

Tour d'horizon des pratiques de gestion quantitative de l'eau souterraine¹

Elsa Martin

Essentielles pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation agricole ou les activités industrielles, les eaux souterraines représentent une ressource naturelle stratégique à préserver pour notre avenir. Mais sans une gestion rationnelle et rigoureuse, la ressource disponible pourrait s'avérer insuffisante dans de nombreuses zones de la planète. Dans cet article, les auteurs effectuent un tour d'horizon des pratiques de gestion quantitative de l'eau souterraine utilisées à travers le monde, en nous présentant les différents types de mesures adoptées selon les contextes : réglementations, institutions de gestion, actions incitatives...

La principale question qui se pose généralement au moment de la construction d'une stratégie de gestion de ressources naturelles telles que l'eau souterraine est de cerner les mesures permettant de rendre la stratégie efficace et facile à implémenter. La notion d'efficacité a trait à l'atteinte de l'objectif visé et celle de facilité d'implémentation à la mise en oeuvre des moyens d'action sélectionnés (importance du cadre administratif et juridique). Les conditions d'efficacité et de facilité d'implémentation variant considérablement d'un pays à l'autre et d'un aquifère à l'autre, les pratiques utilisées sont très diverses. C'est ce que nous allons nous attacher à démontrer dans ce travail.

Notons que notre présentation ne se veut pas exhaustive : certains pays ne figureront pas dans notre inventaire. En outre, les pays sont cités à titre d'exemple ici et ne sont pas forcément représentatifs de la pratique à laquelle ils seront rapportés. Dans la mesure où gestion de l'eau et géographie (climat, insularité...) sont intimement liés, notre choix d'échantillonnage a essentiellement été guidé par le souci de faire en sorte que tous les continents soient représentés. Il a par ailleurs été contraint par deux éléments : la disponibilité et l'accessibilité de références bibliographiques relatives au sujet.

Feitelson, Haddad et Arlosoroff (2001) proposent une typologie intéressante des différents types d'actions envisageables pour gérer l'eau souterraine. Ils regroupent les mesures en quatre grands groupes : la réglementation, la planification, les

incitations et les autres actions. Nous proposons de revenir sur quelques-unes des pratiques de gestion de l'eau souterraine utilisées à l'international en structurant l'exposé sur la base de cette typologie, les institutions de gestion et les mesures reposant sur le volontariat venant compléter la catégorie « autres actions ». Le tableau 1 présente une synthèse du travail effectué : il récapitule l'ensemble des pratiques de gestion recensées, par catégorie. Les objectifs poursuivis par chacune d'entre elles ainsi que les pays cités à titre d'exemple sont aussi précisés.

Réglementation

Comme le souligne Burchi (1999), le statut de l'eau souterraine en tant que propriété du domaine public est à l'origine de la récente nature plutôt usufuitière des droits de propriété individuels la concernant, et de la tendance récente à rendre les gouvernements centraux compétents en matière d'octroi de tels droits. Les outils réglementaires sont généralement qualifiés de contraignants dans la mesure où ils imposent des normes de qualité ou des quotas d'extraction qui ne doivent pas être dépassés, sous peine de sanctions pécuniaires. Ils sont très largement utilisés pour gérer la qualité de la ressource en eau souterraine mais nous allons simplement revenir ici sur ceux relatifs à la gestion de la quantité de ressource.

Extraction d'eau souterraine

La réglementation relative à la gestion de la protection de la ressource en eau souterraine en

1. Précisons que cette recherche est issue de la revue de littérature effectuée par l'auteur dans le cadre de sa thèse de doctorat en sciences économiques portant sur les aspects économiques de gestion de l'eau souterraine. Cette revue a fait l'objet d'échanges avec la Société du canal de Provence et d'aménagement de la région provençale, partenaire socio-économique de la thèse dans le cadre d'un financement du conseil régional Provence-Alpes Côte-d'Azur. L'auteur remercie ces deux structures.

Les contacts

UMR Engées-
Cemagref GSP, Gestion
des services publics,
1 quai Koch, BP 61039,
67070 Strasbourg

► Tableau 1 – Pratiques internationales de gestion de l'eau souterraine.

Pratiques	Objectifs	Exemples
Réglementation		
Extractions eau souterraine	Contrôler la localisation et le taux d'extraction ; fixer les quotas lors de la construction des puits	Canada, Ile Maurice, Israël + Gaza, Angleterre + Pays de Galles, Pologne
Occupation du sol	Contrôler l'installation d'activités dangereuses dans les zones sensibles ; maintenir les proportions de zones recharge non exploitées ou composées de végétation naturelle pour protéger la recharge et la qualité de l'eau	République Tchèque
Planification		
Urgence	Identifier les urgences éventuelles ; préparer les actions à mettre en œuvre en cas d'urgence	Chili
Plans protection eau souterraine	Identifier les zones sensibles et préparer les grandes lignes de leur gestion	Danemark
Sécheresse	Construire des indicateurs de déclaration des sécheresses ; préparer les actions à mettre en œuvre quand la sécheresse est déclarée	Pays-Bas
Projets de développement ressources	Financer et favoriser l'accroissement de l'offre en eau souterraine	Arabie Saoudite, Bahreïn
Institutions		
Institutions locales	Permettre aux institutions locales de gérer les aquifères	Californie, Afrique du Sud
Institutions participatives	Impliquer les utilisateurs	Texas, Inde, Mexique, Espagne
Incitations		
Tarifcation incitative	Tarifer l'eau de façon à refléter sa rareté	Jordanie
Subventions	Fournir des subventions pour les mesures de protection et conservation	Tunisie
Taxes	Taxer les activités de détérioration qualité et/ou quantité	Belgique, France
Marchés d'eau	Établir les marchés d'eau pour faciliter l'utilisation efficace de l'eau	Nouveau Mexique, Arizona, Californie
Volontariat		
Diffusion d'information	Sensibiliser les utilisateurs ; réseaux de surveillance de la ressource	Botswana, Bulgarie, Egypte
Accords négociés	Négociation volontaire, réglementée ou pas, entre les utilisateurs de la ressource	Californie, Pakistan
Programmes volontaires publics	Acquisition terrienne ; programmes de recherche	République de Kiribati, Italie

termes quantitatifs vise à contrôler la localisation des forages ainsi que les taux d'exploitation de la ressource qui y sont attachés. Des demandes

d'autorisation ainsi que des quotas d'extraction sont généralement établis afin de contrôler, contraindre et limiter la construction de puits.

Ainsi, dans l'État du British Columbia du Canada, Brentwood *et al.* (2004) expliquent que des zones de gestion de l'eau souterraine ont récemment vu le jour, suite à la loi de protection de l'eau potable de 2001. Des autorisations ont alors été requises pour forer des puits ; ce genre de mesure a permis de lutter efficacement contre les surexploitations². Toute personne désirant forer un puits sur l'île Maurice doit aussi avoir préalablement obtenu une autorisation écrite de l'administration (Pokhun, 2004)³. C'est aussi le cas dans la région d'Israël et de Gaza (Brentwood *et al.*, 2004) qui se caractérise par le fait que le conflit en cours constitue la principale barrière à une gestion efficace des eaux souterraines⁴.

En Angleterre et au Pays de Galles, la législation a progressivement mis sous le contrôle direct du gouvernement les forages, la construction de puits, l'extraction d'eau souterraine ainsi que la simple prospection (Burchi, 1999). Afin de faciliter les contrôles, toutes ces restrictions et obligations sont atténuées pour ce qui concerne les forages et les puits creusés à la main et/ou jusqu'à une profondeur limite, ainsi que pour l'extraction et l'utilisation d'eau souterraine ne dépassant pas un certain volume et/ou concernant les besoins domestiques de l'individu qui extrait la ressource. En outre, les droits d'eau souterraine attribués par le gouvernement peuvent être perdus en cas de non-utilisation de l'eau, de contraventions à la loi en général ou aux termes et conditions rattachés aux permis en particulier, ou encore s'il s'avère nécessaire de réattribuer l'eau à une autre utilisation (même écologique). Dans ce dernier cas, la loi prévoit le paiement d'une compensation à l'utilisateur qui serait dépossédé de son droit d'eau.

Occupation du sol

Les réglementations relatives à l'occupation du sol surplombant un aquifère visent à protéger la recharge de l'eau souterraine. Si la qualité de la ressource est généralement la préoccupation première de ce genre de mesures, elles ont aussi un impact important sur sa quantité car elles permettent de maintenir des proportions adéquates de zones de recharge de la nappe qui sont non exploitées ou composées de végétation naturelle (perméable).

Selon Brentwood *et al.* (2004), bien que des outils de gestion de l'eau souterraine aient été mis en place dès 1954 en République Tchèque, c'est à partir de 1989 que des lois, directives et décrets

accordant une place beaucoup plus importante à la qualité de l'environnement en général et de l'eau souterraine en particulier ont été préparés et mis à jour. Un décret sur la protection des zones d'accumulation naturelle d'eau (zones de recharge) a alors vu le jour.

Planification

Le reproche qui est souvent fait aux mesures de type réglementaire est leur manque de flexibilité : elles sont figées dans le temps et ne permettent pas, par exemple, de faire face à des situations d'urgence ou exceptionnelles qui n'ont pas été anticipées. La solution consiste alors à développer des outils de prospective permettant d'envisager différents scénarii à long terme. C'est sur cette base que de nombreux décideurs ont imaginé des plans de gestion spécifiques d'éventuelles situations de crise.

Plans de protection de l'eau souterraine

L'idée de tels plans est d'identifier les zones sensibles et de préparer les grandes lignes de leur gestion afin d'éviter de se retrouver dans des situations de surexploitation irrémédiables.

D'après l'étude d'Andersen et Thomsen (1991), au Danemark, les conseils régionaux planifient l'utilisation et l'attribution des ressources en eau souterraine dans une région, après accord du ministère chargé de l'environnement. Ils gèrent ainsi la délivrance de la plupart des permis d'eau. Notons que, contrairement à de nombreux pays, ces structures sont très efficaces car elles disposent d'une base de données extrêmement importante et fiable, conséquence de la première loi d'approvisionnement en eau de 1926, obligeant quiconque creusant un puits à le déclarer et à en fournir les détails à l'Étude géologique du Danemark.

Plans sécheresse

Une zone est considérée comme desséchée à partir du moment où le niveau de l'eau souterraine est trop bas pour lui permettre d'accomplir ses fonctions naturelles. Les sécheresses sont des situations de crises qui peuvent avoir des conséquences catastrophiques et irréversibles si elles ne sont pas gérées correctement. Leur planification consiste à construire des indicateurs permettant de prévoir leur apparition, et à préparer les actions à alors mettre en œuvre.

2. Ces auteurs ajoutent que le Canada se caractérise par une relative fragmentation gouvernementale en matière de gestion d'eau souterraine, dans la mesure où celle-ci est à la fois locale et étatique.

3. Toute extraction d'eau souterraine y fait donc obligatoirement l'objet d'un permis. Les licences de pompage d'eau souterraine sont renouvelées tous les ans pour les utilisations industrielles et tous les trois ans pour les usages agricoles. Les autorisations de pompage à partir de puits privés ainsi que la question des licences d'eau souterraine sont approuvées par un comité des licences d'eau souterraine après avoir pris en compte différents aspects techniques.

4. Ce conflit armé semble en effet avoir empêché la création de centres de traitement des eaux usées et jouer un rôle déterminant dans les autorisations de forage de puits. En outre, les Palestiniens dépendent cruciallement de l'État d'Israël pour leurs rations d'eau pompée.

En Hollande, Brentwood *et al.* (2004) expliquent qu'une batterie de mesures a été développée pour faire face à ce problème, à commencer par des instruments réglementaires classiques destinés à restreindre l'utilisation de l'eau souterraine. La gestion de cette ressource y est déléguée à des autorités provinciales qui distribuent des autorisations de pompage en accord avec des plans de gestion de l'eau souterraine tenant compte de divers intérêts dont ceux écologiques. Le problème d'un tel système est que lorsqu'une autorisation est donnée, elle ne peut plus être annulée, même si elle devient ensuite génératrice de dommages à l'environnement. Un amendement à la loi a donc été proposé pour permettre le retrait d'une autorisation, voire des durées d'autorisation.

Plans d'urgence

Le principe de tels plans est d'identifier les urgences éventuelles le plus tôt possible afin de pouvoir préparer les actions à mettre en œuvre en cas de besoin.

Comme indiqué par Foster *et al.* (2006), c'est dans une telle optique que le Chili a récemment mis en œuvre un plan consistant en une gestion adaptative de ses aquifères surexploités. Le défi a consisté à rendre cet objectif de soutenabilité de long terme compatible avec le système législatif donnant un droit d'usage perpétuel aux utilisateurs de la ressource en eau. Les autorités ont alors décidé de mettre en place des plans d'alerte préventive de certains aquifères. De tels plans nécessitent des mesures périodiques de l'état et du niveau des ressources en eau souterraine. Les taux de pompage autorisés par les permis d'extraction de l'eau souterraine sont alors ajustés sur le niveau des réserves.

Plans de développement des ressources

Les financements de projets de développement de ressources alternatives visent à accroître la disponibilité de l'eau souterraine. On parle généralement de gestion de l'eau souterraine du côté de l'offre.

En Arabie Saoudite, l'utilisation de l'eau souterraine est encadrée depuis 2002 par un ministère de l'Agriculture et de l'Eau. Selon Foster *et al.* (2006), un décret royal a vu le jour la même année affichant l'objectif d'augmenter les réserves disponibles à l'aide de ressources non conventionnelles, comme la désalinisation et la réutilisation des eaux usées, ainsi que de mettre

en œuvre des procédés de recharge artificielle des aquifères.

En outre, Zubari et Lori (2006) nous apprennent qu'à Bahreïn, les efforts de gestion de l'eau souterraine se sont principalement concentrés sur une gestion de l'offre, avec de nombreux efforts de développement de nouvelles sources d'eau, conventionnelles ou non, destinées à alléger le stress pesant sur l'eau souterraine.

Institutions

La gestion réglementaire centralisée des systèmes aquifères passe par le contrôle des extractions qui est bien souvent limité en pratique par le cadre hydrogéologique dans lequel s'inscrit le système hydrologique : des problèmes de zonage de l'action des politiques de régulation, et d'incertitude sur les données hydrogéologiques se posent fréquemment. La solution envisagée en pratique consiste en la mise en place, étatique ou spontanée, d'institutions de gestion des aquifères. Petit (2004) propose de différencier les actions collectives d'intérêt public généralement impulsées par l'État des actions collectives à caractère communautaire protégeant les intérêts de l'ensemble des usagers. Nous avons choisi ici de plutôt distinguer les autorités locales de régulation (les institutions locales) et de la gestion par des groupes d'usagers de la ressource (les institutions participatives). Si la formation des institutions dites locales est effectivement plutôt impulsée par l'État, celle des institutions participatives peut aussi l'être par des groupes d'usagers.

Institutions locales

Nous entendons donc par institutions locales des autorités de régulation décentralisées qui peuvent faire écho à des institutions nationales.

D'après Brentwood *et al.* (2004), en Afrique du Sud, mises à part quelques exceptions, l'eau souterraine n'a jamais été considérée comme une source importante d'eau et la plupart des contrôles nationaux étaient dirigés plutôt vers la ressource de surface. Quelques régions ont toutefois été décrétées comme étant des zones dans lesquelles l'eau souterraine devait être contrôlée : le gouvernement y a créé des autorités de régulation destinées à gérer et veiller à la protection de ces ressources.

MENA/MED (2000), Phelps *et al.* (1978) et Lipson (1978) nous apprennent que la gestion de l'eau

souterraine en Californie a historiquement été menée, de façon informelle, par des agences locales. Nous pouvons souligner deux modes de gestion de l'eau souterraine dans cet État des États-Unis :

- gestion par des agences locales sous les contraintes du code de l'eau californien et de leurs statuts (définis lors de leur création). Ces agences ont l'autorisation de prélever des taxes sur les extractions d'eau pour financer les activités de gestion de l'eau souterraine et de renouvellement du stock d'eau du secteur ;
- applications d'ordonnances élaborées par des gouvernements locaux (villes ou comtés).

Institutions participatives

Les institutions participatives désignent quant à elles les regroupements spontanés (ou non) de groupes d'usagers de la ressource. À propos des regroupement non spontanés, notons qu'en Europe, la directive cadre sur l'eau de 2000 promeut nettement l'utilisation de ce type d'instruments *via* la préconisation de processus de concertation.

Selon MENA/MED (2000), il existe au Texas des districts de conservation de l'eau souterraine qui sont les seules autorités pouvant restreindre les utilisations d'eau souterraine. Ils ont des pouvoirs divers et variés comme ceux d'autoriser la création de puits ou de déterminer leur taille. Leur rôle n'est pas d'imposer des modes de régulation stricts mais plutôt d'assurer la conservation, la préservation, et la protection contre l'épuisement de l'eau souterraine, de leurs réservoirs et subdivisions. Les outils destinés à servir ces objectifs tiennent systématiquement compte du fait que l'eau souterraine est le patrimoine des propriétaires terriens⁵. La législation a encouragé la formation de groupes régionaux de gestion de l'eau composés de nombreuses catégories d'utilisateurs. L'objectif de ces groupes est de préparer et ensuite soumettre au gouvernement des plans régionaux (sur leur surface de travail) de gestion de la ressource.

En Inde, la région de Mehsana (dans le Gujarat) connaît des problèmes de surexploitation de sa nappe par les agriculteurs. Kumar (2000) et Narain (1998) expliquent qu'un comité de gestion participatif y a été mis en place. L'accès à des données techniques, légales et financières est facilité pour ce dernier, notamment lors de la mise en application de travaux de gestion de l'eau

souterraine. Il traite également les problèmes d'aménagement rural.

D'après Jourdain (2004), c'est à partir de 1997 que l'État mexicain, après avoir longtemps agi en administrateur, a décidé d'impulser de nouvelles institutions pour la gestion des eaux souterraines, recherchant ainsi la participation plus active des différents utilisateurs. Après diverses péripéties institutionnelles, les premiers COTAS (comités techniques de l'eau souterraine) ont vu le jour en 1999. Gérés comme des associations non lucratives, ils agissent principalement sur leur mission d'information auprès des utilisateurs (promotion des techniques nouvelles...). Ces associations sont composées de représentants des différents secteurs de la société : agriculture, industrie et fournisseurs d'eau pour les villes. On notera cependant qu'à ce jour, les COTAS sont de simples entités purement consultatives.

En Espagne, l'eau souterraine appartenait au propriétaire de la terre la recouvrant selon la loi sur l'eau de 1879 ; les agriculteurs utilisant de l'eau de surface se devaient de s'organiser en associations d'irrigants. Selon les écrits de MENA/MED (2000) et de Brentwood *et al.* (2004), c'est seulement à partir de la loi sur l'eau de 1985 que l'eau souterraine a été rattachée au domaine public et que son utilisation a été soumise à la législation. Des associations d'utilisateurs d'eau souterraine ont alors été créées. Elles ont le pouvoir de gérer les aquifères comme une organisation publique, mais elles sont soumises à l'autorité des organismes de bassins au sein desquels elles sont représentées lors des réunions décisionnelles.

Incitations économiques

Si les outils de planification permettent de faire face aux situations de crises, ils n'offrent pas beaucoup plus de flexibilité aux utilisateurs des ressources en eau souterraine que les mesures réglementaires. Les instruments de gestion qualifiés d'économiques pallient cette rigidité par le biais des incitations économiques qu'ils fournissent. Ces incitations sont destinées à guider le comportement des individus dans le sens de l'intérêt général : on parle généralement de gestion de l'eau souterraine par la demande, les instruments présentés précédemment correspondant plus à une gestion dite par l'offre. Petit (2004) fait référence à une coordination des actions individuelles régulée par un marché pour désigner ce types d'instruments.

5. Les districts sont également chargés de mesurer la quantité et la qualité de l'eau souterraine. Bien que le code de l'eau du Texas autorise diverses solutions de financement, les taxes sur la propriété constituent la principale source de revenu du district. En ce qui concerne les individus désirant creuser un puits, ou l'équiper et en altérer la taille, ils doivent en référer au district. En signant cette demande, le propriétaire terrien s'engage à ce que le puits soit utilisé correctement (de façon durable pour la ressource).

Tarification incitative

Selon la théorie économique, un tarif qui fixe un prix de l'eau reflétant exactement le niveau de rareté de la ressource incite à utiliser celle-ci de manière raisonnable.

MENA/MED (2000) et Schiffler (1998) nous apprennent qu'en Jordanie, un ministère de l'Eau et de l'Irrigation est responsable de la gestion des ressources en eau. Les tarifs municipaux de l'eau souterraine y sont volumétriques et ont une structure en tranches croissantes, la tranche la plus haute étant six fois plus chère que la plus basse. Précisons toutefois que la théorie économique enseigne que la tranche tarifaire la plus élevée doit correspondre aux coûts marginaux de long terme, ce qui n'est pas le cas en Jordanie où ils sont plus élevés que la tranche supérieure. Il en découle que les revenus de l'Autorité de l'eau de Jordanie couvrent difficilement les coûts de maintenance et d'exploitation, et encore moins le coût du capital.

Fiscalisation des externalités

Les économistes attribuent généralement les problèmes de surexploitation des ressources naturelles à la présence d'effets externes liés aux défaillances des marchés à prendre en compte de tels biens. La fiscalisation de ces effets permet de les internaliser. Nous allons nous intéresser aux systèmes de taxes et de subventions.

La solution initialement proposée par Pigou (1920) consiste à taxer les activités de détérioration de la quantité de la ressource en eau souterraine afin de les ramener à des niveaux socialement optimaux. C'est par exemple l'objectif affiché des redevances de prélèvement des agences de l'eau françaises. Mais pour ce faire, il faut pouvoir mesurer les quantités d'eau prélevées. Ce qui n'était que trop rarement le cas en France jusqu'à la dernière loi sur l'eau et les milieux aquatiques (2006) qui précise que lorsqu'une personne dispose d'un forage pour son alimentation en eau, elle est tenue de mettre en place un dispositif de comptage de l'eau prélevée.

Selon Burchi (1999), c'est aussi le cas en Belgique où sont prélevées des taxes sur l'extraction de l'eau souterraine, sauf en ce qui concerne l'eau potable. Notons qu'en plus d'être incitatives, ces taxes engendrent des revenus alimentant un fond de protection des eaux souterraines. La Belgique fait partie des quelques pays ne faisant pas de distinction de niveau de taxation selon le type

d'utilisation de l'eau ; la taxe y varie simplement selon le volume extrait.

Les subventions fonctionnent de manière symétrique par rapport aux taxes environnementales. En pratique, elles concerneront généralement des externalités positives.

Ainsi, Feuillette (2001) explique par exemple qu'en Tunisie, suite à une intense mobilisation des ressources en eau, une gestion incitative a constitué un axe important de la politique générale de l'eau du pays, en particulier dans le secteur agricole : elle s'appuie principalement sur l'économie de l'eau, la valorisation et la rationalisation des usages de l'eau d'irrigation. La recherche de ressources non conventionnelles (réutilisation des eaux usées et désalinisation de l'eau de mer) et l'économie de l'eau dans tous les secteurs sont ainsi encouragées financièrement. Un décret (1994) subventionne par exemple les installations d'irrigation permettant des économies d'eau à hauteur de 30 %.

Marchés d'eau

Les marchés d'eau sont une autre manière d'internaliser les effets externes. Ils sont particulièrement adaptés aux cadres institutionnels anglo-saxons. Coase (1960) est à l'origine de l'idée sur laquelle ils reposent : fixer un quota d'eau dont l'utilisation n'altère pas l'efficacité économique, l'allouer aux agents économiques et, surtout, les autoriser à échanger et négocier ces droits d'extraction. Le fait qu'ils soient échangeables introduit une flexibilité supplémentaire par rapport à un quota classique (réglementation centralisée).

MENA/MED (2000) nous apprend qu'en Arizona, l'utilisation des ressources en eau souterraine est sujette à la doctrine de l'utilisation raisonnable⁶. La forte pression exercée sur la ressource qui en a résulté a impulsé la première loi de gestion de l'eau souterraine arizonienne (1980) proposant cinq périodes caractérisées par des plans de gestion avec des objectifs particuliers. Au cas où les plans ne permettraient pas d'atteindre ces objectifs, la possibilité d'acheter ou de retirer les droits d'eau a été prévue après janvier 2006, les achats étant financés par les taxes sur les pompages.

Le même auteur mentionne qu'au Nouveau Mexique, les droits sur l'eau souterraine sont définis par la doctrine d'appropriation des droits depuis 1931. Ils sont basés sur des usages (et non sur la propriété des terres comme en Arizona). Le volume d'eau qu'un individu peut extraire est

6. Doctrine selon laquelle les propriétaires terriens peuvent mettre à profit (sans limitation, tant que cela ne nuit pas à leur voisinage) l'eau souterraine située sous leurs terres.

fonction de sa consommation et du volume qu'il rend au milieu. Dans les années 1940, l'office de gestion a découpé l'État en territoires de surfaces fixes ; l'eau souterraine située sous chaque territoire était alors considérée comme une source d'eau indépendante, même si deux territoires partageaient l'eau de la même nappe. Cette hypothèse a été effectuée afin de faciliter le calcul de la quantité totale d'eau présente dans chaque territoire. Cette territorialisation a également permis de mettre en place des règles efficaces de gestion de la ressource. Les détenteurs de droits de propriété sur l'eau ont la possibilité de réallouer la ressource comme bon leur semble, à condition que leur action n'affecte pas les droits existants, dans un même territoire, entre territoires, ou vers un autre État. Chacun de ces types de transfert est sujet à des règles précises. Dans tous les cas, un individu désirant transmettre ses droits sur l'eau souterraine doit publier sa demande dans un journal permettant aux parties pouvant être affectées par la transaction de se manifester au cas où elles seraient contre. Au Nouveau Mexique, les activités de marché liées à l'eau restent limitées. Il existe cependant une banque de l'eau qui est un instrument permettant la distribution d'eau de zones où elle est inutilisée vers des zones où elle est rare. Elle permet aux individus n'utilisant pas leurs droits d'eau de les placer, et à ceux n'en ayant pas suffisamment de les utiliser.

Il est également précisé dans MENA/MED (2000) qu'en Californie, en 1914, l'État a créé un système de droits d'eau de surface matérialisés par des permis sans pour autant véritablement s'immiscer dans la régulation de la ressource en eau souterraine.

Volontariat et persuasion

Pour finir, nous allons nous intéresser à des outils de gestion de l'eau souterraine hybrides des précédents. Petit (2004) parle de « gouvernance de l'eau », qu'il définit comme la combinaison d'actions individuelles régulées par un marché, d'actions collectives d'intérêt public impulsées par l'État et d'action collective à caractère communautaire protégeant l'intérêt de l'ensemble des usagers. Bougherara *et al.* (2004) évoquent également la possibilité d'instruments informationnels et persuasifs pour gérer les problèmes d'environnement. Dans la mesure où ces outils reposent sur le volontariat et la persuasion des utilisateurs de la ressource, nous avons décidé de

les regrouper sous la dénomination « volontariat et persuasion ».

Nous distinguerons dans la suite :

- les accords volontaires négociés par lesquels les agents (y compris l'État) s'engagent sur des objectifs ou des moyens,
- les instruments visant à diffuser de l'information pour permettre aux agents d'orienter leurs choix vers des comportements, des produits et des services plus environnementaux (campagnes de sensibilisation, écolabel...).

Accords volontaires

Nous allons considérer ici deux types d'accords volontaires, selon que l'initiative de l'accord vient des agents ou de l'État. Les accords négociés ont lieu entre les utilisateurs de la ressource et correspondent aux préconisations « coasiennes » évoquées précédemment. Les programmes volontaires publics relèvent quant à eux de l'initiative de l'État.

En ce qui concerne les accords négociés, il est expliqué dans MENA/MED (2000) qu'en Californie, lorsque les demandes en eau souterraine excèdent les réserves, les propriétaires terriens se tournent vers des tribunaux afin de déterminer le volume d'eau souterraine qui peut être extrait par chaque usager. Le tribunal étudie alors les données disponibles pour aboutir à une distribution de l'eau souterraine ne menaçant pas la disponibilité de la ressource pour les années futures. Ce processus peut être long et coûteux. La plupart des cas sont résolus par accord entre les parties. L'accord doit être approuvé par le tribunal. Il en résulte que chacune des parties peut utiliser une proportion d'eau fixe chaque année sans que les réserves n'en soient affectées.

La politique de gestion de l'eau souterraine pakistanaise des cinquante dernières années a été étudiée par de nombreux auteurs dont Meinzen-Dick (1997), Steenbergen et Oliemans (2002) ainsi que Brentwood *et al.* (2004). Il ressort de leurs travaux que le réseau public d'eau de surface de ce pays fournit de l'eau uniquement aux agriculteurs situés à proximité de celui-ci. Pour les autres, il est possible d'utiliser l'eau des nappes d'eau souterraine si les terres de l'agriculteur sont situées au-dessus d'une d'entre elles. Cette contrainte physique a généré la formation de marchés informels de l'eau consistant en la vente d'eau souterraine des agriculteurs possédant des

puits à leurs voisins n'en possédant pas. Alors que cette pratique est courante dans l'Asie du Sud, les transactions commencent à être étudiées de plus près au Pakistan. En effet, les atteintes à la qualité et à la quantité de ressource en eau souterraine sont de plus en plus alarmantes, et nécessitent de rendre plus soutenables ces marchés qui n'ont pas été impulsés par une autorité de régulation.

Parmi les programmes volontaires publics, il est possible de distinguer l'acquisition de terres et les programmes de recherche.

L'objectif poursuivi par une autorité de régulation choisissant d'acquérir des terres est de protéger les ressources en eau souterraine qu'elles surplombent. L'idée est que la terre étant déjà la propriété privée d'un individu, un accord doit émerger entre celui-ci et l'autorité de régulation. Par exemple, Brentwood *et al.* (2004) expliquent que dans la République de Kiribati⁷, l'eau souterraine douce des lentilles peu profondes des îles de corail est la principale source d'alimentation en eau potable. Étant donné la rareté des ressources en eau non polluées, les zones associées à l'utilisation des nappes peu profondes pour des systèmes publics de distribution d'eau ont été déclarées réserves publiques : l'utilisation du sol est alors restreinte ou interdite, et le gouvernement verse des compensations financières aux propriétaires terriens pour la mise en réserve de leurs terres⁸.

Les autorités responsables de la régulation des ressources en eau souterraine souhaitent sou-

vent améliorer la compréhension des propriétés physiques des aquifères, des effets des différentes actions envisageables ainsi que des différentes options de protection des aquifères. Pour cela, elles peuvent financer des études et programmes de recherche. En France, par exemple, le BRGM (Bureau de recherche en géologie minière) est un organisme public poursuivant ces objectifs. Brentwood *et al.* (2004) nous apprennent qu'en Italie, dans le cadre de programmes ciblés, des chercheurs se sont engagés dans la surveillance d'un certain nombre d'aquifères afin de proposer des stratégies d'action adaptées. Leur rôle consiste également à proposer des guides de bonnes pratiques d'exploitation des ressources disponibles, et à identifier les substituts envisageables.

Diffusion d'informations

Le règlement n° 2 de la loi sur l'eau bulgare a trait à la protection des eaux contre les contaminations par les nitrates issus de l'agriculture, notamment grâce à la diffusion d'informations relatives aux bonnes pratiques agricoles (Brentwood *et al.*, 2004). Les réseaux de surveillance entrent aussi dans le cadre de la diffusion d'informations. Leur objectif premier est de suivre les taux d'extraction effectifs. En Bulgarie, un autre règlement de la loi sur l'eau propose la création d'un réseau de surveillance de l'eau souterraine.

L'encadré 1 revient sur les détails du dispositif français de suivi et de diffusion des données sur l'eau souterraine.

Encadré 1

La situation française de diffusion d'information sur l'eau souterraine

Le RNDE (Réseau national des données sur l'eau) a été mis en place pour fédérer les principaux producteurs et utilisateurs de données sur l'eau. Il a pour objectif principal de remédier à la dispersion et à la difficulté d'accès aux données relatives à l'eau. Pour ce faire, il institue une gestion cohérente des données sur l'eau dans le cadre d'un réseau de partenaires qui ont confié à l'Office international de l'eau (OIEau) la tâche d'animer le réseau sur le plan national, ainsi que certaines fonctions techniques nécessaires à la bonne marche du RNDE. Les producteurs de données définissent leurs programmes de mesures et sont responsables de la qualité des données qu'ils créent.

Pour ce qui est plus spécifiquement de l'eau souterraine, la banque nationale ADES (Accès aux données sur les eaux souterraines) rassemble sur un site internet public des données quantitatives et qualitatives relatives aux eaux souterraines. C'est un produit du SIE (Système d'information sur l'eau). Elle permet de connaître, localiser les réseaux et les stations de mesures, ainsi que d'accéder aux résultats de mesures quantitatives (niveau des nappes) et qualitatives (concentration de nombreux paramètres dans l'eau). Les informations sont régulièrement actualisées et sont disponibles par point et réseau de mesure, par bassin hydrographique, région et département, ainsi que par aquifère.

7. État insulaire d'Océanie.

8. Poirier (2004) précise que l'absence de législation claire et d'arrangements institutionnels relatifs à la ressource en eau dans ces zones (le gouvernement n'a jamais finalisé la déclaration relative à la réserve d'eau avec les propriétaires terriens, malgré le fait que la réserve ait été utilisée pour les pompages d'eau depuis les années 1970) fait que les propriétaires terriens sont en position de force pour ce qui est de négocier l'accès et les pratiques d'utilisation des terres comprenant les réserves d'eau. Cela signifie également que l'utilisation publique courante et continue des réserves d'eau n'est pas sécurisée.

Au Botswana, Foster *et al.* (2006) expliquent que le puits du Jwaneng du Nord fonctionne depuis l'ouverture de la mine de diamants. L'eau extraite est utilisée pour les opérations de minage et pour approvisionner la ville voisine qui est née avec cette activité. Dès la création du forage, un réseau de mesure du niveau de la nappe, de la qualité de son eau et du débit des rivières avoisinantes a été mis en place. L'objectif était double : protéger les droits d'eau détenus par les agriculteurs locaux de la région et éviter les atteintes à l'environnement pouvant résulter de l'exploitation de l'eau souterraine. L'entreprise exploitant la mine utilisait le modèle de la nappe comme un outil de gestion (permettant de prédire les hauteurs de nappe correspondant à divers scénarii de gestion) ; le bureau de contrôle de la répartition de l'eau assurait, quant à lui, l'adéquation avec les droits d'eau existants.

Enfin, Steenbergen (2003) souligne qu'en 1993, en Egypte, ce sont les utilisateurs de la ressource eux-mêmes qui ont choisi de mener une étude hydrogéologique de la région de Salheia (dans le delta Est). Ses résultats les ont amenés à poursuivre les pompages à partir d'un nombre limité de forages seulement, et à développer un réseau commun de canaux.

Pour conclure, remarquons tout d'abord que les États-Unis sont sur-représentés dans ce tour d'horizon. Ceci est dû au fait que l'eau souterraine y est gérée au niveau des États et des provinces malgré un cadre législatif national plutôt en faveur d'un système de gestion fédéral. Il en résulte une forte diversité de modes de gestion de cette ressource. D'autant plus que les cours et les législatures ont modifié les lois sur l'eau souterraine en réponse à l'épuisement des aquifères. La plupart des changements sont apparus dans l'Ouest américain mais les États de l'Est modifient également leurs lois face à l'intensité des conflits d'usage et des pénuries. L'Arizona et le Nouveau Mexique ont développé les régimes de conservation les plus sophistiqués, destinés à limiter l'utilisation de l'eau souterraine, améliorant les techniques d'extraction et allouant l'eau aux utilisations la valorisant le plus.

En Europe de l'Ouest, malgré le fait que les mécanismes de gestion de l'eau souterraine diffèrent d'un pays à l'autre, ils relèvent dans tous ces pays du domaine public national et sont partout édictés par des programmes nationaux. Ils diffèrent simplement dans leur mise en œuvre et dans leur efficacité. Les pays de l'Europe de l'Est ont quant à eux en commun un passé de planification centralisée qui ne semble pas s'être particulièrement centré sur la gestion quantitative de l'eau souterraine. En outre, tous ces pays gèrent l'eau souterraine au moyen d'un contrôle fédéral ou ont explicitement placé l'eau souterraine sous la propriété de l'État.

En ce qui concerne les autres continents, la gestion des ressources en eau africaines a longtemps été le fait des pays colonisateurs. Depuis plus récemment, les États mettent en place des mesures plus adaptées aux conditions climatiques du continent. Le Moyen-Orient est une zone géographique dans laquelle règne de fortes tensions. Même si la rareté de la ressource en eau souterraine est loin d'être l'unique source de conflits dans cette région, une gestion coopérative de celle-ci semble constituer un défi majeur des années à venir dans cette partie du monde. En Asie, l'eau souterraine étant une ressource primordiale, ses utilisateurs y ont imaginé diverses pratiques de gestion. Leur originalité réside dans les institutions créées : elles sont souvent spontanées et guidées par les utilisateurs des ressources. Enfin, l'originalité des pratiques et enjeux de gestion de l'eau souterraine du continent océanique tient au caractère majoritairement insulaire de celui-ci. Les études relatives à la gestion de cette ressource, dans cette partie du globe, sont malheureusement très peu nombreuses.

Finalement, le tour d'horizon des pratiques internationales de gestion de l'eau souterraine effectué dans ce travail permet de mettre en évidence que les institutions et/ou autorités responsables de la gestion des aquifères disposent d'une large variété de moyens. Il est donc primordial de bien prendre en compte le contexte dans lequel s'inscrit une formation géologique avant d'en analyser les possibilités de gestion. □

Résumé

L'objectif principal de cet article est de recenser les pratiques de gestion quantitative de la ressource en eau souterraine effectivement mises en œuvre à l'international. Pour ce faire, une typologie est proposée. La conclusion principale est que les instruments utilisés en pratique sont très variés. Il importe donc de bien prendre en compte le contexte institutionnel et légal dans lequel s'inscrit une formation géologique avant d'en analyser les possibilités de gestion.

Summary

This work is listing the quantitative groundwater management practices implemented all around the world. In order to do so, we propose a classification based on Feitelson, Haddad and Arlosoroff (2001). We thus put the groundwater management practices in the following classes : command and control, planification, institutions, economic incentives and voluntary instruments.

The main conclusion is that the corrective instruments implemented in practice are very numerous. It is thus of high importance to take into account the institutional and legal framework related to the aquifer studied before analyzing its management.

Bibliographie

ANDERSEN, L.-J., THOMSEN, R., 1991, Land-use planning and groundwater protection in Denmark, *in* : VRBA, J., ALDWELL, C.-R., ALFOLDI, L., ANDERSEN, L.-J., HAHN, J., KADEN, S., MILLER, J.-C., VAN WAEGENINGH, H.-G., (eds) *Integrated landuse planning and groundwater protection in rural areas - A comparative study of planning and management methodologies*, International hydrological programme, UNESCO, Paris 1991, IHP-III Project 10.6.

BOUGHERARA, D., GROLLEAU, G., THIÉBAUT, L., 2004, Gestion et Environnement : Anatomie d'une relation - Exemple de l'agro-alimentaire, *Innovations, Cahiers d'économie de l'innovation*, n° 20.

BRENTWOOD, M., ROBAR, S.-F., 2004, *Managing common pool groundwater resources* PRAEGER, Westport, Connecticut, London.

BURCHI, S., 1999, National regulations for groundwater : options, issues and best practices, *FAO legal papers online 5*, FAO Development Law Service.

COASE, R.-H., 1960, The problem of social cost, *Journal of law and economics*, n° 3, p. 1-44.

FEITELSON, E., HADDAD, M., ARLOSOROFF, S., 2001, The management of shared aquifers, *in* : FEITELSON, E., HADDAD, M., (eds) *Management of shared groundwater resources : the Israeli-Palestinian case with an international perspective*, IDRC and Kluwer Academic Publishers.

FEUILLETTE, S., 2001, *Vers une gestion de la demande sur une nappe en accès libre : exploration des interactions ressource usages par les systèmes multiagents - Application à la nappe de Kairouan, Tunisie centrale*, thèse de doctorat en Sciences de l'eau, université de Montpellier II.

FOSTER, S., LOUCKS, D.-P., 2006, *Non-renewable groundwater resources - A guidebook on socially sustainable management for water-policy makers*, UNESCO, IHP-VI, Series on groundwater n° 10.

JOURDAIN, D., 2004, *Impact des politiques visant à réduire la consommation brute en eau des systèmes irrigués : Le cas des puits gérés par des collectifs de producteurs au Mexique*, thèse de doctorat en Sciences économiques, université de Montpellier I.

KUMAR, M.-D., 2000, Institutional framework for managing groundwater : a case study of community organisations in Gujarat, India, *Water Policy*, n° 2, p. 423-432.

LIPSON, A.-J., 1978, Efficient water use in California : the evolution of groundwater management in southern California, *Report Rand*, R-2387/2-CSA/RF.

MEINZEN-DICK, R., 1997, Groundwater markets in Pakistan : participation and productivity, <http://www.ifpri.org>

MENA/MED Water Initiative, 2000, *Proceedings of the Regional Workshop on Sustainable Groundwater Management in the Middle East and North Africa*, Sana'a, 25-28 juin.

NARAIN, V., 1998, Towards a new groundwater institution for India, *Water Policy*, n° 1, p. 357-365.

PETIT, O., 2004, La surexploitation des eaux souterraines : enjeux et gouvernance, *Natures Sciences Sociétés*, n° 12, p. 146-156.

PHELPS, C.-E., GRAUBARD, M.-H., JAQUETTE, D.-L., LIPSON, A.-J., MOORE, N.-Y., SHISHKO, R., WETZEL, B., 1978, Efficient water use in California : executive summary, *Report Rand*, R-2385-CSA/RF.

PIGOU, A.-C., 1920, *Economics of welfare*, 4th edition (1932), Macmillan, London.

POKHUN, R., 2004, Groundwater management in Mauritius, in : UNESCO, *Managing shared aquifer resources in Africa*, IHP-VI, Series on groundwater, n° 8.

SCHIFFLER, M., 1998, *The economics of groundwater management in arid countries - Theory, international experience and a case study of Jordan*, GDI Book Series n° 11.

VAN STEENBERGEN, F., OLIEMANS, W., 2002, A review of policies in groundwater management in Pakistan 1950-2000, *Water Policy*, n° 4, p. 323-344.

VAN STEENBERGEN, F., 2003, Local groundwater regulation, *Water Praxis Document*, n° 14.

ZUBARI, W.-K., LORI, I.-J., 2006, Management and sustainability of groundwater resources in Bahrain, *Water policy*, n° 8, p. 127-145.