

Quels instruments pour gérer les prélèvements individuels en eau souterraine ?

Le cas du Roussillon

Marielle MONTGINOUL • Cemagref, UMR G-Eau, Montpellier

Jean-Daniel RINAUDO • Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), Service Eau, Montpellier

Introduction

Au cours des trois dernières décennies, les prélèvements en eau souterraine ont régulièrement augmenté, donnant naissance à de nombreuses situations de déséquilibres entre prélèvements et renouvellement naturel des nappes phréatiques. Cette évolution reflète la préférence des acteurs économiques pour cette ressource, qui présente des avantages comparatifs indiscutables par rapport aux eaux superficielles. En effet, l'eau souterraine, naturellement filtrée par le sol et les couches géologiques qu'elle a traversé, est de meilleure qualité que les eaux superficielles, tant au regard de critères physique (turbidité), bactériologique que chimique. Ne nécessitant souvent qu'un traitement léger pour la rendre conforme aux normes européennes en vigueur, elle représente une ressource privilégiée pour la production d'eau potable et l'industrie, notamment agroalimentaire¹. Elle est également préférée à l'eau superficielle par certains agriculteurs : moins chargée en matière en suspension que l'eau des cours d'eau, elle évite des problèmes de fonctionnement de certains matériels d'irrigation (goutteurs). Du fait de l'importance des stocks présents dans le sous-sol, elle offre également une assurance contre les pénuries conjoncturelles (Tsur et Graham-Tomasi, 1991). C'est en grande partie ce rôle d'assurance contre la sécheresse qui a conduit au développe-

ment des forages agricoles observé en France, notamment en réponse aux sécheresses de 1976, 1989, 1992, 2003 et 2005². Enfin, elle est souvent facilement accessible, pour un coût moindre que l'eau de surface (barrages, retenues collinaires, systèmes d'irrigation à partir des cours d'eau). Victimes de leurs avantages comparatifs, les réserves en eau souterraine sont donc parfois surexploitées. Bien que la notion de surexploitation ne fasse pas l'objet d'une définition unique (Petit *et al.*, 2006), nous l'entendons ici comme une situation où les prélèvements sont tels qu'ils génèrent des externalités environnementales négatives. La première externalité est celle de stock, le fait de prélever aujourd'hui pénalisant les prélèvements futurs quand la ressource se renouvelle lentement (Provencher, 1995). La réduction du stock diminue aussi la valeur tampon de la nappe, qui ne permet plus de compenser les fluctuations climatiques et celles des ressources superficielles (Tsur et Graham-Tomasi, 1991 ; Provencher, 1995). La surexploitation génère de plus une externalité de coût de pompage, le prélèvement par un individu pouvant conduire à une baisse du niveau de la nappe et accroître le coût des prélèvements d'autres usagers (Provencher, *op. cit.*). La surexploitation peut également induire une contamination des nappes surexploitées par des eaux de nappes superficielles polluées ou par de l'eau de mer en zone côtière, ces

1. En France, 60 % des volumes d'eau souterraine prélevés servent à la production d'eau potable et 25 % à l'industrie (Boum, 2004). L'eau souterraine représente 62 % du volume total prélevé pour la production d'eau potable.

2. Environ 23 % des surfaces agricoles irriguées le seraient à partir d'eau souterraine (Amigues *et al.*, 2006) ; les prélèvements agricoles représenteraient 15 % du total des prélèvements, chiffre très certainement sous-évalué (Boum, *op. cit.*).

eaux de moindre qualité étant drainées vers la nappe suite à la baisse de pression dans celle-ci (Roseta-Palma, 2003 ; Moreaux et Reynaud, 2004). Enfin, la surexploitation des nappes conduit parfois à un tarissement des sources alimentées par débordement des nappes, générant des dommages écologiques pour les zones humides et rivières qui en dépendent.

De telles situations de surexploitation sont déjà observables en France, notamment en zone côtière où des phénomènes d'intrusion d'eau de mer se produisent (Petit *et al.*, 1996). Les déséquilibres entre prélèvements et recharge naturelle sont susceptibles d'être accentués par le changement climatique, qui aura comme double effet de réduire la recharge des nappes phréatiques (Döll, 2002 ; Holman, 2006) et d'augmenter la demande en eau agricole (Döll, *op. cit.* ; Holman, 2006). Cette perspective conduit les gestionnaires des ressources en eau souterraine à s'interroger sur les mécanismes de régulation à instaurer pour assurer leur gestion durable. La recherche de mécanismes concrets et opérationnels est, par ailleurs, renforcée par la Directive cadre européenne sur l'eau (DCE) qui impose notamment aux États membres d'instaurer les actions nécessaires pour rétablir une gestion quantitative équilibrée de toutes les ressources en eau à l'horizon 2015 ou de manière dérogatoire avant 2027.

Comme pour d'autres ressources naturelles, le principal obstacle à l'instauration de mécanismes de gestion équilibrée de l'eau souterraine provient de la multiplicité des utilisateurs, de la difficulté à en contrôler l'accès et de l'asymétrie d'information existant souvent entre le gestionnaire et les préleveurs. Car si les forages exploités pour la production d'eau potable ou industrielle sont bien connus des gestionnaires et les volumes pompés mesurés, la déclaration des forages et des volumes prélevés est encore loin d'être systématique dans le secteur agricole, et quasi-

ment inexistante chez les particuliers qui réalisent des forages pour couvrir une partie des besoins domestiques (Montginoul *et al.*, 2005). Le premier défi auquel sont confrontés les gestionnaires est de parvenir à connaître les points de prélèvements et les volumes consommés. Le second défi est d'optimiser l'allocation de cette ressource, en maximisant la valeur économique produite par les différents usages tout en évitant l'apparition des externalités environnementales. Pour cela, deux approches, souvent présentées comme antagonistes par les économistes, sont possibles. La première suppose que seule la puissance publique peut réguler les prélèvements, assurer une répartition équitable de la ressource, résoudre les conflits d'usage et garantir le maintien d'un apport minimal des eaux souterraines aux écosystèmes de surface. L'allocation est alors assurée par le biais d'un système de quotas. La seconde repose sur l'hypothèse que les mécanismes de marché peuvent réguler les prélèvements en utilisant l'instrument tarifaire ou en instaurant des droits d'eau librement échangeables.

Cette dichotomie entre le marché et l'État ne reflète que très imparfaitement la diversité des institutions possibles, qui peuvent combiner des logiques de marché, des logiques réglementaires et des logiques d'action collective et négociée (Petit, 2004).

Cet article propose d'explorer comment de telles combinaisons pourraient être concrètement instaurées pour assurer la gestion des eaux souterraines en France. Après avoir analysé les mécanismes de régulation actuellement en vigueur (section 1), nous proposons des alternatives, combinant l'usage d'outils réglementaires renforcés, d'instruments économiques et institutionnels (section 2). Nous nous interrogeons enfin (section 3) sur leur acceptabilité, analysée à travers une étude de terrain réalisée dans le Roussillon.

La régulation actuelle des prélèvements individuels en France

En France, la régulation des prélèvements individuels en eau souterraine repose sur trois outils principaux : un ensemble de dispositions réglementaires relatives à la déclaration des forages et des quantités prélevées, un système de taxe environnementale et des mécanismes de restriction des prélèvements en cas de crise. Cette section les présente succinctement en mettant en lumière leurs limites et les difficultés d'application, ainsi que les acteurs impliqués dans leur mise en œuvre.

1. Une approche traditionnellement basée sur la réglementation

La réglementation actuelle porte sur la déclaration des ouvrages (puits et forages), l'attribution d'une autorisation de prélèvement et le comptage et la déclaration des volumes prélevés.

La déclaration des forages aux services déconcentrés de l'État est rendue obligatoire par le Code minier pour tout ouvrage souterrain d'une profondeur supérieure à 10 mètres. Le Code de la santé publique oblige aussi la déclaration des ouvrages situés dans les périmètres de protection des captages d'eau potable. Et le Code de l'environnement impose la déclaration en mairie de tout forage réalisé à des fins domestiques (définis comme les prélèvements de moins de 1 000 m³/an).

La déclaration des ouvrages est nécessaire mais non suffisante en cas de prélèvement d'eau : la réglementation impose également l'obtention d'une autorisation d'exploitation des ouvrages. Les forages prévus pour prélever moins de 10 000 m³/an ne sont pas soumis à cette formalité. La procédure³ est relativement simple pour les forages prévus pour prélever entre 10 000 et 200 000 m³/an. En

revanche, elle impose la réalisation d'une étude d'impact pour les forages prévus pour prélever plus de 200 000 m³. Les pouvoirs publics peuvent aussi interdire la création de nouveaux forages et tout prélèvement dans des zones dites de « sauvegarde de la ressource ». Les zones présentant un déséquilibre quasi chronique entre besoins et ressources peuvent également bénéficier du statut de « zone de répartition » (ZRE), qui renforce les contraintes : tout forage d'eau doit être autorisé par la préfecture, avec nécessité d'une étude d'impact pour exploiter un débit supérieur à 8 m³/heure.

Enfin, tout forage doit être équipé d'un compteur et, au-delà de 10 000 m³/an (7 000 m³/an en ZRE), les volumes prélevés doivent être déclarés à l'Agence de l'eau pour servir de base au calcul de la redevance (voir section suivante). Il s'agit de valeurs maximales fixées par la Loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) de 2006 mais qui peuvent être abaissées.

Dans la plupart des cas, les prélèvements en eau sont uniquement régulés par la mise en œuvre de ce dispositif réglementaire. Les seuls acteurs impliqués sont les services de l'État exerçant leurs missions régaliennes et les usagers. La réglementation ne concerne pas les entreprises de forages, sur lesquelles un certain nombre de pays anglo-saxons ont choisi de faire porter leurs efforts de contrôle. Le dispositif réglementaire peut parfois coexister avec un processus de gestion collective, prenant la forme d'un SAGE (Schéma d'aménagement et de gestion des eaux) ou d'un contrat de nappe. L'objectif de telles démarches est alors de faciliter l'instauration de programmes d'actions pour rétablir un équilibre à long terme entre prélèvements et ressource disponible. Tandis que les contrats de nappes sont des outils permettant de financer des études ou travaux, les SAGE ont une portée réglementaire, la LEMA de 2006 ayant rendu ce document de planification opposable aux tiers. Plusieurs SAGE ayant

3. Il s'agit de la procédure dite de « déclaration » : les services de l'État chargés de l'eau disposent de deux mois pour s'opposer à la mise en exploitation. Cela leur permet de n'avoir à statuer que sur les opérations les plus risquées pour l'environnement tout en conservant un droit de regard sur celles plus mineures.

comme principal objectif de restaurer une gestion quantitative équilibrée des eaux souterraines existent déjà (nappes profondes de la Gironde) ou sont en cours d'élaboration (nappe de la Beauce, nappes plio-quaternaires du Roussillon, nappe des Grès du Trias dans les Vosges, nappe de l'Avre, bassin de l'Yerres).

2. Un système de taxe environnementale très peu incitatif

Le deuxième instrument de gestion utilisé en France est la redevance des Agences de l'eau. Il s'agit, dans le principe, d'une taxe visant à répercuter sur les préleveurs d'eau le coût des externalités environnementales qu'ils génèrent (taxe pigouvienne). En théorie, son niveau doit refléter le coût des dommages environnementaux générés par le prélèvement ainsi que le coût d'opportunité de la ressource pour inciter les usagers à prélever des niveaux socialement désirables (Baumol et Oates, 1988). En pratique, cette taxe ne peut être qualifiée de pigouvienne, car son niveau est très faible et en aucun cas suffisant pour internaliser les externalités et induire des incitations susceptibles de conduire à une réduction des prélèvements. La LEMA de 2006 plafonne cette redevance à 0,02 €/m³ si l'eau n'est pas structurellement déficitaire et 0,03 €/m³ en ZRE. Force est de constater que, comme d'autres pays européens (Strosser et Speck, 2004), son principal objectif est souvent de générer des ressources financières utilisables pour subventionner des actions d'amélioration de l'état de la ressource.

Le taux de base de la redevance est pondéré d'un coefficient d'usage, l'agriculture bénéficiant d'un important coefficient réducteur par rapport aux usages domestiques. Cette modulation n'est justifiée que par un souci d'acceptabilité de la redevance par le secteur agricole. Le taux moyen appliqué à l'agriculture reste ainsi inférieur à 1 centime d'euro dans les trois bassins où l'irrigation représente un usage très important (Adour-

Garonne - AG, Rhône Méditerranée et Corse - RMC, Loire-Bretagne) alors qu'il s'agit justement des bassins dans lesquels la redevance devrait jouer un rôle incitatif (Levy *et al.*, 2005). Cette situation reflète probablement le poids économique et politique des groupes d'intérêt représentant l'agriculture irriguée dans ces bassins.

Dans deux agences avec un taux moyen particulièrement bas, le taux appliqué est toutefois modulé en fonction de la rareté de l'eau, du fait de l'existence d'un « facteur de zone » variant de 1 à 3 dans le bassin RMC et de 0,3 à 1,2 dans le bassin AG (Levy *et al.*, *op. cit.*). Cependant, si le principe même de la différenciation géographique est cohérent avec l'objectif de protection des ressources les plus fortement sollicitées, la faiblesse de ces coefficients multiplicateurs en réduit totalement l'efficacité.

Le système de redevance français est enfin aussi inefficace du fait des possibilités d'exonération, renforcé par le fait que la loi ne précise pas explicitement si ces seuils sont applicables à des ouvrages individuels ou à leurs propriétaires. L'Agence de l'eau RMC a ainsi décidé de les appliquer aux forages (et non aux propriétaires), exonérant de ce fait de nombreux préleveurs agricoles, alors que le volume total extrait à l'échelle de l'exploitation agricole est largement supérieur. À titre d'illustration, l'enquête réalisée dans le Roussillon montre que chaque exploitation dispose de plusieurs forages, un forage étant utilisé pour irriguer entre un hectare (légumes) et 6 hectares (vergers de pêches et nectarines). Les modalités de calcul de la redevance par forage introduisent donc ainsi un biais entre les différents types d'exploitation agricole, voire incitent à multiplier les forages pour y échapper.

3. Une gestion administrée des crises

Quand les instruments réglementaires ne permettent pas d'éviter des crises, l'État peut instaurer des procédures de ration-

nement par arrêté préfectoral. Dans leur forme la plus simple, on interdit les prélèvements pendant une durée qui augmente progressivement avec la baisse du niveau de la nappe. Plusieurs niveaux piézométriques d'alerte sont ainsi définis (niveau de vigilance, d'alerte, de crise puis de crise renforcé) (Lafitte et Nicolazo, 2006), leur franchissement déclenchant un renforcement des mesures de restriction. Cette procédure a comme inconvénient majeur d'être inéquitable : les agriculteurs qui disposent de suffisamment de matériel d'irrigation pour arroser toute leur surface en peu de temps ne souffrent pas de ces restrictions, contrairement à ceux qui doivent étaler l'arrosage sur une semaine complète (Labbé *et al.*, 2000).

Une version plus évoluée consiste à définir en début de saison un volume total prélevable et à le répartir entre les usagers. Ce volume est estimé en fonction des niveaux piézométriques observés, des précipitations des années précédentes et, dans le meilleur des cas, des résultats de simulations issues d'un modèle hydrogéologique. Il est ensuite réparti sous forme de quotas individuels, souvent proportionnels aux consommations ou aux surfaces irriguées d'une période de référence. Les agriculteurs peuvent en reporter une partie d'une année sur l'autre (un dépassement de consommation l'année N se traduisant par une réduction du quota alloué l'année N + 1 par exemple), ce qui réduit les risques encourus par l'agriculteur en cas d'année exceptionnellement sèche. Ce système permet de résoudre le problème d'équité et évite les pertes liées au caractère imprévu de la crise, les agriculteurs pouvant ajuster leur assolement en début de saison en connaissant le niveau de restriction. Cet ajustement *ex ante*, réalisé indépendamment du taux de recharge de la nappe susceptible d'avoir lieu en cours de saison, est rendu possible par la grande inertie de la nappe et la possibilité de supporter un déficit une année, en le

corrigeant l'année suivante. Une telle gestion volumétrique a été instaurée dans la Beauce dès 1999 : le volume maximal prélevable varie entre 180 et 450 millions de m³/an selon l'état de la piézométrie et est réparti entre les 330 agriculteurs irrigants localisés sur six départements⁴. Elle est actuellement en train d'être généralisée dans le cadre de la mise en œuvre de la LEMA de 2006.

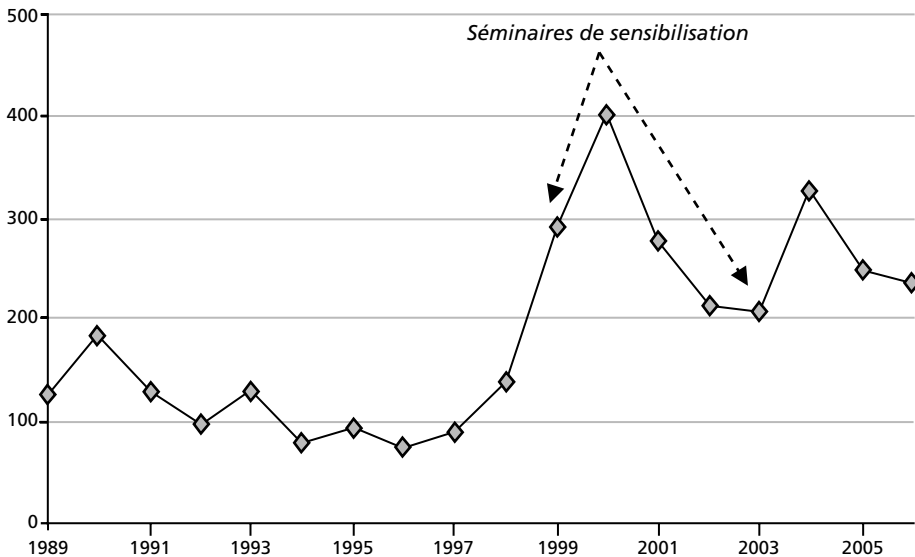
Mais cette gestion volumétrique conduit à une allocation sous optimale, notamment lorsque le volume à allouer est très faible (Shah, 1986 ; Barton et Thompson, 1993). Les différents producteurs ne valorisant pas l'eau au même niveau, il existe un potentiel de réallocation et des marchés informels peuvent alors apparaître (Strosser et Montginoul, 2001). D'autres auteurs critiquent également ce système pour son manque de flexibilité et l'importance des coûts de transaction associés (Dinar et Xepapadeas, 1998). Il n'en reste pas moins le mécanisme le plus utilisé et probablement le plus performant dans des contextes caractérisés par une information imparfaite sur les formes des courbes de demande et une éventuelle rigidité de celles-ci (Baumol et Oates, *op. cit.* ; Montero, 2002).

4. Des problèmes majeurs d'application

Bien que le Code minier sanctionne la non-déclaration des forages par une peine d'emprisonnement et 15 000 € d'amende, très peu de forages sont déclarés lors de leur construction. À titre d'illustration, nous avons comparé le nombre de forages réalisés et ceux déclarés aux services de l'État en région Languedoc Roussillon (LR). En croisant des avis d'experts (hydrogéologues des services de l'État, entreprises de forage), nous estimons que 4 500 forages y sont réalisés chaque année (tous usages confondus) mais seuls 5 à 10 % sont déclarés (*figure 1*). Ce défaut d'application de la loi est en partie dû à

4. <http://www.pays-du-pithiverais.fr>

Figure 1. Evolution du nombre de nouveaux forages d'eau déclarés par an en région Languedoc Roussillon



Source : Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE), LR et Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), 2007

l'insuffisance des ressources affectées aux services de l'État chargé de la police de l'eau mais aussi à un manque de sensibilisation des acteurs concernés. L'importance de cette dernière est illustrée par le cas de la Région LR où les plus forts taux de déclaration sont constatés l'année suivant la tenue de séminaires de sensibilisation des foreurs (figure 1).

La présence de compteurs d'eau reste insuffisante dans certaines régions, bien que le taux d'équipement ait fortement progressé depuis quelques années. Les forages domestiques (généralement non déclarés) n'en sont pas équipés. Dans le secteur agricole, le principe de l'éco-conditionnalité instauré par la politique agricole commune (PAC) a permis de régulariser la plupart des forages utilisés pour l'irrigation des cultures primées, les agriculteurs devant prouver qu'ils respectent la réglementation environnementale pour bénéficier des aides. En revanche, l'administration ne dispose pas de ce levier pour les exploitations ne bénéficiant pas de telles aides (secteur des fruits et

légumes notamment) pour lesquelles la déclaration et le comptage ne sont pas encore systématisés.

Enfin, la mise en œuvre de la gestion volumétrique n'est pas toujours conforme aux principes théoriques décrits dans la section 3 intitulée « Une gestion administrée des crises » : elle repose sur le principe de l'autocontrôle, les volumes prélevés par forage devant être notés sur un registre tenu à la disposition de l'administration et le niveau du prélèvement annuel devant être transmis à l'État ou à l'organisme gestionnaire. Ce principe d'auto-déclaration est ainsi déjà appliqué en Charente sur de l'eau de surface et il est proposé dans le SAGE Nappes profondes de Gironde. Pour être efficace, un tel système doit être accompagné d'un contrôle aléatoire avec sanction dissuasive, ce qui n'est pas le cas actuellement.

Ce bilan de la situation française met en évidence la défaillance du système réglementaire actuel et l'absence presque totale de mécanismes de marché.

Vers des instruments de gestion innovants

Dans une situation de rareté croissante, les mécanismes décrits ci-dessus devront être progressivement modifiés pour permettre la réallocation de la ressource vers les usages les plus productifs, tout en respectant les contraintes environnementales. Cette section présente plusieurs scénarios d'instruments compatibles avec le contexte français, susceptibles de palier les insuffisances précédemment décrites.

1. Vers une réglementation pour le foreur et l'immatriculation des forages

Concernant le contrôle de l'accès à la ressource, la réglementation actuelle reste très ambiguë, le Code minier attribuant la responsabilité de déclaration du forage au maître d'ouvrage responsable de la déclaration, même si dans la pratique, elle est réalisée par le foreur. L'efficacité de la réglementation serait augmentée en rendant le foreur seul responsable de la déclaration. Moins de 1 000 entreprises de forage se partageant le marché français, un contrôle efficace pourrait être réalisé, en s'inspirant des procédures en vigueur en Australie (*Water Act* de 2004), dans certains États américains (*Tennessee Department of Environment and Conservation*, 2005) ou encore en Jamaïque (*Water Resources Act* de 1996) (Burchi et D'andrea, 2003) : chaque entreprise de forage doit obtenir une licence conditionnée à la possession d'un matériel de base et parfois d'un niveau de formation minimal ; l'immatriculation de chaque forage est obligatoire⁵, avec apposition d'une plaque sur l'ouvrage ; le lieu et la date de démarrage de chaque chantier de forage doivent avoir été déclarés à l'avance, tout contrevenant s'exposant à une pénalité financière importante ainsi qu'à la perte de sa licence ; enfin le

maître d'ouvrage doit déposer une garantie financière utilisée pour reboucher le forage si celui-ci n'est pas réalisé dans les règles de l'art. Une telle évolution de la réglementation française semble une condition nécessaire à la mise de place de systèmes d'allocation plus élaborés, reposant sur des mécanismes de marché ou des quotas.

2. Vers un système de taxe pigouvienne encadré

Bien que la demande en eau soit généralement considérée comme peu élastique à court terme (Bontemps et Couture, 2002), une hausse de la redevance prélèvement des Agences de l'eau est susceptible, dans certains contextes, de conduire les agriculteurs à modifier leurs pratiques d'irrigation (réduction des apports et baisse des rendements objectifs), à remplacer les cultures irriguées par des cultures pluviales ou à choisir des cultures moins consommatrices en eau. À plus long terme, cette hausse peut inciter les exploitants à investir dans des équipements d'irrigation plus performants pour améliorer l'efficacité technique (comme le goutte à goutte). L'élasticité à long terme sera alors d'autant plus importante que les systèmes irrigués sont peu performants dans la situation de départ (Garrido, 2006). Les études ayant montré une demande élastique mettent en évidence des effets de seuil, la demande ne devenant élastique qu'à partir d'un prix variant entre 0,1 et 0,3 €/m³ selon les contextes (Chohin-Kuper *et al.*, 2002).

La mise en œuvre d'une taxe sur les prélèvements, spatialement différenciée en fonction du risque de surexploitation de la nappe et de l'efficacité technique des systèmes irrigués, représente donc un instrument susceptible de permettre une meilleure régulation des prélèvements⁶. Le principe même d'une taxe spatialement différenciée

5. En France, cette immatriculation, obligatoire depuis l'arrêté du 11 septembre 2003, ne concerne que les forages non domestiques.

6. Il est également crucial de définir des seuils d'exonération faibles et de les appliquer par maître d'ouvrage et non par forage.

est a priori compatible avec la législation européenne, puisque la DCE réaffirme le principe de la récupération des coûts, y compris environnementaux. Sa légitimité sociale pourrait en outre être accrue si cette taxe était collectée par un organisme local (comme un Etablissement public de bassin ou un Syndicat mixte porteur d'un SAGE). Elle aurait alors la nature d'une redevance prélevée pour service rendu aux usagers, à savoir assurer la gestion durable des eaux souterraines d'une zone bien délimitée à travers le financement d'actions spécifiques concourant à cet objectif⁷.

Pour que cet instrument soit efficace, il est nécessaire d'avoir une connaissance au moins approximative des changements de pratiques et de technologies d'irrigation pouvant être adoptés par les agriculteurs, voire des courbes de demande à long terme, et ce pour chaque nappe. Or, les fonctions de demande diffèrent selon le niveau de spécialisation technico-économique des exploitations agricoles, la rigidité du système de production, le niveau de modernisation de leurs équipements d'irrigation mais aussi la capacité de la filière amont et aval à s'adapter à des changements de production. Des études au cas par cas seraient donc nécessaires pour optimiser l'efficacité de l'instrument.

Enfin, cet instrument ne pouvant pas fonctionner lorsque les prélèvements sont très mal connus (forages non déclarés), il pourrait être remplacé par une pénalité collective indexée sur le niveau piézométrique observé (instrument inspiré de la taxe ambiante proposée pour réguler les problèmes de pollution diffuse) (Segerson, 1988). Il s'agit d'imposer à chaque agriculteur une taxe proportionnelle à sa surface irriguée, lorsque

le niveau de la nappe est inférieur à un niveau objectif. La principale limite de cet instrument est son caractère inéquitable quand les agriculteurs sont économiquement hétérogènes : à l'équilibre, le prélèvement des agriculteurs à forte capacité de prélèvement devant être réduit dans une proportion plus importante que les petits, les premiers fournissant donc davantage d'effort que les seconds (Spraggon, 2004).

3. Vers des quotas échangeables au sein de micro-institutions

Bien que souvent perçu comme une rupture majeure, la transition d'un système de gestion quantitative à base de quotas individuels vers la mise en place d'un marché de l'eau souterraine peut s'effectuer de manière progressive. La première étape consiste à définir un volume prélevable (ou quota) global par catégorie d'usagers (agriculture, alimentation eau potable - AEP) et par aquifère, fixé pour une durée assez longue (10-15 ans) compatible avec les investissements réalisés par les usagers. Ce volume est attribué à un organisme de gestion collectif, à charge pour lui de le répartir entre ses membres usagers. L'allocation initiale aux usagers est basée sur des références historiques. L'organisme de gestion peut ensuite établir des règles de location ou de cession des volumes entre ses membres. La police de l'eau conserve son rôle traditionnel de contrôle, étant informée chaque année de la répartition en vigueur et étant chargée de vérifier l'absence d'impacts environnementaux des transferts (surexploitation locale de la nappe), de contrôler en fin de période les prélèvements réalisés et de sanctionner d'éventuels dépassements. Le quota global peut être ajusté en début d'année pour tenir compte des variations climatiques et du taux de recharge de l'année précédente. La seconde étape consiste à ouvrir ce marché à d'autres usagers, permettant le transfert de volumes vers l'AEP, soit sur de longues périodes, soit de manière plus conjoncturelle pour répondre à des crises.

7. Dans la logique actuelle de fonctionnement des Agences de l'Eau, les recettes issues de la taxe serviraient à financer des mesures d'économie d'eau (subvention des agriculteurs modernisant leurs équipements d'irrigation), de gestion (recharge artificielle de nappe) ou le développement de ressources de substitution (création de retenues collinaires).

De tels marchés, qui ont été expérimentés dès le début des années 1990 en Californie, Australie, au Colorado ou au Chili⁸, se mettent actuellement en place également en Espagne (Aguilera-Klink et Sanchez-Garcia, 2005 ; Llamas et Garrido, 2005). Le cas le plus proche du système théorique décrit ci-dessus est celui du bassin du Jucar (*Confederacion Hidrografica del Jucar*), dans la région de Valencia. Dans ce bassin, tous les agriculteurs disposent d'une autorisation de prélèvement pour les forages qu'ils possèdent, qui spécifie le volume d'eau souterraine (quota) pouvant être pompé annuellement. Les points de prélèvement sont équipés de compteurs. Lors des années de sécheresse, l'agence de bassin impose aux usagers une réduction de leur quota (de 40 % en 2007) et peut proposer de racheter aux agriculteurs les pourcentages restant de leur quota : en 2007, un volume total de 27,3 Mm³ a ainsi été racheté aux agriculteurs au prix de 0,3 €/m³, pour protéger les milieux aquatiques (Andreu Álvarez, 2008).

Les bases d'une telle organisation ont été posées par l'article 21 de la LEMA qui propose (ou impose dans les ZRE) de recourir à un « mandataire unique » pour répartir le volume prélevable par l'agriculture. Ce dernier peut être considéré comme une micro-institution, permettant de minimiser les coûts de transaction, ceux liés à la gestion administrative et donc globalement les coûts supportés par les agents économiques (Ménard, 2003) tout en garantissant une acceptabilité sociale de ce type de marché (ce mandataire émanant de la profession agricole ou d'organismes connaissant particulièrement bien le monde agricole). L'émergence de ces micro-institutions devra cependant être impulsée par l'État car les agriculteurs, qui ont investi individuellement dans leurs forages, auront

8. Pour une revue, voir Strosser et Montginoul (2001).

tendance à privilégier les logiques individuelles (Llamas et Garrido, *op. cit.* ; Schlager, 2005).

L'acceptabilité des instruments de gestion de l'eau Analyse à partir d'une enquête dans le Roussillon

Le passage d'une gestion administrée de l'eau souterraine à une gestion impliquant plus de mécanismes de marchés est une réforme susceptible de modifier certains équilibres sociaux, économiques et politiques établis entre les acteurs d'un territoire. Si les problèmes d'acceptabilité qui en découlent ont été largement étudiés dans les pays en développement, notamment ceux poussés par les institutions internationales (Banque mondiale et Fonds monétaire international, FMI) à décentraliser la gestion des ressources en eau et à mettre en place des marchés de l'eau (Dinar, 2000), ils n'ont en revanche été que peu analysés en Europe. Cette section présente une contribution à cette réflexion : elle vise à caractériser la perception par les agriculteurs des instruments de gestion présentés dans la section précédente, à travers un travail de terrain réalisé dans le Roussillon où l'eau souterraine est traditionnellement considérée comme une ressource en accès libre.

1. Présentation du terrain d'étude et des enquêtes

La zone d'étude correspond à la plaine du Roussillon, une surface d'environ 800 km² située dans le département des Pyrénées-Orientales. Deux ressources en eau souterraines y sont exploitées : une nappe alluviale libre, superficielle et facilement accessible mais vulnérable aux pollutions de surface ; et une nappe captive profonde, relativement bien protégée contre les pollutions mais qui se renouvelle plus lentement.

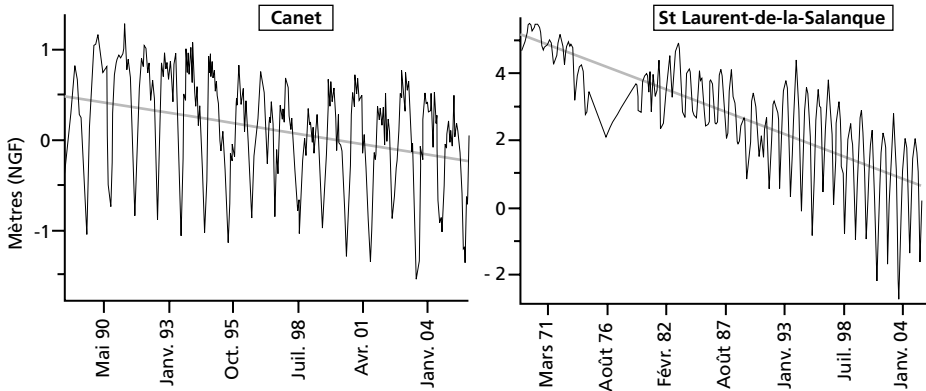
La nappe profonde, qui représente une ressource stratégique pour le département, est principalement exploitée pour l'alimen-

Tableau 1. Répartition des prélèvements dans les aquifères du Roussillon selon les usages en 2005

Aquifère	Alimentation en eau potable	Irrigation	Industrie	Ménages et campings	Volumes (Mm ³ /an)
Superficiel	35 %	53 %	0 %	12 %	43
Profond	76 %	12 %	10 %	2 %	41

Source : d'après Aunay (2007)

Figure 2. Evolution des niveaux piézométriques de l'aquifère profond de la plaine du Roussillon



Sources : BRGM et Conseil général 66, d'après Aunay (2007)

tation en eau potable (AEP) (31 Mm³ en 2005) mais aussi par l'agriculture (estimés, en l'absence de compteurs, à 5 Mm³ par an) et de plus en plus par les particuliers qui construisent des forages pour l'arrosage des jardins (volume estimé à 1 Mm³) (tableau 1). Globalement, les volumes prélevés dans cet aquifère profond ont considérablement augmenté du fait de la croissance démographique et des besoins en eau potable associés (300 % en 30 ans). Les prélèvements liés au tourisme sont particulièrement importants dans la zone littorale qui voit sa population multipliée entre 7 et 20 lors du pic du 15 août (Aunay, 2007).

Les prélèvements agricoles dans cette nappe ont aussi tendance à augmenter⁹.

9. L'arboriculture et le maraîchage représentent 90 % de la surface irriguée et 35 % de la SAU dans la zone d'étude (selon le Recensement général de l'agriculture, RGA, 2000). Le climat rend indispensable l'irrigation 9 années sur 10 pour toute culture autre que la vigne ou l'olivier. Nous estimons que 43 % de l'eau d'irrigation provient des canaux gravitaires et 57 % du sous-sol (pour 8 % prélevée dans la nappe profonde et 49 % dans la nappe superficielle).

Alors que l'irrigation était traditionnellement réalisée à partir de systèmes de canaux gravitaires alimentés par les fleuves, le développement de l'irrigation au goutte à goutte a conduit les arboriculteurs à s'en détourner et à construire leur propre forage pour disposer d'une eau sous pression et de bonne qualité (l'eau de surface encrasse plus rapidement les goutteurs). Le recours à l'eau souterraine pour le maraîchage s'est progressivement imposé en réponse aux exigences des cahiers des charges de la grande distribution, qui ont même conduit certains maraîchers à exploiter la nappe profonde (pour avoir une eau de qualité potable). Enfin, le succès du forage individuel s'explique aussi par la souplesse d'accès à la ressource et le coût souvent moins élevé que celui des systèmes collectifs délivrant de l'eau sous pression.

Cette croissance des prélèvements a induit une baisse des niveaux piézométriques estimée à 5 cm par an en moyenne mais parfois plus forte localement (**Erreur! Source du renvoi introuvable.**). S'agissant d'un aquifère côtier, il existe un risque non négligé

geable de contamination des eaux souterraines par de l'eau de mer (Aunay, 2007), ce qui a conduit les services de l'État à classer cette ressource en ZRE.

Ces services et le Conseil général ont alors initié une démarche de gestion collective. Initiée par la signature en 2000 d'un accord-cadre entre les principaux acteurs, elle se poursuit avec la création d'un Syndicat mixte de gestion qui assurera la maîtrise d'ouvrage d'études et travaux et le lancement d'une procédure de SAGE, dont le principal enjeu est d'instaurer des mécanismes de régulation des prélèvements de l'eau souterraine.

C'est dans ce contexte que nous avons entrepris de caractériser la perception des différents types d'acteurs d'instruments innovants de gestion de l'eau souterraine. Trente entretiens ont d'abord été réalisés en 2005 auprès d'acteurs institutionnels porteurs d'enjeux : représentants des services de l'État, des collectivités territoriales, des usagers, des professionnels du forage et des experts reconnus comme tels pour leur connaissance sur l'eau souterraine et les enjeux afférents. Ils abordaient des questions relatives à leur perception du problème et à leur réaction par rapport à des instruments innovants. Ces entretiens ont été complétés par une enquête auprès de 76 agriculteurs irrigants sélectionnés selon une procédure d'échantillonnage aléatoire stratifiée. L'échantillon est constitué de maraîchers et d'arboriculteurs ayant accès soit uniquement à de l'eau souterraine, soit aussi à des ressources superficielles.

2. La vision des acteurs institutionnels

La consultation des acteurs institutionnels fait ressortir trois sujets de controverse par rapport à la mise en place d'une gestion collective de la ressource.

- *Tout d'abord, l'importance du problème est contestée.* Même si certains signes, comme la baisse des niveaux piézométriques et la présence de sel dans certains captages, sont source d'une inquiétude

naissante, les avis divergent quant à l'urgence d'agir pour réduire les prélèvements. L'évaluation du risque d'intrusion d'eau de mer requiert en effet d'améliorer la connaissance de la géologie côtière afin d'identifier les zones où l'absence de couches imperméables permettrait éventuellement une entrée d'eau de mer dans la nappe. Ce déficit de connaissance permet à certains acteurs de défendre le *statu quo* en termes d'instruments de gestion des eaux souterraines.

- *Ensuite, les avis divergent* aussi sur la pertinence de l'idée même de gestion de la demande en eau, certains acteurs exprimant une nette préférence pour une mobilisation de ressources de substitution. En particulier, ils proposent de reporter une partie des prélèvements d'AEP sur d'autres ressources comme l'aquifère karstique des Corbières qui présente un important potentiel.

- *Enfin, les acteurs du secteur agricole* insistent sur l'importance de partager l'effort de réduction des prélèvements et de ne pas le faire porter uniquement sur l'usage agricole : le fait que la priorité soit systématiquement donnée à l'AEP est critiqué, notamment parce qu'une partie de cette eau est gaspillée pour arroser des ronds points ou des golfs – des usages dont la légitimité est contestée par rapport à l'usage agricole¹⁰. De même, l'effort de contrôle des prélèvements doit également porter sur les ménages qui construisent des forages en grand nombre par simple souci d'économie sur le montant de leur facture d'eau potable. Pour pouvoir être acceptés, les instruments de gestion décrits dans la section précédente devraient donc pouvoir concerner tous les usagers.

10. Les volumes prélevés en nappe profonde pour l'arrosage des espaces verts (publics) sont estimés à 4,7 Mm³, soit un volume équivalent à celui prélevé par l'agriculture dans la nappe profonde.

3. L'application de la réglementation dans la zone d'étude

L'enquête auprès des agriculteurs a d'abord permis de réaliser un état des lieux, en estimant notamment la proportion de forages déclarés. Sur les 76 agriculteurs enquêtés, 66 (soit 87 %) disposent d'un ou plusieurs forages. Trente-quatre d'entre eux (donc plus de 50 %) disent avoir déclaré leurs forages en activité. Toutefois, la confrontation de ces affirmations avec les registres de la Direction départementale de l'agriculture et de la forêt (DDAF) en charge de la police de l'eau montre que seulement 18 exploitations (soit 27 % de celles avec

laquelle les agriculteurs adhèrent plus que par le type de production : certaines exigent en effet de leurs adhérents d'être conformes à la réglementation en vigueur alors que d'autres ne posent aucune contrainte.

4. La perception par le monde agricole des instruments de gestion alternatifs

Les entretiens ont également permis de caractériser la perception par les agriculteurs des instruments de gestion envisageables pour réguler les prélèvements en eau souterraine. Les principaux résultats sont les suivants.

Tableau 2. Perception des différents instruments par les agriculteurs enquêtés

Instrument économique	Taux d'acceptation
Déclaration des forages	63 %
Mise en place et relevé des compteurs	29 %
Taxe pigouviennne (environnementale)	8 %
Taxe ambiante	0 %
Quotas volumétriques individuels	49 %
Marché de droits d'eau	21 % (si échanges entre agriculteurs) 17 % (si échanges entre agriculture et eau potable)
Adhésion à des associations de préleveurs	55 %

Source : données de l'enquête réalisée en 2005

forage) ont effectivement déclaré tous leurs forages. Au total, les forages effectivement déclarés (66) ne représentent que 40 % des forages (en exploitation) identifiés (166) par l'enquête alors que les irrigants affirment en avoir déclaré 63 % (105). Cette différence pourrait s'expliquer par l'oubli de certains forages par les déclarants et par les délais d'instruction des dossiers qui transitent par la chambre d'agriculture.

Le taux de déclarations est relativement hétérogène d'une zone géographique à l'autre, avoisinant les 78 % (données administratives, 91 % selon les irrigants) en Salanque où les cultures maraîchères dominent, mais de 20 % (données administratives ; 27 % selon les irrigants) dans le bassin de la Têt amont et de 4 % dans les Aspres, deux zones à dominante arboricole. Ce taux semble expliqué par l'organisation professionnelle de commercialisation à

L'application d'une pénalité collective si le niveau piézométrique descend sous un seuil d'alerte (de type taxe ambiante) est unanimement rejetée par les agriculteurs rencontrés. Cet instrument est considéré comme inefficace puisque la pénalité est appliquée avec un an de retard, ne permettant pas aux irrigants de diminuer les prélèvements au moment de la crise. Les agriculteurs interrogés pensent également qu'il ne réduira pas les prélèvements, l'effort consenti par chacun n'étant pas mesurable. Ils jugent cet instrument injuste car s'appliquant uniformément à tous, indépendamment du niveau d'effort. Enfin, ils estiment techniquement très difficile la définition de seuils piézométriques à partir desquels s'applique la taxe.

Le principe d'une taxe environnementale est également totalement rejeté par les agriculteurs dont une grande partie n'est

pas soumis actuellement à la redevance prélèvement (exonérés ou volumes non déclarés) : seuls 8 % en acceptent l'idée si c'est pour gérer la ressource. Une telle taxe est en effet jugée sans rapport avec l'objectif de gestion, les agriculteurs ne percevant pas sa fonction incitative. Une augmentation éventuelle de son taux est jugée incompatible avec le maintien de la compétitivité des producteurs. Enfin, son principe est contesté vu qu'il ne s'appliquerait pas aux particuliers utilisant un forage pour des usages domestiques.

Ce rejet est corroboré par le refus d'installer un compteur considéré comme un premier pas vers l'imposition de la redevance prélèvement. Et les seuls agriculteurs actuellement redevables préfèrent payer un montant forfaitaire à une redevance proportionnelle à la quantité d'eau réellement prélevée même si le niveau de la redevance est plus élevé.

Le système de quotas individuels définissant un volume maximal prélevable par an et par agriculteur est perçu de façon plus mitigée. La moitié des agriculteurs se déclarent prêts à accepter cette procédure mais uniquement en cas de situation de pénurie avérée. Les modalités d'allocation initiale des quotas font l'objet de nombreuses et diverses visions, des critères d'allocation différents étant suggérés (fonction des besoins, des cultures, de la surface ou de l'activité économique). Les agriculteurs opposés évoquent surtout le problème de l'incompressibilité des besoins en eau et refusent l'idée de perdre une récolte ou leur verger pour gérer une pénurie conjoncturelle ; ils jugent également la mesure difficile à instaurer vu qu'il est difficile de contrôler les volumes effectivement prélevés. Enfin, ils estiment nécessaire d'accompagner cette mesure par la mobilisation de ressources alternatives (apport d'eau de surface sous pression) ou de compenser financièrement les agriculteurs ayant choisi de réduire l'ap-

port d'eau d'irrigation. Enfin, 53 % des agriculteurs suggèrent que les autres usages (ménages utilisant des forages individuels, arrosage des espaces verts) soient l'objet de restrictions en priorité.

Le principe des marchés de droits d'eau, consistant à rendre négociables ces quotas, n'est accepté que par un agriculteur sur cinq. Cette attitude est surprenante puisque l'instauration de tels marchés permettrait théoriquement aux agriculteurs de mieux valoriser leurs droits sur la ressource en vendant tout ou partie aux services d'eau potable ou au secteur touristique, à un prix supérieur à la valeur marginale dans l'usage agricole. Une analyse plus approfondie des raisons justifiant ce positionnement montre que les irrigants doutent que le marché puisse réellement fonctionner dans des conditions de concurrence pure et parfaite. Ils craignent en particulier un manque de transparence et une situation d'oligopsonne dans laquelle les prix sont déterminés par un nombre limité de grands acheteurs, opérant pour le compte des services d'eau potable ou le secteur du tourisme. Ces craintes ne sont pas dénuées de fondement, si l'on se réfère à d'autres situations (voir Bauer, 2004 pour le cas du Chili et Aguilera-Kink et Sanchez-Garcia, 2005 pour le cas de Tenerife).

La manière dont l'allocation initiale des droits d'eau serait réalisée est une autre inquiétude qui ressort des entretiens. Certains agriculteurs évoquent le risque de comportement stratégique (« spéculation ») qui se traduirait par une sur-déclaration d'agriculteurs qui n'irriguent pas ou peu sur certaines parcelles mais qui pourraient tenter de récupérer des droits d'eau afin de les revendre. Il y a en effet un nombre important de forages agricoles abandonnés, donc non déclarés, mais qui pourraient être remis en service pour justifier une demande de quota plus important (ainsi, 56 puits et forages nous ont été signalés par les agriculteurs enquêtés, ce qui repré-

sente 25 % des 222 forages présents chez ces agriculteurs). La quantité de ressource étant limitée, cette sur-déclaration se ferait au détriment de ceux n'ayant pas eu ce type de comportement stratégique. Ces agriculteurs établissent un parallèle avec l'instauration des droits unitaires à produire lors de la réforme de la PAC de 2003 (surface en maïs augmentée pour gonfler les références historiques).

Le rejet des mécanismes marchands est aussi révélateur de valeurs que les agriculteurs entendent défendre. Tout d'abord, ils craignent que, dans un contexte de forte demande en eau potable, de nombreux agriculteurs ne soient tentés de vendre leurs droits d'eau, ce qui reviendrait à retirer les terres associées à ces droits de la SAU. Cette évolution est d'autant plus à craindre que les exploitants en âge de cesser leur activité cherchent de plus en plus à transmettre à leurs descendants un héritage sous une forme de capital financier, la succession étant rarement assurée au sein même de la famille. Il existerait donc un risque d'extinction de l'agriculture et de transformation en profondeur du territoire, des paysages et de la structure même de la société catalane dont les racines sont profondément rurales et agricoles. Quelques agriculteurs interrogés rappellent également l'un des principaux articles de la loi sur l'eau de 1992 : l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation et ne peut, à ce titre, pas être l'objet d'appropriation ou de transaction.

Quelques expressions relatives aux marchés de l'eau, relevées au cours des entretiens, sont présentées à titre d'illustration : « C'est la porte ouverte aux personnes qui feront de la spéculation sur les terres incultes afin de revendre l'eau et de se faire de l'argent sur le dos des agriculteurs », « ce n'est plus de la gestion, c'est du business », « c'est la fin de l'agriculture », « c'est comme les droits à polluer, l'eau est un bien extraordinaire, ce n'est pas une bourse »...

La constitution d'associations de préleveurs comme instrument institutionnel d'accompagnement est globalement bien perçue par les agriculteurs (55 % seraient prêts à y adhérer). De telles associations pourraient avoir plusieurs objectifs :

1. Favoriser la déclaration des forages individuels via une procédure collective (objectif de court terme, celui d'origine dans le Roussillon).
2. Gérer collectivement l'eau souterraine en regroupant ses usagers (objectif à long terme).
3. Payer les taxes.
4. Faire passer des consignes de restriction.
5. Être un lieu d'information et de défense des intérêts des usagers (motivation principale de l'adhésion des agriculteurs).
6. Porter des projets, comme la réalimentation des nappes.

Les agriculteurs contestent en grande majorité les objectifs 1, 3 et 4 : ils soulignent que des associations libres d'usagers ne peuvent se substituer aux devoirs des services de l'État chargés de faire appliquer la loi. Mais ils n'y sont pas opposés si cette structure sert réellement à quelque chose : leur permettre de se défendre, montrer que la situation des ressources en eau les préoccupe, participer à la gestion de l'eau souterraine... Ils ressentent toutefois une inégalité de traitement principalement entre eux et les ménages. Les agriculteurs précisent enfin les trois conditions à leur création.

- Les adhérents doivent y trouver un intérêt et son objet ne doit donc pas être la seule déclaration des forages ;
- Il doit être plus intéressant financièrement d'adhérer à cette structure que de ne pas y adhérer (comme des taxes moins élevées, des clauses d'éco-conditionnalité ou des sanctions financières de la non-déclaration) ;
- L'enjeu sur la ressource doit être démontré : 24 % des agriculteurs acceptant d'adhérer le feraient pour préserver la ressource en eau souterraine.

Conclusion

La sécheresse sévère de l'année 2003 et celle moins marquée de 2005 ont mis en évidence les faiblesses des mécanismes en vigueur pour gérer l'eau en situation de pénurie. Le Plan sécheresse élaboré en 2004 par le ministère de l'Écologie et du Développement durable et décliné sous forme de circulaire et de guides méthodologiques ne représente qu'une réponse partielle à ces situations dont la fréquence est susceptible d'augmenter avec le changement climatique. En effet, les instruments mis en place ne permettent que d'améliorer la gestion des crises (anticipation, meilleure coordination à l'échelle des bassins versants, définition des seuils de crise) sans supprimer les déséquilibres chroniques.

Cet article a proposé des pistes de réflexion en ce sens, en exposant des instruments de gestion de l'eau innovants visant à assurer une gestion quantitative équilibrée des eaux souterraines. Il analyse également leur acceptabilité à travers deux enquêtes réalisées dans le Roussillon. Cette étude de cas montre que, comme souvent, la

mobilisation de nouvelles ressources reste l'option prioritairement évoquée par les acteurs, la gestion de la demande n'étant pas considérée comme une réponse appropriée. Soulignant les difficultés d'application de la réglementation existante, le travail de terrain met également en lumière les réticences de la profession agricole à l'instauration de systèmes de gestion volumétrique des eaux souterraines et le complet rejet des instruments économiques tels les marchés de l'eau ou la taxe environnementale.

Ce constat, qui ne saurait disqualifier la pertinence de ces instruments, donne cependant une mesure de l'effort de communication à réaliser pour sensibiliser la profession agricole aux problèmes de gestion de l'eau. Quinze ans après la loi sur l'eau de 1992, les difficultés persistantes d'application de la réglementation en matière de forage ou d'installation de compteurs nous rappellent que la réforme de la gestion de l'eau s'inscrit dans le long terme. À moins que le changement climatique et ses conséquences sur les ressources en eau ne nous forcent à en accélérer le rythme. ■

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aguilera-Klink F., Sanchez-Garcia J. (2005). Water markets in Tenerife: the conflict between instrumental and ceremonial functions of the institutions. *International Journal of Water*, 3(2), p. 166-185.
- Amigues J.-P., Debaeke P., Itier B., Lemaire G., Seguin B., Tardieu F., Thomas A. (2006). *Sécheresse et agriculture - Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau*. INRA, Rapport d'expertise réalisé par l'INRA à la demande du ministère de l'Agriculture et de la Pêche, octobre, 380 p.
- Andreu Álvarez J. (2008). *Water allocation in Jucar*. Personnel communication, May 28th
- Aunay B. (2007). *Apport de la stratigraphie séquentielle à la gestion et à la modélisation des ressources en eau des aquifères côtiers*. Université Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc, Thèse en Hydrogéologie, 263 p.
- Barton H., Thompson J.-R. (1993). Institutional perspectives on water policy and markets. *California Law Review*, 81(3), p. 671-764.
- Baumol W., Oates W.-E (1988). *The theory of environmental policy*. Cambridge University Press, 299 p.
- Boum A. (2004) *L'état des eaux souterraines en France - Aspects quantitatifs et qualitatifs*. Etudes et Travaux, n° 43. IFEN, 36 p.
- Bontemps C., Couture S. (2002). Irrigation water demand for the decision maker. *Environment and development economics*, 7(4), p. 643-657.
- Burchi S., D'andrea A. (2003). *Preparing national regulations for water resources management Principles and practice*. Rome, FAO Legal Office, FAO legislative study 80, 429 p.
- Chohin-Kuper A., Rieu T., Montginoul M. (2002). *Les outils économiques pour la gestion de l'eau en Méditerranée*. Montpellier, Cemagref, Rapport remis au Plan Bleu, juin, 34 p.
- Dinar A. et Xepapadeas A. (1998). Regulating water quantity and quality in irrigated agriculture. *Journal of Environmental Management*, 54(4), p. 273-289.
- Dinar A.-E. (2000). *The political economy of water pricing reforms*. New York, Oxford University Press, 405 p.
- Döll P. (2002). Impact of climate change and variability on irrigation requirements: a global perspective. *Climatic Change*, 54, p. 269-293.
- Garrido A. (2006). *Using good economic principles to make irrigators become true partners in water and environmental policies*. Water and Agriculture: sustainability, markets and policy. OCDE, p. 37-55.
- Holman I.-P. (2006). Climate change impacts on groundwater recharge-uncertainty, shortcomings and the way forward? *Hydrogeology Journal*, 14, p. 637-647.
- Labbé F., Ruelle P., Garin P., Leroy P. (2000). Modelling irrigation scheduling to analyse water management at farm level, during water shortages. *European journal of agronomy*, 12(1), p. 55-67.
- Lafitte J.-J., Nicolazo J.-L. (2006). *Mise en œuvre du décret sécheresse : audit des mesures prises*. Paris, IGE, Rapport de l'Inspection Générale de l'Environnement, 91 p.
- Levy J.-D., Bertin M., Combes B., Mazodier J., Roux A. (2005). *Irrigation Durable*. Conseil général du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, 2185, 9 février, 38 p.
- Llomas R., Garrido A. (2005). *Lessons from Intensive Groundwater Use in Spain: Economic and Social Benefits and Conflicts*. The Agricultural Groundwater Revolution - Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, p. 266-295.

- Ménard C. (2003). L'approche néo-institutionnelle : des concepts, une méthode, des résultats. *Cahiers d'Economie Politique*, 44, p. 103-118.
- Montero J.-P. (2002). Prices versus quantities with incomplete enforcement. *Journal of Public Economics*, 85(3), p. 435-454.
- Montginoul M., Rinaudo J.-D., Lunet De Lajonquière Y., Garin P., Marchal J.-P. (2005). Simulating the impact of water pricing on households behaviour: the temptation of using untreated water. *Water Policy*, 7(5), p. 523-541.
- Moreaux M., Reynaud A. (2004). Optimal joint management of a coastal aquifer and a substitute resource. *Water Resources Research*, 40, W06S18, doi:10.1029/2003WR002166
- Petit O. (2004). La surexploitation des eaux souterraines : enjeux et gouvernance. *Natures Sciences Sociétés*, 12(2), p. 146-156.
- Petit V., Bérard P., Sourisseau B., Duermaël G., Talbo H., Mazenc B., De La Quèrrière P., Czenichowski I., Caous J.-Y., Bel F. (1996). Les aquifères littoraux de France métropolitaine. Rapport BRGM/RR-39298-FR. 120 pages
- Provencher B. *Issues in the Conjunctive Use of Surface Water and Groundwater*. Blackwell Publisher, The Handbook of Environmental Economics, 1995, p. 503-520
- Roseta-Palma C. (2003). Joint Quantity/Quality Management of Groundwater. *Environmental and Resource Economics*, 26(1), p. 89-106.
- Schlager E. (2005). *Community Management of Groundwater*. The Agricultural Groundwater Revolution - Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, p. 131-152.
- Segerson K. (1988). Uncertainty and incentives for nonpoint pollution control. *Journal of Environmental Economics and Management*, 15(1), p. 87-98.
- Shah T. (1986). *Externality and equity implication of private exploitation of groundwater resources*. India, Institute of Rural Management, October, 37 p.
- Spraggon J. (2004). Testing ambient pollution instruments with heterogeneous agents. *Journal of Environmental Economics and Management*, 48(2), p. 837-856.
- Strosser P., Montginoul M. (2001). *Vers des marchés de l'eau en France ? Quelques éléments de réflexion*. Annales des Mines, Responsabilité et Environnement, 23, p. 13-31.
- Strosser P., Speck S. (2004). *Environmental taxes and charges in the water sector. À review of experience in Europe*. Barcelona, Catalan Water Agency, Technical report, 46 p.
- Tennessee Department of Environment and Conservation. (2005). *Water well licensing regulations and well construction standards*. Division of Water Supply, Chapter 1200-4-9, 36 p.
- Tsur Y. et Graham-Tomasi T. (1991). The buffer value of groundwater with stochastic surface water supplies. *Journal of Environmental Economics and Management*, 21, p. 201-224.