



HAL
open science

Quels instruments pour la gestion quantitative de l'eau ? Une analyse économique

Stefan Ambec, Jean-Pierre Amigues, Arnaud A. Reynaud, François Salanie

► To cite this version:

Stefan Ambec, Jean-Pierre Amigues, Arnaud A. Reynaud, François Salanie. Quels instruments pour la gestion quantitative de l'eau ? Une analyse économique. *Agronomie, Environnement & Sociétés*, 2012, 2 (2), pp.29-43. <hal-02647354>

HAL Id: hal-02647354

<https://hal.inrae.fr/hal-02647354v1>

Submitted on 29 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Décembre 2012
volume n°2 / numéro n°2
www.agronomie.asso.fr

Agronomie

environnement & sociétés

La revue de l'association française d'agronomie



Assolements ^{et}
gestion quantitative de l'eau
de l'exploitation agricole au territoire

Association Française
AGRONOMIE

Agronomie, Environnement & Sociétés

Revue éditée par l'Association française d'agronomie (Afa)

Siège : 16 rue Claude Bernard, 75231 Paris Cedex 05.

Secrétariat : 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2.

Contact : douhairi@supagro.inra.fr, T : (00-33)4 99 61 26 42, F : (00-33)4 99 61 29 45

Site Internet : <http://www.agronomie.asso.fr>

Objectif

AE&S est une revue en ligne à comité de lecture et en accès libre destinée à alimenter les débats sur des thèmes clefs pour l'agriculture et l'agronomie, qui publie différents types d'articles (scientifiques sur des états des connaissances, des lieux, des études de cas, etc.) mais aussi des contributions plus en prise avec un contexte immédiat (débats, entretiens, témoignages, points de vue, controverses) ainsi que des actualités sur la discipline agronomique.

ISSN 1775-4240

Contenu sous licence Creative commons



Les articles sont publiés sous la licence Creative Commons 2.0. La citation ou la reproduction de tout article doit mentionner son titre, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue AE&S et de son URL, ainsi que la date de publication.

Directeur de la publication

Thierry DORÉ, président de l'Afa, professeur d'agronomie AgroParisTech

Rédacteur en chef

Olivier RÉCHAUCHÈRE, chargé d'études Direction de l'Expertise, Prospective & Etudes, Inra

Membres du bureau éditorial

Guy TRÉBUIL, chercheur Cirad

Philippe PRÉVOST, Directeur de l'enseignement Montpellier SupAgro

Danielle LANQUETUIT, consultante Triog et webmaster Afa

Comité de rédaction

- Marc BENOÎT, Directeur de recherches Inra

- Bernard BLUM, Directeur d'Agrometrix

- Jean BOIFFIN, Directeur de recherches Inra

- Matthieu CALAME, Directeur de la Fondation pour le Progrès de l'Homme

- Jacques CANEILL, Directeur de recherches Inra

- Joël COTTART, Agriculteur

- Cécile COULON, Ingénieure Inra

- Thierry DORÉ, Professeur d'agronomie AgroParisTech

- Philippe ÉVEILLARD, Responsable du pôle agriculture, environnement et statistiques de l'Unifa

- Sarah FEUILLETTE, Chef du Service Prévision Evaluation et Prospective Agence de l'Eau Seine-Normandie

- Yves FRANCOIS, agriculteur

- Jean-Jacques GAILLETON, Inspecteur d'agronomie de l'enseignement technique agricole

- François KOCKMANN, Chef de service agriculture-environnement Chambre d'agriculture 71

- Nathalie LANDÉ, Ingénieure Cetiom

- François LAURENT, Chef du service Conduites et Systèmes de Culture à Arvalis-Institut du végétal

- Francis MACARY, Ingénieur de recherches Irstea

- Jean-Robert MORONVAL, Enseignant d'agronomie au lycée agricole de Chartres

- Christine LECLERCQ, Professeur d'agronomie Institut Lassalle-Beauvais

- Philippe POINTEREAU, Directeur du pôle agro-environnement à Solagro

- Philippe PRÉVOST, Directeur de l'enseignement et de la vie étudiante à Montpellier SupAgro

- Guy TRÉBUIL, Chercheur Cirad.

Secrétaire de rédaction

Philippe PREVOST

Assistantes éditoriales

Sophie DOUHAIRIE et Danielle LANQUETUIT

Conditions d'abonnement

Les numéros d'AE&S sont principalement diffusés en ligne. La diffusion papier n'est réalisée qu'en direction des adhérents de l'Afa ayant acquitté un supplément

(voir conditions à <http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>)

Périodicité

Semestrielle, numéros paraissant en juin et décembre

Archivage

Tous les numéros sont accessibles à l'adresse <http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/>

Soutien à la revue

- En adhérant à l'Afa via le site Internet de l'association (<http://www.agronomie.asso.fr/espace-adherent/devenir-adherent/>). Les adhérents peuvent être invités pour la relecture d'articles.
- En informant votre entourage au sujet de la revue AE&S, en disséminant son URL auprès de vos collègues et étudiants.
- En contactant la bibliothèque de votre institution pour vous assurer que la revue AE&S y est connue.
- Si vous avez produit un texte intéressant traitant de l'agronomie, en le soumettant à la revue. En pensant aussi à la revue AE&S pour la publication d'un numéro spécial suite à une conférence agronomique dans laquelle vous êtes impliqué.

Instructions aux auteurs

Si vous êtes intéressé(e) par la soumission d'un manuscrit à la revue AE&S, les recommandations aux auteurs sont disponibles à l'adresse suivante :

<http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-inter-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne/pour-les-auteurs/>

À propos de l'Afa

L'Afa a été créée pour faire en sorte que se constitue en France une véritable communauté scientifique et technique autour de cette discipline, par-delà la diversité des métiers et appartenances professionnelles des agronomes ou personnes s'intéressant à l'agronomie. Pour l'Afa, le terme agronomie désigne une discipline scientifique et technologique dont le champ est bien délimité, comme l'illustre cette définition courante : « *Etude scientifique des relations entre les plantes cultivées, le milieu [envisagé sous ses aspects physiques, chimiques et biologiques] et les techniques agricoles* ». Ainsi considérée, l'agronomie est l'une des disciplines concourant à l'étude des questions en rapport avec l'agriculture (dont l'ensemble correspond à l'agronomie au sens large). Plus qu'une société savante, l'Afa, veut être avant tout un carrefour interprofessionnel, lieu d'échanges et de débats. Elle se donne deux finalités principales : (i) développer le recours aux concepts, méthodes et techniques de l'agronomie pour appréhender et résoudre les problèmes d'alimentation, d'environnement et de développement durable, aux différentes échelles où ils se posent, de la parcelle à la planète ; (ii) contribuer à ce que l'agronomie évolue en prenant en compte les nouveaux enjeux sociétaux, en intégrant les acquis scientifiques et technologiques, et en s'adaptant à l'évolution des métiers d'agronomes.

Lisez et faites lire AE&S !

Sommaire

P7// Avant-propos

T. DORÉ (Président de l'Afa) et O. RÉCHAUCHÈRE (Rédacteur en chef)

P9// Édito

B. LACROIX (ARVALIS – Institut du végétal) et J-E. BERGEZ (Inra)

P15// **Éléments de cadrage**

P17- L'assolement : acceptions et problématiques agronomiques actuelles

T. DORÉ (AgroParistech)

P29- Quels instruments pour la gestion quantitative de l'eau ? Une analyse économique

S. AMBEC, J.P. AMIGUES, A. REYNAUD, F. SALANIÉ (Ecole d'économie de Toulouse)

P45// **L'assolement du point de vue de l'exploitation agricole**

P47- Assolement dans les exploitations de grande culture irriguées : modélisation des décisions des agriculteurs

J. DURY (flyingsheep), J.E. BERGEZ (Inra)

P63- Choix d'assolement : exemples de mise en œuvre d'outils d'aide à la décision

V. LEVEAU et S. MARSAC (ARVALIS – Institut du végétal), P. LEROY (Inra)

P75// **L'assolement du point de vue du territoire et des filières**

P77 - Quelle représentation des systèmes de culture pour la gestion de l'eau sur un grand territoire ?

D. LEENHARDT, O. THEROND et C. MIGNOLET (Inra)

P91- Détermination des volumes prélevables pour l'irrigation et gestion collective en cours de campagne : incidence des assolements et des itinéraires technique

J.F. AMEN et L. LHUISSIER (Compagnie d'aménagement des côteaux de Gascogne)

P105- Évolution de la ressource en eau, évolution des assolements, conséquences à l'échelle du territoire des coopératives agricoles de Poitou-Charentes

F. POIRSON (Coop de France Poitou-Charentes)

P113- Réforme des autorisations de prélèvement dans le bassin Adour-Garonne : impacts sur l'économie agricole

N. HÉBERT (Agence de l'Eau Adour-Garonne), B. GRANDMOUGIN (ACTeon), S. LOUBIER (IRSTEA), N. GRAVELINE (BRGM), S. MARSAC (ARVALIS – Institut du végétal), J.F. AMEN (Compagnie d'aménagement des côteaux de Gascogne), L. BRUNEL (DIATAE)

P127- Les difficultés associées à la gestion quantitative de l'eau et à la mise en œuvre de la réforme des volumes prélevables : le cas du bassin Adour-Garonne

T. DEBRIL et Olivier THEROND (Inra)

P139- Impacts de restrictions en eau d'irrigation sur les exploitations et les filières agricoles en Beauce

C. LEJARS et J.L. FUSILLIER (Cirad), S. BOUARFA (IRSTEA), L. BRUNEL et G. RUCHETON (DIATAE), X. GIRARD (Chambre d'agriculture du Loiret), F. GOLAZ (Chambre d'agriculture d'Eure et Loire)

P155- Stratégies des acteurs des filières et évolution des assolements d'un territoire : enseignements des travaux agronomiques sur la qualité

M. LE BAIL (AgroParistech)

P165// **Note de lecture**

P167- « Garonne 2050 » : un point étape sur une prospective toujours en cours (F. CARPY-GOULARD, Agence de l'Eau Adour-Garonne)

P171- Présentation de l'AFEID (Association française pour l'eau, l'irrigation et le drainage)



Éléments de cadrage

Quels instruments pour la gestion quantitative de l'eau ? Une analyse économique¹

Which instruments for the quantitative management of water? Economic insights¹

Stefan AMBEC², Jean-Pierre AMIGUES, Arnaud REYNAUD, François SALANIÉ

¹ Les auteurs remercient l'Agence de l'Eau Adour-Garonne pour son soutien financier dans le cadre du partenariat Agence de l'Eau Adour-Garonne / Institut d'Economie Industrielle - Toulouse School of Economics.

The authors acknowledge the financial support from the Agence de l'Eau Adour-Garonne through the partnership Agence de l'Eau Adour-Garonne / Institut d'Economie Industrielle - Toulouse School of Economics.

² Les quatre auteurs partagent la même affiliation : Toulouse School of Economics (LERN, INRA). Adresse : Université de Toulouse 1 Capitole, Manufacture des Tabacs - Bât.F, 21 allée de Brienne, 31042 Toulouse. France. Pour toute correspondance : Stefan Ambec, e-mail: sambec@toulouse.inra.fr, fax: (33)-5-61-12-85-20, tel: (33)-5-61-12-85-16.

All authors share the same affiliation: Toulouse School of Economics (LERN, INRA). Address: Université de Toulouse 1 Capitole, Manufacture des Tabacs - Bât.F, 21 allée de Brienne, 31042 Toulouse. France. Corresponding author: Stefan Ambec, e-mail: sambec@toulouse.inra.fr, fax: (33)-5-61-12-85-20, tel: (33)-5-61-12-85-16.

Résumé

En plus d'être un bien essentiel, l'eau présente des spécificités physiques ou biologiques qui justifient la mise en place de systèmes de gestion (et de principes juridiques) particuliers. Trois types d'instruments économiques ont été utilisés pour la gestion quantitative de cette ressource. Les instruments réglementaires allouent des quantités ou quotas aux usagers. Ces quotas sont fondés sur des règles de partage et de rationnement (par exemple le partage égalitaire). Les instruments de tarification de l'eau consistent à associer un ou plusieurs prix au service de distribution de l'eau. Le prix est alors une variable de choix du régulateur ou du gestionnaire de service. Enfin, les marchés de l'eau supposent la création de droits (formels ou informels), et organisent les échanges de ces droits. Le prix de l'eau est alors une variable endogène qui émerge des transactions entre acheteurs et vendeurs d'eau. Dans cet article, nous étudions le fonctionnement et les performances de chacun des types d'instruments à partir d'une analyse économique et d'éléments empiriques.

Mots-clés

Eau, prix, irrigation, agriculture, économie.

Abstract

Water possesses a number of physical and biological characteristics which justify the implementation of specific man-

agement policies (and specific legal principles). Three types of economic instruments can be used for the quantitative management of water. Water quotas are typically based on sharing rules and rationing mechanisms (a typical example is a quota based on an equal sharing rule). The price is then a choice variable for the regulator or the network manager. Finally, water markets require the creation of water rights, and organize the exchanges of these rights. The price of water is then an endogenous variable that emerges from transactions between buyers and sellers of water. In this article, we study the functioning and performance of each of these instruments using an economic analysis illustrated by some empirical evidence.

Keywords

Water, price, irrigation, agriculture, economics.

Introduction

Pour des économistes, l'eau est d'abord un bien susceptible d'être produit, échangé, utilisé ou consommé, comme les pommes, les bicyclettes ou les roulements à billes. Cette vision de l'eau comme un bien économique est reprise dans la littérature économique¹ et par des cénacles internationaux.² Loin de toute provocation, il s'agit de reconnaître que la gestion quantitative de cette ressource³ résulte du comportement de multiples acteurs, et que la principale difficulté est de coordonner ces acteurs. Ainsi, il existe une demande d'eau, émanant de différentes catégories d'agents (ménages, collectivités locales, industries, agriculteurs), et cette demande est sensible au prix payé pour l'eau.⁴ De même, il existe une offre d'eau, influencée certes par des aléas climatiques, mais aussi par des décisions d'investissement (canaux, réseaux), de stockage (barrages, retenues), d'extraction (nappes ou rivières). Toutes ces décisions sont déterminées par les anticipations sur les revenus générés par l'usage de l'eau.

L'intérêt de cette vision économique de l'eau est d'insister sur la notion d'équilibre entre l'offre et la demande, équilibre fluctuant qui est comme on le sait très menacé lors des périodes de sécheresse. Lors de ces périodes, la demande devient très supérieure à l'offre ; des mesures de ration-

¹ Briscoe (1996). «The idea of water as an economic good is simple. Like any other good, water has a value to users, who are willing to pay for it. Like any other good, consumers will use water so long as the benefits from use of an additional cubic meter exceed the costs so incurred».

² Conférence Internationale sur l'Eau et l'Environnement de Dublin en 1992: «Water has an economic value in all its competing uses and should be recognized as an economic good».

³ On se concentre ici sur des volumes d'eau. Les questions liées à la qualité de l'eau, et notamment les questions environnementales, ne sont abordées qu'incidemment dans cet article.

⁴ Dans ses usages industriels et agricoles, la consommation d'eau est essentiellement une demande dérivée de processus de production, ce qui lui confère un traitement particulier d'un point de vue économique.

nement sont alors typiquement mises en place. Mais ces mesures sont-elles efficaces ? Peut-on imaginer et mettre en place d'autres systèmes ? Pour répondre à ces questions, nous devons d'abord rappeler un résultat fondamental de l'analyse économique. Pour de nombreux biens dits privés, un système de marchés concurrentiels conduit à l'émergence d'un prix unique du bien, et à une situation qui a d'excellentes propriétés : à ce prix l'offre du bien est égale à sa demande, ce qui signifie qu'il n'y a ni rationnement de la demande, ni surproduction. Chaque acteur est incité à faire le meilleur usage des ressources dont il dispose, simplement parce que cela lui permet de réduire ses dépenses (et d'acheter d'autres biens) ou d'augmenter ses recettes. Il n'y a donc aucun gaspillage. Enfin, le résultat le plus puissant est connu sous le nom de premier théorème du bien-être, et porte sur l'allocation du bien : à l'équilibre de marché, cette allocation est telle qu'aucun observateur (fût-il parfaitement informé des ressources, des technologies, et des préférences des consommateurs) ne peut définir une nouvelle allocation qui serait unanimement supérieure à l'allocation de marché. En d'autres termes, les productions sont assurées par les producteurs les plus efficaces, et ces productions sont allouées aux consommateurs les plus avides du bien, puisqu'ils sont prêts à payer le prix de marché (Fama, 1970). Toutefois, l'eau possède un certain nombre de caractéristiques qui rendent son analyse particulière, et pourraient invalider ce résultat d'efficacité. Dans cet article, nous commencerons par préciser les spécificités de l'eau qui font que ce bien n'est pas un bien privé comme les autres, et qu'un système de marchés ne fonctionnerait pas aussi bien que dans le cas idéal esquissé ci-dessus. Cette question renvoie évidemment à des spécificités physiques ou biologiques de l'eau. Ces spécificités, à leur tour, justifient la mise en place de systèmes de gestion (et de principes juridiques) particuliers. Elles en déterminent les modalités, et finalement leur efficacité. Nous étudierons ensuite les différents instruments de sa gestion quantitative, en distinguant les instruments réglementaires (quotas), les instruments de tarification, et les marchés de l'eau. Dans cette étude nous nous concentrerons sur certains aspects qui nous paraissent importants et nous renvoyons par exemple à Rogers *et al.* (2002) ou à Molle et Berkoff (2008) pour des ana-

lyses plus exhaustives de certains thèmes abordés dans cet article (en particulier la tarification de l'eau et les marchés d'eau). Le lecteur intéressé pourra également se référer à la Directive Cadre sur l'Eau du 23 octobre 2000 (directive 2000/60) qui définit une politique communautaire globale dans le domaine de l'eau, et dans laquelle l'analyse économique des modalités de tarification de l'eau est largement mentionnée.

Les spécificités du bien économique « eau »

L'eau est mobile et ne peut être contrôlée

C'est évident : l'eau se déplace, souvent de façon incontrôlable (pluies, rivières, nuages, etc.). La conséquence est immédiate : en l'absence de contrôle de la ressource, il est très difficile de définir des droits de propriété (Brewer *et al.*, 2007). Pour clarifier encore, prenons l'exemple opposé, celui de ressources naturelles non mobiles comme un gisement de charbon. En dehors de toutes considérations environnementales, rien ne justifie l'intervention des pouvoirs publics. Les Etats-Unis considèrent que le gisement appartient au propriétaire du terrain, et qu'il est libre de l'exploiter ou non. La France considère que le sous-sol est propriété de l'Etat, mais dès sa découverte le gisement est transféré au secteur privé sous la forme d'une concession. Dès lors, les marchés jouent leur rôle, et aboutissent à une sélection de techniques, de rythme d'exploitation, etc., qui selon le résultat exposé en introduction de cette section est socialement efficace.

Les difficultés commencent quand on considère un « gisement d'eau » (un lac, une rivière ou une nappe phréatique). Le raisonnement ci-dessus rencontre des difficultés quand les utilisateurs de la ressource sont multiples. La raison en est simple : extraire des quantités importantes d'eau en un point particulier conduit à réduire les quantités que les autres peuvent extraire, d'où un risque de conflit entre utilisateurs. Si les quantités extraites sont observables, un accord de partage peut être trouvé. Sinon, on fait face à un phénomène classique de tragédie des communs, où chaque propriétaire se dépêche d'extraire, puisque les autres le font. Dans un tel cas, les marchés privés se révèlent inefficaces. Définir des droits de propriété sur

une partie de l'eau du lac ou de la nappe est illusoire, en raison de la mobilité de l'eau.

De façon similaire, les rivières coulent de l'amont vers l'aval. Un droit de propriété n'a de sens que si le riverain peut empêcher ce phénomène (barrage par exemple), ce qui n'est généralement pas le cas. La question devient encore plus compliquée lorsque l'on considère des types de ressources en eau connectées les unes aux autres, ce qui est le cas des rivières et des nappes alluviales. Des prélèvements en rivières peuvent alors avoir un impact sur le niveau de la nappe. Inversement, puiser dans une nappe en change le niveau et affecte le débit des rivières.⁵

En résumé, le fait que l'eau soit mobile rend plus difficile la définition de droits de propriété sur des cours d'eau (Brewer et al., 2007). En conséquence, les réglementations ou principes juridiques sont fondés sur la possibilité physique d'accès et sur des restrictions sur les quantités. En droit romain, les eaux des rivières sont traitées comme bien commun (*res communis omnium*); chacun a le droit de les utiliser, dans la mesure où cet usage ne menace pas le droit d'usage des autres. Selon les pays, des variantes existent, mais généralement ce droit d'usage est réservé aux propriétaires des terrains qui bordent la rivière (Grande-Bretagne, Est des Etats-Unis). Les deux points-clés sont que chaque droit d'usage n'est défini que relativement aux autres usages; et que le droit d'usage est attaché à la possession d'un terrain.

En revanche, dans l'Ouest des Etats-Unis ou en Australie, historiquement la possession d'un terrain donnait droit à une quantité fixe d'eau (dans la mesure bien sûr de sa disponibilité). Ces droits créaient (et créent toujours) de difficiles problèmes de priorité (en exerçant son droit, un propriétaire situé en amont peut menacer le droit d'un propriétaire aval). Au fil du temps, la possession du droit a été rendue indépendante de la possession du terrain, ce qui a ouvert la voie à des échanges, dans le cadre de marchés ou d'autres institutions. Ces échanges sont bien plus difficiles lorsque le droit sur l'eau est attaché au terrain.⁶ Aux Etats-Unis, le droit riverain varie fortement d'un Etat à un autre, ce qui explique, en partie,

des différences en matière de développement de marchés d'eau. La plupart des Etats situés à l'Est conditionnent le droit d'accès seulement à un usage « raisonnable » de la ressource. Dans d'autres Etats (Michigan, Ohio, Wisconsin), le propriétaire foncier est légalement responsable des altérations sur les rivières ou nappes créées par ses prélèvements. Enfin, dans la plupart des Etats de l'Ouest des Etats-Unis (à l'exception de la Californie), la règle du « first in time, first in right » persiste, à la fois pour les eaux souterraines et de surface.

Date, localisation et risque

Bien sûr, l'eau prélevée n'est jamais détruite. Elle change simplement de localisation (nappes, sols, cours d'eau, atmosphère), de phase (liquide ou gazeuse), ou de qualité (température, pollution chimique ou bactériologique). Il est donc parfois plus utile de raisonner en termes de localisation que de consommation; et le bien « eau » peut être subdivisé en une multitude de biens localisés dans le temps et dans l'espace, chacun ayant une demande et une offre.⁷

Jusqu'ici, assez peu de différences au fond avec les roulements à bille et les pommes, qui sont également des biens datés et localisés. Cependant, dans ces deux cas, le transport entre deux localisations est relativement peu coûteux. En exploitant les possibilités d'arbitrage, la concurrence peut jouer son rôle, ce qui tend à égaliser les prix au moins sur une zone significative.

Pour l'eau, dont la masse volumique est élevée, le transport est généralement coûteux.⁸ Il utilise principalement des infrastructures naturelles (les rivières), qui n'existent qu'entre certains points; les infrastructures artificielles (canaux, aqueducs) sont coûteuses, avec un fort coût fixe et un faible coût marginal – exactement le cas où les marchés sont moins efficaces. La même analogie et les mêmes propriétés tiennent pour les infrastructures de stockage (qui en fait déplacent l'eau non dans l'espace, mais dans le temps: nappes ou retenues artificielles). Cela conduit finalement à des prix locaux de l'eau, qui ne sont liés aux prix des zones voisines que dans le cas où ces deux zones sont reliées par un canal ou une rivière. De même

⁵ Certains pays ont tenté de résoudre ce problème en attribuant des droits de propriété aux ressources souterraines et en qualifiant les ressources de surface (lacs, rivières, etc.) de bien publics. C'est le cas par exemple du Japon

⁶ A noter qu'une mesure indirecte de la valeur d'un droit sur l'eau est la différence de prix entre deux parcelles semblables, dont l'une borde une rivière et l'autre pas.

⁷ A cela près que, pour certains usages, la consommation de l'eau ne se traduit pas par une destruction du bien qui reste disponible (en partie) pour d'autres usagers. Ainsi, les demandes localisées vont dépendre les unes des autres.

⁸ Le régulateur anglais du secteur de l'eau (OFWAT) considère que transporter de l'eau sur une distance de 100 km augmente le coût de production de 50%. Pour le gaz et l'électricité, ces augmentations ne sont respectivement que de 2,5% et 5%.

que le prix devrait être variable dans le temps, selon la demande et la disponibilité de la ressource.

Le cycle de l'eau est non seulement hors de notre contrôle, il est également aléatoire, pour des raisons climatiques évidentes. Les mêmes raisons font que la demande d'eau est forte quand l'offre est faible, et vice-versa. Cette corrélation très négative entre offre et demande est une difficulté importante : pour restaurer l'équilibre, il faudrait accepter une très forte volatilité des prix de l'eau.⁹ Cela a deux conséquences principales. La première, est que les consommateurs voudraient se couvrir ex-ante contre ce risque (avant sa réalisation). Ouvrir des marchés à terme ne serait que modérément utile, puisque la quantité disponible est ex-post rigide : les achats à terme ne pourraient être satisfaits en cas de sécheresse. Il faut donc des marchés de produits dérivés plus complexes, comme des marchés contingents où l'on peut acheter ex-ante des quantités d'eau si un certain scénario (par exemple en termes de précipitations) se réalise. Le nombre de biens « eau » est alors multiplié au-delà du raisonnable : on parlera ainsi d'un volume d'eau disponible à tel endroit, à telle date, en cas de climat sec. On imagine la complexité de tels systèmes.

La deuxième conséquence est que des agents soumis à un risque modifient leurs décisions ex-ante : ils vont choisir des technologies, des assolements, ... de façon à modifier leur exposition à ce risque.¹⁰ Cet effet dépend de leurs anticipations sur les quantités d'eau dont ils pourront disposer, selon les scénarios. Ainsi, en fonction du système d'allocation de l'eau mis en place, les agents feront ex-ante des choix différents, choix qui conduisent eux-mêmes à des situations plus ou moins tendues ex-post. Dans le cas de l'agriculture, c'est un effet particulièrement important.

Des usages publics et un bien de subsistance

Enfin, une dernière spécificité de l'eau souvent citée est la très grande variété de ses usages. Certains sont strictement privés, et entrent dans le cadre de la théorie des biens privés. D'autres s'appuient sur une notion de bien public (provenant souvent de considérations environnemen-

tales), ce qui justifie certains seuils, comme les débits d'étiage et les débits réservés.¹¹ Il n'y a pas nécessairement de prélèvement par l'usage. L'eau est alors un bien non-rival au sens où la consommation par un usager (un baigneur) ne réduit pas la quantité disponible pour un autre usager. La théorie économique démontre que le marché est inefficace pour gérer les biens publics. Dans un système de marché, les usagers auront tendance à sous-investir dans la production, la maintenance et la protection des biens publics tels que les réserves naturelles, lacs et infrastructures de loisir. L'intervention des pouvoirs publics est alors justifiée du point de vue de l'efficacité économique.

Enfin, l'eau étant indispensable à la vie, c'est un bien de subsistance au sens où les humains ne peuvent en être privés.¹² Cela en fait un bien particulier, distinct des bicyclettes ou des roulements à billes pour le grand public. C'est un argument mis en avant par de nombreux citoyens et groupes de pressions contre les solutions de marché dans la gestion de l'eau, ou, plus précisément, la privatisation des services d'eau. D'autant que, contrairement à d'autres biens, l'eau est souvent disponible en libre-accès dans la nature. Avec des limites évidentes : de nombreux biens sont indispensables à la vie comme la nourriture et les médicaments. Ils sont pourtant échangés sur des marchés à des prix parfois très élevés. De plus, même si l'eau est disponible dans la nature, sa mise en valeur (extraction, stockage, traitement, transport et distribution) a un coût, qui se reflète dans le prix payé par les usagers (d'où la distinction entre écoulement et ressource). À noter enfin que seule une partie infime de notre consommation est indispensable à la vie, le reste (l'eau des piscines par exemple) pouvant paraître superflu. Cette caractéristique est souvent citée en appui aux mesures réglementaires de restriction de la consommation selon les usages (lavage des voitures par exemple), ainsi que pour justifier la différenciation des prix selon les usages et les volumes consommés (« prix social » de l'eau pour des faibles volumes). Si ces mesures peuvent être fondées pour des raisons d'utilité sociale des

⁹ Les travaux de Brookshire et al. (2004) sur les marchés d'eau dans les Etats de l'Arizona, du Colorado et du Nouveau-Mexique montrent par exemple que les prix de l'eau sont beaucoup plus faibles pendant les périodes pluvieuses.

¹⁰ Reynaud (2009) montre que les systèmes de culture peuvent être modifiés par l'agriculteur à long terme pour faire face à des risques accrus de sécheresse.

¹¹ Voir par exemple Briscoe (1996) pour une présentation plus exhaustive des usages et des caractéristiques du bien eau. Le lecteur intéressé pourra également se référer à la Directive Cadre sur l'Eau pour une présentation plus formelle des usages et services générés par la ressource en eau (disponible : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:327:0001:0072:FR:PDF>.)

¹² Article 25 de la déclaration universelle des droits de l'homme « Toute personne a droit à un niveau de vie suffisant pour assurer sa santé, son bien-être et ceux de sa famille, notamment pour l'alimentation, l'habillement, le logement, les soins médicaux ainsi que pour les services sociaux nécessaires... ».

biens et d'équité, on peut cependant douter de leur efficacité économique.

Les instruments réglementaires : règles de partage et de rationnement de l'eau

Dans cette section, nous nous intéressons aux instruments de régulation de l'eau que sont les règles de partage et de rationnement de l'eau, souvent utilisés dans le cas de l'irrigation. Ces instruments permettent d'allouer une quantité d'eau aux usagers selon le volume disponible. C'est un droit souvent limité dans le temps (une année ou une saison d'irrigation) et dans l'espace (un bassin hydrographique ou un périmètre irrigué).¹³ Ces règles de partage ou de rationnement dépendent souvent des modalités historiques de partage de l'eau entre usagers (c'est le cas dans les ASA¹⁴ en France) et/ou de certaines caractéristiques des usagers (type de culture, localisation, etc.).

Les règles de partage de l'eau en pratique

En agriculture, les usagers se partagent l'eau disponible selon divers critères. Les quantités distribuées sont le plus souvent proportionnelles à la surface irrigable ou irriguée, au type de culture, ou à la consommation passée selon un principe de « grandfathering ». L'eau est parfois partagée de manière séquentielle selon un ordre de priorité défini ex-ante : droits acquis ou position sur le canal. Enfin, plus rarement, le partage peut se faire de façon égalitaire, chacun ayant droit à une part égale de la ressource. Par exemple, chacun a droit à un accès au canal d'irrigation d'une durée égale par rotation. Les règles de partage sont en général décrétées de façon centralisée par les organismes publics (sous forme d'arrêtés préfectoraux par exemple) ; ou décidées collectivement par les usagers regroupés en associations d'irrigants. Dans certains cas, elles sont décrétées par l'organisme public de gestion ou le service de police de l'eau après une phase de négociation collective.

On observe des règles de partage dans de nombreuses régions du monde. En France, dans le bassin de la Charente, une gestion dite « volumétrique » a été mise en place en 2000 pour limiter

les prélèvements en période d'étiage (Loubier et al., 2005). Elle combine (i) un volume maximal d'eau à ne pas dépasser au cours de la campagne d'irrigation, (ii) des mesures d'étalement de ce volume dans le temps, (iii) des restrictions supplémentaires en cas d'atteinte d'un débit dans le fleuve inférieur au débit minimal d'étiage. Le volume maximal d'eau dépend de la surface irriguée et du type de sol. Son utilisation dans le temps est régie par des plafonds tout au long de la saison d'irrigation. Plus précisément, la saison d'irrigation est divisée en 10 périodes. Pour chacune, un volume maximal à ne pas dépasser sur la période (exprimé en pourcentage du volume global de référence) est communiqué par les services de l'Etat aux irrigants. Les restrictions supplémentaires s'appliquent si les débits d'étiage sont inférieurs à un certain seuil. La règle de partage dépend des caractéristiques des agriculteurs (type de sol et choix de culture), et prend en compte les pertes encourues si l'eau venait à manquer.

Une représentation formelle des règles de partage

La question de l'efficacité et de l'équité des règles de partage peut être analysée à l'aide d'un modèle micro-économique simple. Représentons la fonction de production d'un agriculteur par une fonction croissante jusqu'à un point de satiété. Considérons seulement deux agriculteurs pour simplifier. Notons b_i la fonction de production de l'agriculteur i et son point de satiété ou « demande » \hat{x}_i pour $i=1,2$. Supposons qu'une quantité X d'eau soit disponible. L'eau est rare au sens où, en libre accès, la quantité disponible est inférieure à la demande : $\hat{x}_1 + \hat{x}_2 > X$. Différentes règles de partage sont alors envisageables.

La répartition optimale de l'eau est définie comme le couple de consommations individuelles (x_1, x_2) qui maximise la production totale $b_1(x_1) + b_2(x_2)$ sous la contrainte de disponibilité de la ressource $x_1 + x_2 \leq X$. Si on note λ le multiplicateur de Lagrange associé à la contrainte de ressource, la condition de premier-ordre qui caractérise la solution (x_1^*, x_2^*) du programme de maximisation nous donne :

$$b'_1(x_1^*) = b'_2(x_2^*) = \lambda. \quad (1)$$

Cette équation formalise le principe selon lequel l'allocation optimale de l'eau égalise les bénéfices marginaux de sa consommation (ou les productivités marginales) au prix implicite de la ressource

¹³ Il convient de noter que dans le cas d'une irrigation gravitaire (pays du Sud, USA) ou bien sous pression (EU, Australie), les moyens technologiques et les informations utilisés conduisent à poser de manière très différente les questions de conception des instruments économiques pour un partage efficace de la ressource.

¹⁴ ASA : Association Syndicale Autorisée

λ . Lorsque l'eau est rare, son prix implicite est strictement positif $\lambda > 0$, et donc le bénéfice marginal est aussi strictement positif. A noter que si les deux agriculteurs retirent le même bénéfice de l'utilisation de l'eau au sens où $b_1 = b_2$, il est opti-

mal de diviser l'eau de manière égalitaire $x_1^* = x_2^* = X/2$. A partir du moment où leur bénéfice diffère (taille de l'exploitation, choix de culture, type de sol,...), l'allocation égalitaire n'est pas optimale comme on peut le voir dans la Figure 1 ci-dessous.

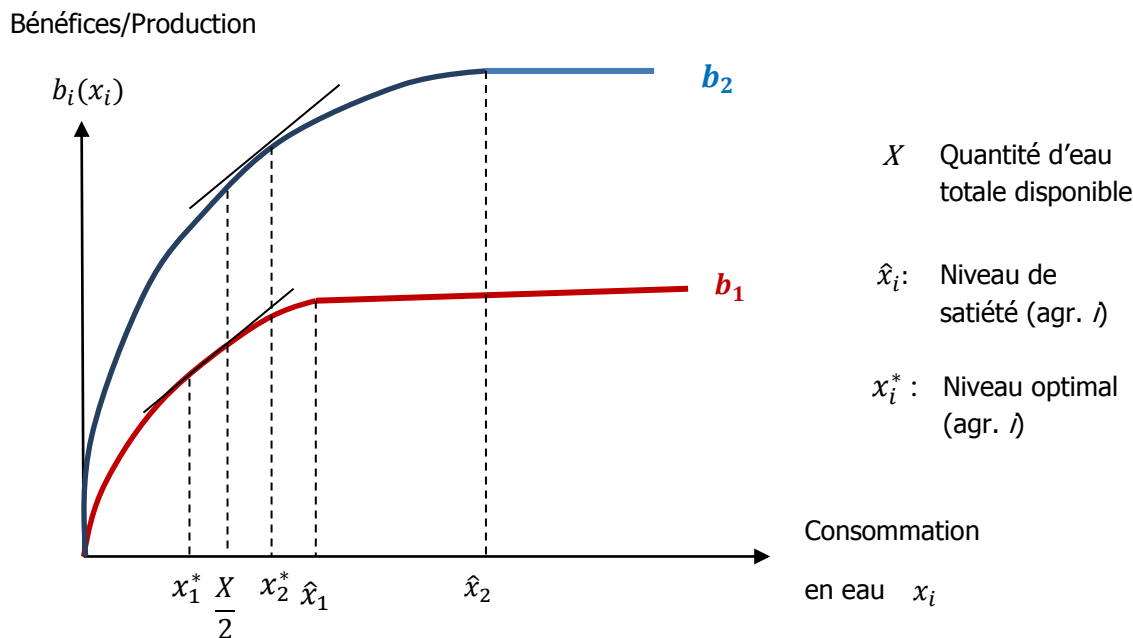


Figure 1 : Efficacité et partage égalitaire

Figure 1 : Efficiency and equalitarian sharing

Graphiquement, la solution efficace est située sur la courbe de bénéfice de chaque agriculteur où la tangente est de pente λ . Comme le bénéfice marginal de l'agriculteur 1 est moindre que celui de l'agriculteur 2 pour toute consommation d'eau, il est efficace que 2 consomme plus que 1. Le partage égalitaire distribue trop d'eau à 1 et pas assez à 2.

Un **partage égalitaire** consiste simplement à diviser la quantité disponible en ressource par le nombre d'utilisateurs. Lorsque la quantité X est partagée entre 2 agriculteurs, chacun reçoit $X/2$. De façon plus générale, lorsque X est partagée entre n agriculteurs, chacun reçoit X/n .

Un **partage séquentiel** définit un système de priorité entre utilisateurs. Les utilisateurs qui bénéficient d'un niveau élevé de priorité pourront donc consommer selon leurs besoins jusqu'à leur point de satiété, si cela est possible. Par exemple, suppo-

sons que la priorité soit donnée à l'agriculteur 1 puis 2 jusqu'à n . L'agriculteur 1 va donc consommer selon ses besoins et donc jusqu'à son point de satiété \hat{x}_1 si possible, laissant au mieux $X - \hat{x}_1$ à l'agriculteur 2 (et au pire pas d'eau). Lorsque $n=2$ l'allocation de l'eau selon un partage séquentiel entre deux agriculteurs est donc $(\min\{\hat{x}_1, X\}, \max\{X - \hat{x}_1, 0\})$. S'il y a plus de deux agriculteurs, l'agriculteur 2 consomme également jusqu'à son point de satiété laissant au mieux $X - \hat{x}_1 - \hat{x}_2$ à l'agriculteur 3 et ainsi de suite jusqu'au dernier agriculteur n par ordre de priorité.

Un **partage proportionnel** ou rationnement en fonction des besoins définit une fraction α de la demande \hat{x}_1 auquel l'utilisateur doit renoncer pour satisfaire la contrainte de ressource qui s'écrit $\alpha \hat{x}_1 + \alpha \hat{x}_2 \leq X$. La règle de rationnement est donc de $\alpha = \frac{X}{\hat{x}_1 + \hat{x}_2}$, chacun ayant une portion $\frac{X}{\hat{x}_1 + \hat{x}_2}$ de sa

demande \hat{x}_i pour $i=1,2$. Elle mène à une allocation proportionnelle de l'eau disponible $x_i = \frac{X}{\hat{x}_1 + \hat{x}_2}$ et $\hat{x}_i = \frac{\hat{x}_i}{\hat{x}_1 + \hat{x}_2} X$, chacun ayant une fraction $\frac{\hat{x}_i}{\hat{x}_1 + \hat{x}_2}$ de la quantité d'eau X disponible pour $i=1,2$. Cette fraction est fonction de la demande ou point de satiété \hat{x}_i pour $i=1,2$.

La **règle uniforme** s'inspire de la règle égalitaire. En cas de situation déficitaire, on calcule l'allocation égalitaire X/n . Si cette allocation est inférieure au point de satiété de tous les agents, chacun reçoit alors l'allocation égalitaire. Par contre, si pour certains cette allocation est supérieure au point de satiété, on les borne alors à leur niveau de satiété, et le surplus de ressource est réparti égalitairement entre les autres agents. Plus formellement, dans le cas de deux agriculteurs, supposons (sans perte de généralité) que la demande pour l'agriculteur 1 est faiblement moindre que celle de l'agriculteur 2, c'est-à-dire $\hat{x}_1 \leq \hat{x}_2$. Lorsque la ressource en eau est très limitée, c'est-à-dire lorsque $X/2 \leq \hat{x}_1$, le partage uniforme préconise un partage égalitaire $x_1 = x_2 = X/2$. Dans le cas contraire, l'agriculteur 1 obtient son point de satiété $x_1 = \hat{x}_1$ alors que l'agriculteur 2 obtient strictement plus $x_2 = X - \hat{x}_1 > \hat{x}_1$.

Efficacité et équité des règles de partage

Nous pouvons maintenant comparer les propriétés des règles de partage en termes d'efficacité et d'équité. L'efficacité en économie fait référence au principe de Pareto selon lequel il n'est pas possible d'accroître le bien-être d'un individu sans détériorer celui d'au moins un autre. Lorsque l'utilité (une mesure du bien-être des individus) est transférable au sens où il est possible de compenser les individus par des transferts monétaires, le principe d'efficacité de Pareto mène à la maximisation de la somme des bénéfices tirés de la consommation de l'eau. C'est ce que nous appellerons *l'efficacité forte*. C'est ainsi que le partage optimal entre les deux agriculteurs (x_1^*, x_2^*) a été déterminé précédemment. Ce principe est caractérisé par l'égalité des bénéfices marginaux des agriculteurs au prix implicite de la ressource λ tel que décrit par l'équation (1) ci-dessus. Ce prix augmente lorsque la ressource se fait plus rare. Comme nous l'avons vu précédemment dans le cas de deux agriculteurs, à partir du moment où les bénéfices des agriculteurs diffèrent, aucune des règles de partage considérées ci-dessus n'est

efficace au sens fort. On peut cependant justifier leur utilisation dans la mesure où un partage optimal peut être, pour des raisons pratiques, difficile à mettre en œuvre.

L'efficacité faible applique le principe de Pareto sans possibilité de transfert de bénéfice entre agriculteurs ; il s'agit d'un critère moins contraignant que l'efficacité forte. L'efficacité faible impose (i) d'utiliser toute l'eau disponible, c'est-à-dire de saturer la contrainte de ressource, (ii) de ne pas fournir plus d'eau que leur demande ou consommation de satiété.

Le principe d'égalité de traitement des agriculteurs recommanderait un partage égalitaire de la ressource. Lorsque l'eau est partagée entre un nombre n d'agriculteurs, chacun est en droit d'exiger une même fraction $1/n$ de la quantité d'eau disponible. Mais le partage égalitaire n'est pas efficace, même faiblement, puisqu'il peut fournir à des agriculteurs plus d'eau que leur point de satiété. Une façon de rendre l'idée d'égalité dans le partage compatible avec l'efficacité est de reformuler ce principe en termes de bénéfices, sous la forme d'un montant minimal garanti aux agriculteurs. Avec une quantité d'eau disponible X , puisque chaque agriculteur a un droit sur une quantité $\frac{1}{n}X$, il est légitime de lui garantir au moins le bénéfice qu'il retirerait en consommant cette quantité d'eau. Une règle de partage satisfait au principe de *borne inférieure de partage égalitaire* si tous les agriculteurs obtiennent au moins ce bénéfice. Formellement, pour un niveau de consommation x_i associé à l'agriculteur i , la borne inférieure égalitaire stipule $b_i(x_i) \geq b_i\left(\min\left\{\frac{X}{n}, \hat{x}_i\right\}\right)$ pour $i=1, \dots, n$. Les règles de partage égalitaire et uniforme satisfont la borne inférieure de partage égalitaire, mais pas les règles de partage séquentiel et proportionnel.

Un des principes fondateurs de la théorie axiomatique de la justice appliquée aux partages des ressources est l'absence d'envie (Baumol, 1987). Il stipule qu'aucun individu ne devrait préférer à sa dotation la dotation obtenue par un autre individu. Formellement, une règle de partage satisfait l'absence d'envie si $b_i(x_i) \geq b_i(\min\{x_j, \hat{x}_i\})$ pour tout $i, j = 1, \dots, n$. Ce principe est très contraignant si l'on définit une dotation comme la quantité d'eau obtenue : il interdit de distribuer des quantités d'eau différentes pour des agriculteurs qui obtiennent moins que leur point de satiété. Parmi les règles

de partage considérées, seule la règle uniforme satisfait l'absence d'envie. De manière générale, il a été démontré que, parmi toutes les règles de partage possibles, seule la règle uniforme satisfait l'efficacité faible et l'absence d'envie (Thomson, 2008).

Deux principes d'équité fondés sur la solidarité sont définis en faisant varier les données du problème de partage de l'eau. Le premier est le principe de monotonie des ressources. La *monotonie faible des ressources* stipule que, par rapport à une situation initiale, aucun agriculteur ne doit être pénalisé si plus d'eau est disponible. La *monotonie forte des ressources* requiert que tous les agriculteurs y gagnent *strictement*. Toutes les règles de partage définies ci-dessus satisfont la monotonie faible, mais seul le partage proportionnel respecte la condition plus contraignante de monotonie forte.¹⁵ En particulier, avec un partage égalitaire, les usagers qui sont servis jusqu'à leur point de satiété ne profiteront pas d'une augmentation de la quantité disponible x .

Le second principe de solidarité est défini en faisant varier le nombre de consommateurs de la ressource. Supposons que le nombre d'agriculteurs augmente. Le principe de *monotonie faible de population* recommande que, par solidarité, personne ne profite de l'inclusion de ces nouveaux usagers. Le principe de *monotonie forte de population* impose que tous doivent supporter un coût. Toutes les règles de partage considérées jusqu'ici satisfont la monotonie faible de population, mais seul le partage proportionnel respecte la monotonie forte. À noter que le partage égalitaire ne satisfait pas la monotonie de population forte car certains usagers ayant une faible demande peuvent se voir allouer leur consommation de satiété même après l'inclusion de nouveaux usagers et donc ne pas subir de perte de bénéfice. Ces résultats sont résumés dans le tableau 1.

	Partage			
	Egalitaire	Séquentiel	Proportionnel	Uniforme
Efficacité faible	non	non	oui	oui
Borne inférieure de partage égalitaire	oui	non	non	oui
Absence d'envie	non	non	non	oui
Monotonie forte de ressource	non	non	oui	non
Monotonie forte de population	non	non	oui	non

Tableau 1. Efficacité et équité des règles de partage
Table 1. Efficiency and equity of sharing rules

De la théorie à la pratique

Des travaux empiriques ont étudié les déterminants du choix d'une règle de partage. Ces travaux permettent de mieux comprendre les arbitrages que font les irrigants entre les divers principes d'équité, l'efficacité et les coûts de transaction dans la négociation des quotas. À partir de données d'enquête, Dayton-Johnson (2000) compare les partages proportionnel et égalitaire au Mexique. Il montre que l'hétérogénéité des exploitations (mesuré par l'index de Gini) favorise le partage proportionnel. Par contre, les associations d'irrigants plus récentes ont tendance à choisir le partage égalitaire pour sa simplicité qui réduit les coûts de transaction. Le partage séquentiel est souvent source de conflits. Aux États-Unis, l'inégalité et l'inefficacité du partage séquentiel dû au principe de « *prior-appropriation* » sont réduites par la possibilité pour les irrigants de louer ou vendre l'accès à l'eau, comme nous allons le voir dans la section sur les marchés de l'eau. En Inde, dans l'étude de Ray et Williams (2002), la corruption et le non-respect des règles de partage mènent de facto à un partage séquentiel, les irrigants les plus proches du canal principal ayant un accès privilégié. Les auteurs montrent que les agriculteurs en amont du canal, également les plus riches et de haute caste, sont hostiles aux modes de partage plus égalitaires.

¹⁵ Aadland et Kolpin (2004) ont interrogé des agriculteurs irrigants du Montana sur leur perception de principes d'équité pour le partage des coûts d'entretien des canaux. Il apparaît que le principe de monotonie retient l'attention de manière unanime.

Ces résultats s'appliquent principalement dans les systèmes gravitaires. En Europe, la construction de réseaux sous pression et « à la demande » a permis d'évacuer cette question, sauf dans des conditions extrêmes de rareté de la ressource et d'accès individuel à cette ressource (cas du bassin aval de la Charente en année sèche, par exemple). Evoquons maintenant certains aspects pratiques du partage de l'eau qui n'ont pu être discutés jusqu'à présent. Premièrement, il faut définir l'ensemble des usagers qui disposent de droits. Ces droits deviennent souvent des « droits acquis » dont sont exclus les nouveaux irrigants. Ceux-ci devront attendre que des quotas existants se libèrent. Il se crée ainsi des files d'attente où ceux qui bénéficient de quotas ne sont pas nécessairement ceux qui rentabilisent le mieux l'eau. On trouve ce problème de liste d'attente dans le système Neste, dans le bassin Adour-Garonne. D'un point de vue conceptuel, l'inclusion de nouveaux irrigants devrait être plus facile lorsque le critère de monotonie de population est vérifié puisqu'il partage le coût de cette inclusion de manière plus équitable. Ce principe plaide pour l'adoption de la règle de partage proportionnelle.

Deuxièmement, le quota d'eau est accordé pendant une durée limitée. Faute de possibilité de report d'une année sur l'autre, l'irrigant qui ne consomme pas toute sa part perd le reste. Il peut donc être incité à tout consommer. Cette surconsommation est aggravée lorsque la règle de partage est proportionnelle aux consommations passées (principe dit du « grandfathering »). Les systèmes souples avec des quantités lissées dans le temps et possibilité de report sont donc préférables.

Troisièmement, la mise en pratique du partage de l'eau nécessite de mobiliser des moyens humains et financiers. D'un point de vue technique, elle prend diverses formes : soit temporelle avec une rotation de l'arrosage par des tours d'eau, soit volumétrique via des compteurs et des stations de pompage. Elle nécessite parfois l'emploi d'une « police des canaux » et des sanctions en cas d'extraction illégale. La mise en opération du partage de l'eau par les irrigants est un sujet qui a été abondamment couvert par la littérature (Ostrom, 1992 ; Dinar *et al.*, 1997).

Cette analyse économique des mesures réglementaires permet de mieux appréhender leurs limites. Elles conduisent à un partage de l'eau, en général,

inefficace. Toutes ne sont pas équitables, selon les mêmes critères. Les règles de partage de l'eau sont néanmoins très attractives pour le gestionnaire du fait de leur simplicité : elles font référence à des volumes d'eau à distribuer et donc sont très liées à la disponibilité de la ressource. Nous allons voir que, si une régulation par les prix permet d'obtenir l'efficacité, elle peut s'avérer plus complexe à mettre en place, notamment pour fixer le prix qui permet d'adapter la demande à l'offre.

La tarification de l'eau

La tarification de l'eau en pratique

Comme pour beaucoup d'industries de réseau, la tarification des services de fourniture de l'eau peut s'avérer complexe. Le mode de tarification le plus simple consiste à tarifier un droit d'accès au réseau ou forfait. Ce droit est censé couvrir les coûts des infrastructures liées à la fourniture et au traitement de l'eau ; selon les cas, il dépend de l'usage final de l'eau, du débit fourni (taille de la canalisation par exemple), du type d'utilisateur (agriculteur, ménage, industriel,...). La tarification à la surface est très couramment observée (Tsur, 2005). La tarification peut également dépendre d'autres variables corrélées à la consommation : volume de la récolte, autres intrants tel que l'électricité ou le fuel nécessaire au fonctionnement des équipements d'irrigation. Dans l'Etat de l'Utah, les agriculteurs contribuent à l'entretien des canaux d'irrigation en fonction de leur localisation le long du canal et de la portion du canal qu'ils utilisent (Aadland et Kolpin, 2004). Alors que le droit d'accès semble adapté au financement des coûts fixes liés à l'investissement et la gestion des infrastructures, il est moins pour couvrir les coûts variables. Pour les ménages, on utilise souvent des informations acquises par ailleurs pour évaluer la consommation et moduler le montant forfaitaire : nombre de personnes résidant dans le logement, surface habitable, valeur foncière ou même nombre de robinets (Montginoul, 2004). Cependant, dans une tarification au forfait, le montant payé ne dépend jamais de la consommation réelle, qui n'est pas observée ; ainsi ce système n'incite pas à économiser l'eau.

Le prix volumétrique ou tarif monôme a l'avantage de faire payer les usagers en fonction de leur consommation. Il nécessite l'installation et

la gestion de compteurs. Un prix volumétrique doit couvrir l'entièreté des coûts du service d'approvisionnement (fixes et variables). À ces coûts s'ajoute le prix implicite de l'eau qui signale sa rareté au consommateur. Ce type de tarif simple dit monôme (« flat-rate » en anglais) admet de nombreuses variantes plus ou moins sophistiquées (Tsur et Dinar, 1995).

Mais le plus souvent, le tarif combine un droit d'accès et un prix volumétrique. Il s'agit d'une tarification binôme ou en deux parties, une partie fixe et une partie variable sous la forme d'un prix volumétrique pour chaque mètre cube. Le prix par mètre cube peut varier par tranche ou paliers de consommation (« block rate tariff » en anglais). La variation est en général à la hausse : le prix unitaire augmente avec la consommation. Parmi les 1 600 communes françaises enquêtées par Montginoul (2004), 94% avaient un tarif binôme, avec un prix volumétrique moyen de l'eau potable hors part forfaitaire de 1,36 €/m³ pour les communes ayant un système d'assainissement collectif. Seules 3% des communes ont opté pour un tarif monôme et 3% également pour un tarif forfaitaire (principalement des petites communes).

L'efficacité par le prix

Le mécanisme de prix permet, en théorie, de régler le problème de rareté et de répartition efficace de l'eau. Pour en comprendre les mécanismes considérons X mètres cubes d'eau qui doivent être répartis entre n consommateurs (agriculteurs, industriels, ménages). Nous savons qu'il est optimal de partager les X unités d'eau en (i) utilisant toute l'eau, (ii) égalisant les bénéfices marginaux. Il est alors facile de montrer que des consommateurs faisant face à un prix unique de l'eau vont choisir de consommer en égalisant les bénéfices marginaux. L'allocation optimale est alors atteinte lorsque le prix égalise l'offre et la demande ; ce prix correspond à la valeur implicite de l'eau et traduit la rareté de la ressource. À partir du moment où l'eau est tarifée à un prix unique, on obtient l'égalité des bénéfices marginaux et donc une répartition efficace de l'eau distribuée. L'unicité du prix est une condition nécessaire pour obtenir une allocation de l'eau efficace : si certains consommateurs ont accès à un prix réduit, ils auront tendance à surconsommer par rapport aux autres. L'efficacité n'est ni compatible avec des prix différents selon l'usage ou le type

d'usager ni avec des tarifications par paliers ou des tarifications sociales de l'eau. Ces derniers modes de tarifications ne se justifient que pour des motifs de redistribution ou de justice sociale. Leurs coûts en termes de perte d'efficacité peuvent néanmoins être faibles.

Les marchés de l'eau

Des droits échangeables sur l'eau

La question de l'organisation institutionnelle du partage de l'eau entre ses usagers est posée depuis très longtemps en économie. L'article de K. Coman dans *l'American Economic Review* en 1911 est encore actuel aujourd'hui. Il pose d'entrée le problème central de toute mise en place d'un système de marché qui est celui du mode juridique de définition d'un droit d'accès à l'eau. La doctrine en vigueur aux Etats-Unis comme dans de nombreux pays jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle était le droit de riveraineté. Selon cette doctrine, est titulaire d'un droit celui qui a en propriété un accès riverain au cours d'eau. La mise en œuvre de cette doctrine souffre du problème du premier arrivé, premier servi : les usagers sans accès direct au cours d'eau sont obligés de passer par des transactions coûteuses avec les propriétaires riverains déjà en place pour disposer de la ressource. Les nombreuses critiques de ce système ont conduit à une évolution juridique vers une doctrine d'appropriation assise sur la propriété foncière. À la possession d'une superficie donnée, les pouvoirs publics garantissent un accès à l'eau généralement proportionnel à la surface. En découplant le droit d'accès de la localisation en bordure de rivière ou non, ce système constitue un réel progrès dans la mise en adéquation des conditions d'accès aux besoins en eau. Bien qu'encore lié à la propriété foncière, il permet une autonomisation du droit à un volume donné, ou plus exactement comme une garantie d'accès à un flux d'eau donné à l'année, droit en principe indépendant de la localisation relative de la ressource et du point d'expression des besoins. L'article fondateur de Milliman (1959) présente une synthèse toujours pertinente des débats doctrinaux entre juristes et économistes sur l'appropriation de l'eau.

Cette autonomisation du droit n'est toutefois pas sans poser des problèmes. Pour aller à l'essentiel on retiendra deux : la création de rentes de situation indues et la nécessité d'une infrastruc-

ture hydraulique coûteuse à même de transférer la ressource vers les utilisateurs.

En liant droits d'eau et foncier, la doctrine peut induire des effets pervers. Le problème dit du « water farming » en constitue à cet égard une illustration exemplaire. On se reportera à l'ouvrage de T. L. Anderson (1983) pour une discussion approfondie de cette question dans le contexte américain et l'on se contentera ici d'en présenter les traits les plus saillants. Pour soutenir le développement de l'agriculture irriguée dans les Etats arides du sud-ouest des Etats-Unis, le gouvernement fédéral avait institué un système de concession de terres assorti de droits à l'eau très avantageux pour les agriculteurs. À partir des années 1950, l'agriculture est en régression rapide dans ces régions tandis que la demande en eau potable des districts urbains croît très rapidement. Il en résulte un mouvement de spéculation immobilière, de nombreux promoteurs faisant l'acquisition de ranchs non pour la terre mais pour revendre le droit à l'eau associé. Par la suite, les municipalités vont elles-mêmes entrer dans des processus coûteux d'acquisition foncière pour garantir leurs approvisionnements (Libecap, 2008).

On est ici face à deux sources d'effets pervers. La première résulte du couplage (« bundling ») eau-terre. En n'instituant pas un droit d'eau autonome, la doctrine juridique introduit des inefficacités coûteuses dans l'accès à la ressource. La seconde résulte du caractère figé dans l'histoire des droits attribués initialement. Les demandes des usagers sont naturellement évolutives et requièrent en conséquence des réajustements périodiques de la répartition des droits. La combinaison de cette fixité des droits initiaux et de la base foncière du droit d'eau a pour conséquence la création de rentes de situation au bénéfice de certains acteurs. On peut dire que l'essentiel des efforts de réforme tentant de mettre en place des systèmes de marchés de l'eau dans un certain nombre de pays résulte de la volonté de réduire autant que possible ces rentes.

La question de l'élimination des rentes d'accès à l'eau a fait l'objet d'une littérature considérable. Elle a été depuis quarante ans le fer de lance des critiques des économistes quant à l'inefficacité des mécanismes administrés de gestion de l'eau. Encore aujourd'hui, elle reste l'argument favori des promoteurs de mécanismes de marché pour

allouer la ressource à ses usagers. Cette insistance sur le problème des rentes tend toutefois à occulter d'autres aspects importants de la question, aspects que l'on va maintenant évoquer brièvement.

Tout d'abord, en découplant formellement le droit à l'eau de la riveraineté, la gestion de l'eau va se trouver confrontée au problème physique d'amener effectivement l'eau en quantité suffisante aux ayants droit. Tous les pays ayant abandonné la doctrine de riveraineté vont connaître peu après une phase active de construction d'infrastructures (barrages, canaux, ouvrages de réalimentation, transferts de bassins à bassins, détournements de cours d'eau, mise en place de réseaux gravitaires ou sous pression). Coman, dès 1911, faisait déjà remarquer que les motivations économiques justifiant ces investissements dans des infrastructures étaient peu claires et pointait de nombreuses erreurs et gaspillages, le potentiel de satisfaction de la demande par la disponibilité physique de la ressource étant généralement surévalué par les concepteurs des équipements. Les ouvrages de R. Glennon (2002, 2009) en offrent une cruelle recension pour les Etats-Unis.

Une fois réalisés, ces équipements à longue durée de vie structurent très fortement les possibilités d'accès à la ressource des utilisateurs. Il en résulte une nouvelle logique de rentes d'accès, liées maintenant non plus au cours d'eau naturel mais aux équipements de mise à disposition de l'eau aux usagers. Ce phénomène est bien connu pour les réseaux sous pression de distribution d'eau potable dans les centres urbains des pays en développement, l'implantation des populations se faisant souvent le long du linéaire du réseau. Mais il concerne aussi les réseaux d'irrigation, le basculement d'agriculteurs distants d'un cours d'eau vers des systèmes irrigués intensifs dépendant étroitement de leur accès à un réseau collectif. L'offre crée ainsi la demande, et après quelques années l'équipement se révèle sous-dimensionné par défaut d'anticipation des effets induits de sa réalisation sur l'expression de demandes nouvelles. Notons finalement que la littérature pointe aussi l'existence de surcapacités résultant d'anticipation de consommation surévaluées.

Les promoteurs des marchés de droits raisonnent souvent à court terme, c'est-à-dire à infrastructure et consommation données. L'objectif du marché est alors d'améliorer l'efficacité du partage d'un

volume disponible supposé fixe entre des usagers identifiés aux demandes également fixées. Il est néanmoins clair que la mise en place d'un marché suppose un effort parallèle de remise à plat de l'organisation des infrastructures et éventuellement des investissements nouveaux, ainsi qu'une anticipation des effets de la mise en place du marché en termes d'apparition de nouveaux usagers ou de modifications de leurs fonctions de demande d'eau. Comme l'ont analysé Chakravorty *et al.* (2009), l'exploitation de pouvoirs de marché par les opérateurs d'infrastructures du traitement à la distribution finale réduit considérablement l'efficacité d'un système décentralisé de marché de l'eau.

Un effet majeur des marchés est d'accroître les possibilités d'intervention individuelle sur l'allocation de la ressource. Les gains espérés d'efficacité résultent de l'idée que chacun est le mieux informé de ses propres besoins et des sacrifices qu'il est prêt à consentir pour les satisfaire. En tant que mécanisme d'allocation, le marché substitue à un système de planification centralisée un système de planification décentralisée. Il en résulte le besoin de mettre en place une interface efficace de communication entre le gestionnaire de la ressource et les usagers. Il en découle également la nécessité de remettre à plat des modes et règles de gestion mises en œuvre par les gestionnaires.

C'est un point souvent négligé par les partisans du marché. Le passage à une planification décentralisée peut s'avérer coûteuse en frais d'administration, de fonctionnement et de contrôle, coûts supplémentaires susceptibles de réduire significativement les gains d'efficacité espérés de la création du marché. Cet aspect est au cœur des critiques répétées de Gisser (1983) contre l'abus par les économistes d'approches fondées sur le contrôle optimal ou plus généralement sur la programmation mathématique pour conduire des analyses coûts-bénéfices de schémas d'allocation de l'eau aux usagers. Selon lui, ces approches supposent implicitement des gestionnaires disposant de toute l'information nécessaire opérant dans un univers de choix sans incertitude (ou de risques parfaitement probabilisables) et dotés de larges pouvoirs de décision, autant de conditions jamais réalisées en pratique, faussant ainsi considérablement les conclusions du calcul économique.

L'expérience internationale en matière de marchés de l'eau

Si la Californie, et plus récemment certains Etats du Sud-Ouest des Etats-Unis sont les exemples les plus visibles de systèmes de marchés de droits d'eau, de tels systèmes ont été également instaurés formellement au Chili (Central Valley) et en Australie (Etat de Victoria). On observe aussi des marchés spots spontanés (donc informels) dans d'autres pays comme le Brésil (Kemper et Olson, 2000), le Mexique (Thobani, 1998), l'Asie du Sud (Shah et Zilberman, 1991). L'émergence de structures informelles résulte soit de traditions antérieures soit de l'inefficacité constatée par les usagers de l'administration de la ressource. Structures formelles et informelles peuvent d'ailleurs se chevaucher comme au Pakistan (Rinaudo *et al.*, 1997).

Ces marchés sont assez divers : marchés locaux (échanges entre agriculteurs sur un quota fédéral annuel comme à Fort-Collins au Colorado), banques d'eau entre tous usagers (Californie et Idaho), échanges entre villes et agriculteurs (Utah, Arizona, Colorado, Nevada, Californie), transferts de bassins à bassins (USA, Australie). Les études montrent que trois facteurs critiques influencent l'efficacité de ces mécanismes : le pouvoir de monopole lorsque les offres de droits sont insuffisantes, les externalités exercées par des usagers situés en dehors du marché et l'imperfection des marchés fonciers et du marché du capital. La plupart des études concluent néanmoins à une amélioration de l'efficacité du partage de la ressource et à une atténuation en parallèle des conflits d'usage, dès lors que des règles adaptées ont été mises en place pour pallier les faiblesses du système. Ces conclusions positives concernent l'Australie (Musgrave, 1997), le Chili (Hearne et Easter, 1998), le Mexique, le Pakistan, l'Inde, l'Espagne (Garrido, 1998) et le Canada.

L'expérience internationale des marchés formels de l'eau ne représente finalement qu'un pourcentage infime des transactions sur l'eau au niveau mondial malgré un soutien vigoureux de leur instauration par les institutions internationales, notamment la banque Mondiale.

Conclusion

L'eau est un bien économique essentiel, en quantité variable dans le temps et l'espace, un intrant

majeur en agriculture. Son exploitation durable a suscité une grande variété d'outils de régulation : mesures réglementaires et quotas, tarifications diverses, ou marchés de droits sur des sources ou des volumes d'eau. L'analyse économique et les expériences empiriques ont montré que le choix de mode de régulation n'était pas neutre tant du point de vue de l'efficacité que de celui de l'équité. Cet article a permis d'apporter un éclairage sur ces points. On peut en dégager un certain nombre d'enseignements.

Si les mesures de rationnement ou les quotas ont l'avantage de la simplicité puisqu'elles sont liées à la quantité d'eau disponible, le choix de la règle de rationnement ou de partage (qui définit le quota) n'est pas neutre d'un point de vue de l'équité. Le rationnement proportionnel (à la consommation passée, aux besoins, à la surface cultivée) vérifie la propriété de monotonie forte des ressources et de population au sens où tous les usagers vont bénéficier d'un accroissement de la ressource ou d'une réduction de la demande. La règle uniforme (un partage égalitaire jusqu'au point de satiété) ne vérifie pas cette propriété mais garantit un montant minimum à tous les usagers. Une allocation des droits séquentielle (ordre de priorité des irrigants) est très inefficace et généralement injuste. Surtout, chacune de ces règles a un impact ex-ante sur les choix d'assolements, sans garantie d'efficacité.

La tarification est plus complexe à mettre en œuvre car fixer le prix qui égalise l'offre à la demande nécessite beaucoup d'informations, et une grande flexibilité face aux aléas climatiques. Néanmoins, contrairement aux mesures réglementaires et aux quotas, associer un prix unique à l'eau permet de l'utiliser plus efficacement au sens où (i) les consommateurs ont intérêt à l'économiser, (ii) elle ira à ceux qui la valorisent le plus. Les effets sur les choix ex-ante (investissement, équipement par exemple) sont efficaces. Cependant, la volatilité du prix d'équilibre est un obstacle majeur. Il importe alors de créer des moyens de couverture contre cette volatilité, par exemple en créant des classes de priorité.

Le choix du mode de tarification a son importance. La théorie économique préconise une tarification au coût marginal avec une large gamme de structures possibles. A minima une tarification en deux parties : (i) un droit d'accès pour couvrir le coût fixe des infrastructures, (ii) un prix de l'eau

volumétrique reflétant à la fois le coût marginal de la fourniture de l'eau et la rareté de la ressource. Idéalement, le prix devrait varier dans le temps et l'espace pour refléter la rareté de l'eau. Il doit être unique pour tous les usages afin que l'allocation de l'eau soit efficace. Un tarif social de l'eau avec un prix réduit pour les premières unités consommées ou pour les ménages les plus modestes peut néanmoins se justifier pour des raisons de contraintes financières ou de redistribution (en l'absence de modes de redistribution plus efficaces).

Dans un marché de quotas ou de droits sur l'eau, le prix de l'eau n'a pas à être fixé par le régulateur : il émerge de manière endogène à l'équilibre de marché. Néanmoins, le régulateur doit définir des droits sur des sources d'eau (réservoirs, rivières, stations de pompes) ou des volumes estimés, et se donner les moyens de contrôler les échanges. Le régulateur doit aussi organiser les marchés, définir des règles d'échanges et des droits de propriétés sur des volumes aléatoires. Les marchés de l'eau peuvent être assez éloignés des marchés concurrentiels au sens de la théorie économique pour de nombreuses raisons : marchés localisés à taille réduite, transactions contraintes par le réseau, difficulté de monitoring des échanges, nécessité d'investir dans des infrastructures pour fluidifier le marché et réduire l'exposition au risque. Cependant, ils peuvent aider les agriculteurs irrigants à mieux se couvrir vis-à-vis du risque au travers de marchés à terme, ou de niveaux de priorité variables sur des quantités d'eau. Ces instruments permettent en effet de sécuriser des niveaux d'approvisionnement en eau. Cependant, ces types de transactions sont relativement difficiles à organiser.

L'expérience montre que les marchés de l'eau sont complexes à mettre en place. Le régulateur doit définir les droits (permanents ou temporaires, niveaux de sécurité sur les volumes estimés, déchéance des droits si non utilisés), les distribuer (sur la base des droits acquis, des consommations passées ou sous forme d'enchère), financer, construire et gérer les infrastructures de distribution de l'eau qui permettront d'exploiter au mieux les gains à l'échange et d'accroître la taille du marché, afin d'éviter l'exercice de pouvoir de marché. Le régulateur peut également intervenir pour satisfaire des contraintes environnementales en rachetant de l'eau comme en Australie.

Les différences de prix selon les usages (agricoles ou urbains) aux Etats-Unis sont révélateurs des limites de la fluidité des marchés de l'eau. La performance des marchés de l'eau dépend en grande partie de la qualité des infrastructures et de la capacité du régulateur à assurer un suivi précis et régulier des mouvements des masses d'eau résultant des transactions entre usagers. Dans le cas de la France, la première étape consisterait à définir des droits sur l'eau puis à les rendre échangeables librement. Les difficultés sont nombreuses, mais les gains en termes de meilleure utilisation des ressources sont considérables, dans un monde où l'incertitude sur le climat futur est devenue un fait majeur.

Bibliographie

Aadland, D., Kolpin, V., 2004. Environmental determinants of cost sharing. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 53, 495-511.

Anderson, T. L., 1983. Water rights, scarce resource allocation, bureaucracy and the environment, Pacific Institute for public policy research, San Francisco, California.

Baumol, W.J., 1987. *Superfainness*, MIT Press.

Brewer, J., Glennon, R., Ker, A., Libecap, G., 2008. Water markets in the West: Prices, trading, and contractual forms. *Economic Inquiry*, 46, 91-112.

Briscoe, J., 1996. Water as an Economic Good: The Idea and What It Means in Practice. World Congress of the International Commission on Irrigation and Drainage. September, Cairo.

Brookshire, D., Colby, B., Ewers, M., Ganderton, P.T., 2004. Market prices for water in the semiarid West of the United States. *Water Resources Research*, doi:10.1029/2003WR002846.

Chakravorty, U., Hochman, E., Umestu, C., Zilberman, D., 2009. Water allocation under distribution losses: Comparing alternative institutions, *Journal of Economic Dynamic & Control*, 33, 463-476.

Coman, K., 1911. Some unsettled problems of irrigation. *American Economic Review*, 1, 1-19.

Commissariat Général au Développement Durable, 2012. La redevance pour prélèvement d'eau: quelle utilisation pour la gestion quantitative de la ressource? *Economie et Evaluation*, n°127.

Dayton-Johnson, J., 2000. Choosing rules to govern the commons: a model with evidence from Mexico. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 42, 19-41.

Dinar, A., Rosegrant, M. W., Meinzen-Dick, R., 1997. Water Allocation Mechanisms- Principles and examples, World Bank working paper, Washington D.C.

Fama, E. E., 1970. Efficient capital markets: a review of theory and empirical work. *Journal of Finance*, 25, 383-417.

Garrido, A., 1998. Economic analysis of water markets in the Spanish agricultural sector : can they provide substantial benefits ? in Easter, Rosegrant et Dinar (Eds), *Markets for water: Potential and performance*, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Glennon, R., 2002. *Water Follies: Groundwater Pumping and the Fate of America's Fresh Waters*, Island Press, Washington D.C.

Glennon, R., 2009. *Unquenchable: America's Water Crisis and What To Do About It*, Island Press, Washington D.C.

Gisser, M., 1983. Groundwater: Focusing on the real issue, *Journal of Political Economy*, 91, 1001-1027.

Hearne, R.R., Easter, K.W., 1998. Economic and financial returns from Chile's water markets, in Easter, Rosegrant et Dinar (Eds), *Markets for water: Potential and performance*, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Kemper, K.E., Olson, D., 2001, Water pricing : The economics of institutional change in Mexico and Ceara, Brazil, in Dinar A. (Ed), *The political economy of water pricing reforms*, Oxford University Press.

Libecap, G.D., 2008. Chinatown revisited: Owens Valley and Los Angeles- Bargaining costs and fairness perceptions of the first major water rights exchange. *Journal of Law, Economics, and Organization*, 24, 311-338.

Loubier, S., Christin, F., Aubry, N., Giry, E., Malaterre, P.O., Garin, P., 2005. Comment prendre en compte la demande en eau pour l'irrigation dans un contexte de rareté et d'incertitudes sur la ressource : un exemple de combinaison d'outils sur le bassin de la Charente en France, document de travail UMR-G EAU, Montpellier.

Milliman, J. W., 1959. Water Law and Private Decision-Making: A Critique. *Journal of Law and Economics*, 2, 41-63.

Montginoul, M., 2004. La structure de la tarification de l'eau potable et de l'assainissement en France : éléments de réponse au travers d'une enquête nationale, document de travail UR Irrigation, Cemagref, Montpellier.

Molle, F., Berkoff, J., 2007. *Irrigation Water Pricing: The Gap Between Theory and Practice*. Wallingford, UK: CABI Publishing, 360 pp.

Musgrave, W.F., 1997. Australia, in Dinar et Subramaniam (Eds), *Water pricing experience: an international perspective*, World Bank Technical Paper # 386.

Ostrom, E., 1992. *Crafting Institutions for Self-Governing Irrigation Systems*. ICS Press, San Francisco, California.

Ray, I, Williams, J., 2002. Locational asymmetry and the potential for cooperation on a canal. *Journal of Development Economics*, 67, 129-155.

Reynaud, A., 2009, Adaptation à court et à long terme de l'agriculture face au risque de sécheresse : Une approche par couplage de modèles biophysiques et économiques, *Review of Agricultural and Environmental Studies*, 90, 121-154.

Rogers, P., Silva, R., Bhatia, R., 2002. Water is an economic good: How to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability. *Water Policy*, 4, 1-17.

Rinaudo, J., Strosser, P., Rieu, T., 1997. Linking water markets functioning, access to water resources and farm production strategies : Examples from Pakistan, *Irrigation and Drainage Systems*, 11, 261-280.

Shah, F., Zilberman, D., 1991. Government policies to improve intertemporal allocation of water in regions with drainage problems, in Dinar, A., Zilberman, D., (Eds), *The economics and management of water and drainage in agriculture*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 637-660.

Thobani, M., 1998. Meeting water needs in developing countries: resolving issues in establishing tradable water rights, In Easter K.W. et alii (Eds), *Markets for water: Potential and performance*, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Thomson, W., 2008. Fair allocation rules, in Arrow, K., Sen, A., Suzumura, K., (eds), *Handbook of Social Choice and Welfare*, North-Holland, Amsterdam, New York,

Tsur, Y., 2005. Economic aspects of irrigation water pricing. *Canadian Water Resources Journal*, 30, 31-46.

Tsur, Y., Dinar, A., 1995. Efficiency and equity considerations in pricing and allocating irrigation water, World Bank Policy Research Paper 1460 Washington D.C.