au moins une dizaine de milliards de m³ sur plus de 1 000 km.

Forages, puits, pompage : le recours croissant aux eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent une ressource primordiale pour l'homme. Elles représentent dans le monde environ 50% des prélèvements (16) pour l'eau potable et 20% de l'eau utilisée pour l'irrigation. En Inde, 65% de la production agricole dépend de l'eau souterraine et 85% de l'eau potable pour les grandes villes. En zones arides et semi-arides, 60% des prélèvements pour l'irrigation proviendraient de nappes souterraines (17).

Si le creusement de puits est utilisé comme source d'eau depuis plus de 10 000 ans, la diffusion de millions de pompes et des techniques de forage, y compris dans des aquifères profonds, a contribué à une hausse massive des prélèvements dans les eaux souterraines depuis le milieu du XX^e siècle. En Inde, la petite irrigation par pompage s'est développée grâce à l'accessibilité financière de petites pompes diesel depuis les années 1960. C'est aujourd'hui près de 19 millions de pompes (18), électriques ou diesel essentiellement, qui assurent quotidiennement le principal appoint d'eau pour l'irrigation, bien loin devant les eaux de surface.

Cette agriculture atomisée ne résulte pas d'une politique publique volontariste. C'est bien l'absence de capacité des autorités indiennes à proposer de solutions à la demande en eau des communautés d'irrigants qui a conduit ces dernières à s'affranchir des autorités fédérées et centrales en matière de politique de l'eau, en s'équipant de millions de pompes.

Autre type de nappes existantes, la nappe fossile (19) (ou aquifère à eau non renouvelable) est une particularité à la fois géologique et climatique.

(15) Entretiens réalisés à Pékin, Shanghai et Wuhan en novembre 2013.

(16) Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau, *L'Eau pour les hommes, l'eau pour la vie*, UNESCO Publishing, 2003, p. 78.

(17) Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau, *Water, a Shared Responsibility. The United Nations World Water Development Report 2*, UNESCO Publishing, Paris, 2006, p. 128.

(18) Tushaar SHAH, *Taming the Anarchy. Groundwater Governance in South Asia*, RFF Press/IWMI, Washington, 2009, 310 p.

(19) La Commission de terminologie du Comité national français des sciences hydrologiques en propose la définition suivante : « Eau présente dans un aquifère depuis une très longue durée (de l'ordre de plusieurs siècles au moins, plus généralement plusieurs millénaires ou dizaines de millénaires), entrée souvent sous des conditions climatiques et morphologiques différentes des conditions actuelles, hors du jeu du cycle de l'eau contemporain ». Dictionnaire français d'hydrologie (essentiellement rédigé par Jean Margat), accessible sur le site Internet www.cig.enscm.fr/~hubert/glu/indexdic.htm.

Elle désigne en fait un renouvellement particulièrement lent de l'aquifère (de plusieurs siècles à des dizaines de milliers d'années).

Dès lors, toute forme d'utilisation de ressources non renouvelables devient par définition une surexploitation, car elle conduit à la disparition progressive de ces nappes. L'eau n'est alors plus assimilée à une ressource renouvelable, mais à une ressource minière et la nappe à un gisement – on parle alors d'exploitation minière. Une quinzaine de systèmes aquifères fossiles est actuellement exploitée, principalement en Afrique du Nord, en Afrique subsaharienne et au Moyen-Orient (20). En Libye et en Arabie saoudite, plus de 50% des demandes totales en eau sont couvertes par les nappes souterraines. Certains forages atteignent 2 500 mètres de profondeur en Arabie saoudite (région de Tawil) (21), conduisant à des coûts énergétiques d'exploitation considérables.

Les barrages

De multiples buts guident la construction des grands barrages. Ces derniers servent à régulariser le flux des fleuves, prévenant les risques d'inondations et constituant des réserves d'eau pour l'irrigation pour la saison sèche. Ces stocks bénéficient également aux usages domestiques et industriels, et à la production d'hydroélectricité. Au-delà de ces objectifs rationnels et des multiples inconvénients qu'il induit (évaporation, impacts sociaux, sanitaires et environnementaux notamment), le grand barrage nourrit l'imaginaire et la symbolique de l'action politique, synonyme tout à la fois d'une nature dominée par l'homme et expression de la puissance de l'Etat sur ses administrés. L'immense vague de construction de ces infrastructures après la Seconde Guerre mondiale n'est ainsi pas étrangère à l'affirmation d'une autonomie énergétique et alimentaire par des pays qui venaient d'acquérir leur indépendance.

40 000 grands barrages (22) sur les 45 000 existants aujourd'hui ont été construits après 1949. La Chine, qui n'en dénombrait que 22 avant cette date, dispose désormais de 22 000 grands barrages, soit 45% du parc mondial (23). L'Espagne, avec près de 1 200 constructions (569 en France), compte le plus grand nombre de barrages par habitant et par km².

(20) Cf. Alexandre TAITHE / Franck GALLAND / Bruno TERTRAIS, *Les Frontières invisibles de l'eau. Géopolitique des eaux souterraines transfrontalières*, Technip/Ophrys, Paris, 2015.

(21) Ministry of Water and Electricity (Kingdom of Saudi Arabia), *Investigations for Updating the Groundwater Mathematical Model(s) of the Saq and Overlying Aquifers*, mars 2008, 128 p., disponible sur le site Internet www.scribd.com/doc/16845648/Saq-Aquifer-Saudi-Arabia-2008.

(22) La Commission mondiale des barrages qualifie de « grand barrage » une construction dont la hauteur est supérieure à 15 mètres ou si elle est comprise entre 5 et 15 mètres, avec un réservoir d'une capacité d'au moins 5 millions de m³.

(23) World Commission on Dams, *Dams and Development. A New Framework for Decision-Making*, Earthscan, Londres, 2000, 404 p.

DE NOUVELLES VULNÉRABILITÉS INHÉRENTES
A DES APPROCHES EXCESSIVEMENT TECHNOLOGIQUES
ET INFRASTRUCTURELLES DE LA GESTION DE L'EAU

Une vulnérabilité à la sécurité énergétique d'Etats ?

Hormis les barrages, les solutions (*cf. supra*) visant à augmenter la disponibilité de l'eau ont pour point commun d'être fortement consommatrices en énergie, au risque de créer de profondes vulnérabilités techniques, de gouvernance et de développement.

Les coûts énergétiques croissants de la mobilisation de l'eau agricole et domestique représentent déjà un risque pour la sécurité énergétique de plusieurs dizaines d'Etats dans le monde, qui peuvent se répertorier selon deux profils.

La petite irrigation par pompage en Asie du Sud : une gestion lacunaire de la demande en eau compensée par une gestion de l'offre atomisée

Une première catégorie englobe des pays ou régions où la petite irrigation par pompage dans les systèmes aquifères est abondante, à l'image de l'Asie du Sud ou des provinces du nord-est de la Chine. Les gigantesques coupures d'électricité des 30 et 31 juillet 2012 dans la moitié nord de l'Inde illustrent l'intensité du lien entre la mobilisation de l'eau souterraine et la consommation d'énergie et la manière dont les gouvernements locaux et nationaux ont accompagné à l'excès la transformation des zones rurales par la petite irrigation par pompage.

En juin et juillet 2012 en Inde, après le semis du riz, les pluies de mousson sont particulièrement basses dans le Pendjab, l'Haryana et l'Uttar Pradesh. Les gouvernements de ces trois Etats fédérés, élus six mois à un an auparavant, cèdent sous la pression des irrigants. Ils autorisent ces derniers à dépasser leurs quotas d'électricité (6 à 8 heures par jour) dédiés au pompage des eaux souterraines, à l'encontre des recommandations du régulateur central de l'électricité. Cet appel de charge de plusieurs millions de pompes, hors allocations planifiées d'électricité, conduit alors à l'effondrement en chaîne des réseaux. Le 31 juillet 2012, 670 millions de personnes dans la moitié nord et nord-est de l'Inde sont privées d'électricité (24) pendant près de 18 heures... Si la vétusté du réseau électrique, une sous-production électrique chronique et un pic de consommation en électricité à cause des fortes chaleurs (climatisation) expliquent également la brutalité de ce gigantesque *black out*, ce dernier découle directement de prélèvements en eau souterraine pour un usage d'irrigation dans les trois Etats précités.

L'essor du pompage dans les eaux souterraines en Inde a créé une révolution qui a plusieurs visages. Il a permis de s'affranchir de la

(24) Note de la Mission économique de l'ambassade de France à Dehli, 2 août 2012.

disponibilité saisonnière et aléatoire de l'eau de surface et de cultiver des champs toute l'année (plusieurs récoltes). Cette autonomie à l'égard des réseaux de canaux d'eau de surface est devenue économique, politique et sociale. Économique car la petite irrigation villageoise a apporté un moyen de subsistance beaucoup plus régulier et parfois même une aisance relative aux fermiers. Autonomie politique et sociale également vis-à-vis de ceux qui contrôlent les canaux, qu'il s'agisse de grands propriétaires terriens ou d'autorités administratives (corruption, influence des castes...).

Le corollaire négatif de cette indépendance nouvelle conquise par les petits irrigants est qu'il n'y a pas de levier d'action pour gérer plus globalement les prélèvements dans les aquifères et les coûts énergétiques qui y affèrent... L'échelle de l'action publique devient tout au plus celle des communautés d'irrigants, à convaincre – ou à contraindre – individuellement.

Dans six Etats indiens, la part d'électricité pour l'irrigation par pompage dans les eaux souterraines oscille de ce fait entre 35% et 45% des consommations totales (Andhra Pradesh, Gujarat, Karnataka, Uttar Pradesh, Pendjab et Haryana) (25) ! En prenant en compte les autres Etats de l'Union indienne où les pompes fonctionnent majoritairement au diesel, 8,9% de l'énergie primaire et 30,5% de l'électricité seraient consommées à l'échelle nationale pour la mobilisation – et la production – de l'eau douce (26).

Cette situation résulte tout d'abord d'une gestion de l'offre en eau inadaptée aux besoins des zones rurales et agricoles de l'Inde, qui s'appuyait sur un large réseau de canaux d'eau de surface, développé sous l'ère britannique. Ces coûts énergétiques colossaux de l'irrigation sont aussi la conséquence d'une incapacité institutionnelle à gérer les demandes en eau, c'est-à-dire en l'occurrence à réguler et contrôler les prélèvements dans les eaux souterraines.

Les politiques à grande échelle de gestion de l'eau par l'offre exacerbent les coûts énergétiques

La seconde catégorie illustrant l'importance des besoins en énergie pour mobiliser et produire de l'eau recoupe les Etats qui ont recours massivement à des ressources en eau non conventionnelles (dessalement, réutilisation, exploitation d'eau souterraine fossile...) et à des transferts interbassins massifs.

Pour l'agriculture, les prélèvements, les transferts et l'irrigation elle-même nécessitent par exemple en moyenne 1 kWh/m³. Et cette

(25) Asia Society, *Asia's Next Challenge: Securing the Region's Water Future*, Leadership Group on Water Security in Asia, avr. 2009, 59 p.

(26) X. GOOSSENS / J.-F. BONNET, « Étude de la matrice des interactions eau-énergie », in Commissariat général du plan, *Penser l'avenir pour agir aujourd'hui*, Rapport 2001 du Club « Énergie, prospective et débats », Paris, juin 2001, tome 2, pp. 789-897 ; S. CAI / A. AYONG-LE-KAMA / J.-F. BONNET, « Hydroelectricity and energy-water nexus », World Energy Congress, Sydney, sept. 2004.

consommation en énergie augmente si le pompage a lieu dans des eaux souterraines, si l'eau a besoin d'être surélevée pour son transport et si l'irrigation a lieu par canaux pressurisés, trois contraintes qu'on retrouve dans la récente extension des surfaces irriguées en Egypte *via* le canal de Touchka, à l'ouest du Nil. Des projets de ce type, en théorie performants sur le plan de l'efficacité hydrique, entraînent en revanche une dépense énergétique supérieure à celles d'infrastructures d'irrigation plus classiques.

La réutilisation des eaux usées, plutôt destinée à l'agriculture, entraîne de la même manière un surcoût énergétique de l'ordre de 1 kWh/m³ (à comparer, pour mémoire, aux coûts énergétiques du dessalement d'eau saumâtre, d'1,5 kWh/m³, et d'eau de mer, au mieux entre 2 et 4 kWh/m³ pour l'osmose inverse). La réutilisation présente ainsi un bilan énergétique plus compétitif que les transferts d'eau sur une distance supérieure (27) à 60 km (hors dénivelé très favorable).

Ces ordres de grandeur ayant été donnés, la mobilisation et la production de l'eau (28) dans l'espace méditerranéen sont estimées à 0,4 kWh/m³ en France et à 1,5 kWh/m³ en Israël (qui a recours au dessalement, à la réutilisation, à des transferts longue distance). Du fait du développement du dessalement en particulier (que ce soit à partir de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre), le besoin énergétique par m³ d'eau produit dans les pays du sud et de l'est de la Méditerranée (PSEM) devrait passer de 0,2-0,4 kWh en 2000 à 1 kWh en 2025, contre respectivement 0,4 à 0,7 kWh/m³ dans les pays du nord de la Méditerranée (PNM) (29).

Ainsi, dans les pays du sud et de l'est de la Méditerranée, qui mettent en œuvre l'ensemble de ces solutions techniques, la seule demande en électricité pour la mobilisation et la production d'eau douce en 2025, pourrait représenter 20% des consommations totales en électricité (30), contre environ 10% aujourd'hui. Ces considérations sont à replacer dans un contexte de tensions énergétiques internes à la plupart de ces pays, où l'électricité constitue un levier essentiel du développement économique dans tous les secteurs d'activité.

Certains Etats, qui disposent d'une énergie abondante et à bas coût, recourent massivement à de l'eau non conventionnelle. L'Arabie saoudite est par exemple le premier producteur mondial d'eau dessalée et dispose également de la plus grande capacité de production. Comme l'indiquait le

(27) Gaëlle THIVET, « Eau/énergie, Energie/eau et changement climatique en Méditerranée », in *Plan Bleu, Changement climatique et énergie en Méditerranée*, juil. 2008, pp. 10-19, disponible sur le site Internet www.planbleu.org/.

(28) *Ibid.*

(29) Plan bleu, « Des stratégies de gestion intégrée des ressources en eau et en énergie pour faire face au changement climatique », *Les Notes du Plan bleu*, n° 9, nov. 2008, 4 p., disponible sur le site Internet www.planbleu.org/.

(30) Intervention de Mohammed BLINDA, « Improving water and energy use efficiency in the Mediterranean », in *Eco-Cities Forum, Eco-Cities of the Mediterranean*, UNIDO, 2011, 30 p.

prince Turki Saud Mohammed al Saoud (31), vice-président de KAUST (32), lors de l'Abu Dhabi International Water Summit de janvier 2013, la Saline Water Corporation saoudienne a besoin de l'équivalent de 350 000 barils de pétrole par jour pour le dessalement, qui lui sont de plus vendus à un prix bien en deçà de ceux du marché international (il est question d'une division par près de 100 !), ce qui représente un manque à gagner important pour l'Etat saoudien.

Gérer exclusivement l'offre en eau au détriment d'actions sur la demande : une vulnérabilité aux pénuries paradoxalement accrue

L'écueil pour un Etat ou un dirigeant politique consiste à privilégier à l'extrême la gestion de l'offre, en cherchant à sécuriser quantitativement ses usages actuels ou à augmenter la ressource mobilisable (eau souterraine renouvelable ou fossile, recours massif au dessalement, recharge artificielle, transferts massifs interbassins). Cela fait dépendre les sociétés humaines de toujours plus d'eau, sans que cela ne soit accompagné de réflexions sur les demandes, usages et arbitrages actuels. Des lectures trop mécaniques des crises de l'eau, excessivement centrées sur des ratios entre disponibilité de la ressource et population, conduisent alors logiquement à des solutions quantitatives, basées sur l'offre.

Sans gestion de la demande, le recours à cet éventail de solutions infrastructurelles et technologiques augmente la vulnérabilité des Etats aux pénuries d'eau. En particulier, l'usage massif d'eau fossile ou d'eau dessalée donne l'illusion d'une disponibilité en eau plus abondante qu'elle ne l'est en réalité (les ressources renouvelables). Cela amplifie les dépendances à des quantités d'eau toujours croissantes, dans un contexte de raréfaction régionale de la ressource (désertification naturelle, changements climatiques). Qu'advient-il par exemple de l'agriculture saoudienne ou jordanienne dans les vingt ou trente prochaines années, très dépendantes d'aquifères fossiles dont la durée d'exploitation est incertaine à ces horizons ? Quel sera l'impact sur la stabilité politique et sociale de ces pays ?

L'approvisionnement en eau potable de la plupart des Etats du Moyen-Orient riches en hydrocarbures est, de plus exposé, à des risques physiques sur les installations. Une marée noire dans le Golfe persique compromettrait gravement le fonctionnement des centrales de dessalement sur le littoral, dont dépendent par exemple Ryad, Abou Dhabi et Dubaï. Le sabotage des canalisations (plus de 400 km) reliant la capitale saoudienne à ce réseau d'unités de dessalement aurait également de graves conséquences. En effet, l'approvisionnement en eau potable est presque à flux tendus dans ces pays, faute de capacités de stockage : le Qatar et Bahreïn disposent de

(31) Cité par Franck GALLAND *in* Alexandre TAITHE / Franck GALLAND / Bruno TERTRAIS, *op. cit.*

(32) King Abdulaziz University for Science and Technology.

deux jours de réserve d'eau, les Emirats arabes unis et l'Arabie saoudite de trois et le Koweït de cinq (33).

Face à ces vulnérabilités, une vision stratégique des eaux souterraines se développe actuellement dans le Golfe persique, à l'image des pratiques du Qatar ou des Emirats arabes unis. Pour renforcer leur sécurité hydrique, des aquifères sont rechargés artificiellement avec de l'eau dessalée. Ces aquifères deviennent ainsi la pierre angulaire du « stockage stratégique » de ces pays. Si la recharge artificielle est appelée à se développer, cette vision de la sécurité hydrique demeurera probablement circonscrite au Golfe persique, tant elle dépend de conditions régionales (contexte hydrologique caractérisé par l'extrême rareté des ressources renouvelables, coût financier et technologique pouvant être absorbé par le produit de la vente des hydrocarbures...).

Dans certains cas, la grande hydraulique provoque des crises de l'eau, qu'on va tenter de résoudre par la construction de nouvelles infrastructures... Le cas le plus emblématique est le projet de canal devant relier la mer Rouge à la mer Morte. Cette dernière a en effet perdu le tiers de sa superficie depuis cinquante ans et est menacée de disparition. Or cette baisse de niveau est directement liée au transfert d'eau, principalement à des fins d'irrigation, depuis le lac de Tibériade jusqu'au désert du Néguev par le Grand Aqueduc national israélien, opérationnel en 1964. Le Jourdain, source essentielle de la mer Morte, peut ainsi être traversé à pied dans sa basse vallée. Plutôt que d'agir sur la cause directe de l'assèchement de la mer Morte, c'est-à-dire les usages agricoles israéliens du Jourdain, Israël souhaite la construction d'un nouveau transfert d'eau depuis la mer Rouge pour recharger la mer Morte. Le projet, soutenu par la Jordanie et dans une moindre mesure par l'Autorité palestinienne, a fait l'objet d'un accord formel en décembre 2013. Ce canal illustre tout d'abord la difficulté de réformer le secteur agricole israélien, dont le poids symbolique (figure du colon gagnant des terres sur le désert) est bien supérieur à sa contribution au produit intérieur brut. Il est ensuite l'exemple des logiques d'action des organisations internationales, à l'image de la Banque mondiale, qui soutiennent ce projet non pas pour sa pertinence (coût colossal de 10 milliards de dollars, questionnement éthique, nombreux impacts environnementaux...), mais parce qu'il fait agir ensemble plusieurs Etats ou Autorités dont les rapports sont conflictuels.

Le dernier exemple de vulnérabilités provenant de l'usage de technologies récentes dans le secteur de l'eau consiste dans les cyber-attaques. En effet,

(33) Asam ALMULLA / Ahmad HAMAD / Mohamed GADALLA, « Aquifer storage and recovery (ASR) : a strategic cost-effective facility to balance water production and demand for Sharjah », *Desalination*, n° 174, 2005, pp. 193-204 ; Mohamed A. DAWOUD, « Strategic water reserve: new approach for old concept », in *GCC Countries*, 2008, 7 p., article présenté en 2008 sur la plate-forme électronique de préparation du 5^e Forum mondial de l'eau [portal.worldwaterforum5.org/wwf5/en-us/worldregions/MENA%20Arab%20region/Consultation %20Library/Strategic%20Groundwater%20Reserve.pdf](http://portal.worldwaterforum5.org/wwf5/en-us/worldregions/MENA%20Arab%20region/Consultation%20Library/Strategic%20Groundwater%20Reserve.pdf).

l'informatique industrielle gérée à distance (SCADA (34)) est désormais présente à tous les stades possibles de la chaîne « eau » (35) : prélèvement de surface, barrage, forage, transfert longue distance de la ressource, potabilisation, dessalement, contrôle des inondations, retraitement et assainissement, réutilisation des eaux usées, comptage... Dans un contexte de risque d'attentats plus tangibles, des cyber-attaques et cyber-intrusions visant des systèmes SCADA peuvent menacer la continuité de l'approvisionnement en eau potable de grandes collectivités. Bien qu'aucune cyber-attaque n'ait jusqu'à présent affecté une infrastructure d'importance vitale reposant sur un SCADA au point de mettre en péril des vies humaines, un certain nombre d'attaques sur des SCADA ont été menées ces dernières années, à l'instar de la société saoudienne Aramco en 2012, qui fut victime d'une attaque informatique de grande ampleur, rendant indisponibles 30 000 postes de travail.

* *
*

Le recours à des solutions essentiellement infrastructurelles aux crises de l'eau s'impose le plus souvent par défaut, pour pallier des carences de gouvernance de la ressource (36). Si les technologies de l'eau et l'ingénierie font à l'évidence partie des solutions, elles n'ont pas de légitimité propre. En ce sens, le fait qu'un projet soit techniquement réalisable et économiquement rentable n'en fait pas pour autant un « bon » projet. Les choix d'ordre technique et opérationnel (37) ne s'affranchissent pas de la détermination de « règles de choix collectifs » (38) qui découlent de l'accord des différents groupes sociaux concernés pour la gestion d'une ressource. Le décideur politique est alors confronté à un défi démesuré, qui consiste ni plus ni moins à rebâtir un intérêt commun à l'échelle d'une société politique, qu'il s'agisse de municipalités, de provinces, d'Etats ou de bassins internationaux. L'enjeu réside ainsi dans le renforcement des instruments de la gouvernance de la ressource et de la légitimité des acteurs des politiques de l'eau.

(34) SCADA : système de contrôle et d'acquisition de données (*Supervisory Control And Data Acquisition*). Système de télégestion, permettant le contrôle à distance d'installations techniques et industrielles.

(35) Par chaîne « Eau », il faut entendre la production d'eau potable, l'assainissement, mais aussi la mobilisation de l'eau douce (prélèvement, transport, stockage) pour les usages énergétiques, agricoles et domestiques (par exemple des barrages ou des systèmes de canaux d'irrigation télé-gérés).

(36) Cf. *International Journal of Water Governance*, vol. II, n° 02-03, sept. 2014.

(37) Cf. Philippe LAVIGNE DELVILLE, « Mise en perspective », in Sarah BOTTON (dir.), *Les Multinationales de l'eau et les marchés du sud : pourquoi Suez a-t-elle quitté Buenos Aires et La Paz ?*, Gret, 2007, 84 p.

(38) Elinor OSTROM, « Constituting social capital and collective action », in Robert KEOHANE / Elinor OSTROM (dir.), *Local Commons and Global Interdependence, Heterogeneity and Cooperation in Two Domains*, Sage Publications, Londres, 1995, pp. 125-160.