

254

Novembre-Décembre 1999

# Économie rurale

*Agricultures • Espaces • Sociétés*

■  
L'irrigation  
et la gestion  
collective  
de la ressource  
en eau  
en France  
et dans le monde



La revue

# Économie rurale

## COMITÉ DE RÉDACTION

### Président

Egizio VALGESCHINI

### Membres

Danielle BARRÈS  
Jean-Paul BILLAUD  
Michel BLANC  
Jean-Marie BOISSON  
Philippe BOYER  
Henry BULLER  
François CLERC  
Jean-Philippe COLIN  
Pierre DAUCÉ  
Françoise GÉRARD  
Eric GIRAUD-HERAUD  
Jean-Pierre HUIBAN  
Jean-Christophe KROLL  
Raphaël LARRÈRE  
Nicole MATHIEU  
Joël MATHURIN  
Jean-Luc MAYAUD  
Jacques REMY  
Alain REVEL  
Sophie THOYER  
André TORRE  
Dominique VERMERSCH  
Bernard WOLFER

### Secrétariat de rédaction

Nicole BAUCHET

La revue publie des oeuvres originales: articles de fond, notes, débats et controverses, points de vue, complétés par une rubrique bibliographique.

Le comité de rédaction répond à toutes les propositions d'articles. Il en assure la sélection avec la participation d'un réseau de lecteurs. Les délais moyens de parution sont de six mois.

Avant tout envoi d'article, prendre contact avec le secrétariat de la SFER pour connaître les normes de présentation.

**PRIX DU NUMÉRO**: 130 F TTC

Réduction pour les achats groupés

### ABONNEMENTS

*Personnes physiques:*

France et Europe 410 F TTC • Étranger 455 F HT

*Personnes morales, organismes, sociétés:*

France et Europe 690 F TTC • Étranger 720 F HT

Dépôt légal n° 2084 - 4<sup>e</sup> trimestre 1999

Commission paritaire n° 55951

Directeur de publication: Lucien BOURGEOIS

Maquette, mise en page: Françoise FOURCAULT

Impression: Multitec, Montpellier.

# Économie rurale

254 • Novembre-Décembre 1999

## L'IRRIGATION ET LA GESTION COLLECTIVE DE LA RESSOURCE EN EAU EN FRANCE ET DANS LE MONDE

*Ce numéro est issu du colloque des 19 et 20 novembre 1998 à Montpellier, organisé par Thierry Rieu (CEMAGREF), Thierry Ruf (IRD) et Jean-Philippe Terreaux (CEMAGREF) avec le soutien du CEMAGREF et de l'IRD à Montpellier*

— 5 —

*Thierry RIEU • Thierry RUF • Jean-Philippe TERREAUX*

### INTRODUCTION

### LA REPRÉSENTATION DES SYSTÈMES IRRIGUÉS

— 6 —

*Sylvain PERRET • Pierre-Yves LE GAL*

**Analyse des pratiques, modélisation et aide à la décision dans le domaine de l'irrigation : cas de la gestion d'une retenue collinaire collective à la Réunion**

— 12 —

*Patrice GARIN • Pierre STROSSER • Sophie LAMACQ*

**Quelle représentation d'un système irrigué pour une analyse prospective des réformes de gestion ?**

### INSTRUMENTS ÉCONOMIQUES DE GESTION

— 20 —

*Marielle MONTGINOUL • Pierre STROSSER*

**Analyser l'impact des marchés de l'eau**

— 28 —

*Chokri THABET • Bob MACGREGOR • Yves SURRY*

**Effets macro-économiques de la politique du prix de l'eau d'irrigation en Tunisie**

— 36 —

*Jean-Daniel RINAUDO • Sylvie MORARDET*

**Acceptabilité des réformes des politiques de gestion de l'eau**

— 45 —

*Corinne GRAPPEY*

**Fiabilité des résultats de méthode d'évaluation contingente et modes d'interrogation**



15-16 JUIN 2000 À PARIS

## Du local au global dans l'agro-alimentaire

Colloque SFER/AIEA2 (Association internationale d'économie alimentaire et agro-industrielle, Montpellier).

---

### PROBLÉMATIQUE

Les dysfonctionnements observés récemment dans le système alimentaire (vache folle, poulet à la dioxine, hormones, etc.) entraînent une crise de confiance de la part des consommateurs, des tensions dans les relations internationales (différent Europe-EU), des modifications dans les stratégies des entreprises, une radicalisation dans la contestation des modèles techniques de production (OGM) et de consommation (Mc Donald). Ces dysfonctionnements induisent l'apparition de nouvelles frontières sur les marchés et au niveau des acteurs et de nouveaux modes de régulations. En particulier, au-delà de l'ajustement traditionnel par les prix, se développent des normes tant publiques (labels, AOC) que privées (marques commerciales), des investissements immatériels, des relations formelles et informelles qui, combinées dans le cadre de nouvelles formes d'organisation, tendent à créer des rentes pour les acteurs qui les mobilisent. Ces changements auront des conséquences importantes sur la structuration et sur la dynamique des systèmes alimentaires de demain. Des paradoxes demandent à être expliqués, par exemple celui de la coexistence d'un mouvement de globalisation et d'une hypersegmentation de certains marchés. Les paradigmes de l'économie néo-classique apparaissent de plus en plus souvent mal adaptés pour expliquer et pour théoriser ces phénomènes. De nouveaux outils sont proposés, par exemple par les écoles institutionnalistes et les sciences de gestion. L'objet du colloque est de préciser ces questionnements, de présenter les travaux scientifiques en cours dans ce domaine, de suggérer des interprétations théoriques et de susciter des débats entre les différents courants de pensée concernés.

---

### APPEL À COMMUNICATION

Le colloque sera organisé sur quatre demi-journées dont deux séances plénières et deux sessions réservées à des ateliers destinés à recevoir des communications illustrant la problématique «Nouvelles frontières des entreprises et des marchés agro-alimentaires» à travers les thèmes suivants:

Atelier 1: De l'exploitation agricole à la TPE rurale

Atelier 2: L'industrie agro-alimentaire entre multinationale et PME de terroir

Atelier 3: L'essor des services (distribution, restauration, logistique)

Atelier 4: Univers de consommation et segmentation des marchés

Atelier 5: Investissements immatériels et formes d'organisation

Atelier 6: Renouveau des politiques publiques agro-alimentaires

*Les personnes intéressées à présenter une communication sont invitées à adresser un résumé d'une page maximum au secrétariat scientifique du colloque avant le 15 janvier 2000, délai de rigueur, en vue d'un examen par le Comité Scientifique.*

*Ce résumé devra comporter: un titre; un texte présentant la problématique, les fondements théoriques et l'objet empirique de la communication envisagée; le nom, prénom, l'adresse postale, les n° de téléphones et fax ainsi que l'adresse électronique (e-mail) du ou des auteurs.*

Le secrétariat scientifique du colloque: Nicole Ferraton, CIHEAM-IAM, 3191 route de Mende, 34093 Montpellier cedex 5. Tél. 04 67 04 60 32. Fax 04 67 60 75. e-mail: ferraton@iamm.fr

Comité d'Organisation: D' Jean-Marie BOUQUERY, AND, Paris. P Gérard GHERSI, CIHEAM-IAM, Montpellier. P Jean-Louis RASTOIN, ENSA, Montpellier

**NOTES DE RECHERCHE**  
**Méthodes statistiques et économétriques**

— **54** —

*Jean-Philippe TERREAUX, Guy GLEYES*  
**Évolutions comparées de l'emploi**  
**dans les exploitations agricoles irriguées et non irriguées**

— **57** —

*Laurent PIET*  
**Modèle d'équilibre général calculable distribué et gestion de l'eau**

— **63** —

**POINT DE VUE**

— **63** —

*Jean-Christophe KROLL*  
**Négociations à l'OMC : remettre l'économie à sa juste place**

— **66** —

**NOTES DE LECTURE**

**RÉSUMÉS**

**TABLE DES AUTEURS**

---

RECTIFICATIF • Dans le numéro 251, mai-juin 1999, pp. 49-50, Point de vue d'Alain Revel « Agenda 2000 et découplage: boîte verte, jaune ou bleue? », la référence bibliographique concernant A. Pate est erronée. Ce document de travail n'a pas été publié par l'ESA Purpan. Toutes nos excuses à nos lecteurs et à l'École supérieure d'agriculture de Purpan.

---

# L'irrigation et la gestion collective de la ressource en eau en France et dans le monde

Les 19 et 20 novembre 1998 s'est tenu à Montpellier un colloque organisé par la SFER, le CEMAGREF et l'Institut de recherche pour le développement (IRD) sur «*L'irrigation et la gestion collective de la ressource en eau en France et dans le Monde*». À l'origine, la nécessité de faire le point sur le contexte dans lequel fonctionnent actuellement les périmètres irrigués et les évolutions prévisibles à plus ou moins long terme.

## Une raréfaction de l'eau douce disponible

L'allocation et la gestion des ressources en eau constituent l'un des enjeux majeurs du XXI<sup>e</sup> siècle, ne cessent de répéter les deux grandes institutions de conseil et de coordination créées récemment, le Partenariat global sur l'eau et le Conseil mondial de l'eau. Enjeu pour l'alimentation des populations, pour la préservation de l'environnement, pour les équilibres géostratégiques dans les principales régions concernées. Et, de plus en plus, enjeu vis-à-vis de l'émergence et de la résolution de conflits politiques, voire armés.

Pourquoi? La moindre disponibilité et la dégradation en qualité de l'eau accroissent progressivement les tensions entre les différents usages, de l'agriculture à l'industrie et bien sûr à l'environnement, focalisant des conflits latents entre centres urbains, ruraux et sites industriels. Ainsi en Méditerranée, l'ensemble des ressources facilement mobilisables est souvent exploité totalement, voire surexploité dans le cas des nappes aquifères non renouvelables, souvent citées comme le problème le plus préoccupant.

Nul besoin non plus d'être trop pessimiste: les gaspillages de la ressource en eau restent importants, tant au travers de sa mobilisation, de son transport que de son utilisation. Ils constituent autant de sources possibles d'économies. Ainsi les modes d'organisation et de négociation pour l'exploitation de la ressource, la mise en place de modes de gestion décentralisés, et l'utilisation d'instruments économiques incitatifs devraient permettre de limiter la portée de ces gaspillages et d'accroître les performances des systèmes irrigués. Mais tout cela reste à imaginer et à mettre en œuvre.

## Des changements institutionnels en cours

Un effort financier considérable a été engagé entre 1950 et 1985, fondé sur de vastes projets d'aménagements hydro-agricoles le plus souvent gérés par des offices

publics d'irrigation. Au fur et à mesure que les défauts principaux de ce type d'organisation émergent, ce modèle a été progressivement remis en cause. Globalement, dans l'ensemble des pays, au nord comme au sud, des décisions de désengagement de l'État et de renouvellement du cadre juridique sur l'eau conduisent à une plus grande participation des usagers et à une plus grande flexibilité de l'utilisation de l'eau par la décentralisation de sa gestion (création de marchés de l'eau, par exemple). Ces politiques d'inspiration libérale modifient également le cadre juridique et économique des systèmes irrigués, et remettent en cause les droits d'eau et les droits fonciers.

## Une prise de conscience de l'impact de l'irrigation sur les milieux aquatiques et les sols

L'utilisation agricole de l'eau conduit à des impacts sur l'environnement de différents ordres, relativement peu pris en compte dans la conception et la gestion des projets. Pour ne citer que les principaux qui ont été évoqués au cours de ce colloque:

- La gestion d'une eau plus rare oblige souvent à recourir à des eaux de médiocre qualité, salines ou alcalines, ce qui couplé à un mauvais drainage affecte en premier lieu les sols du périmètre irrigué lui-même, les rendements et les milieux aquatiques.
- Les débits d'étiage des cours d'eau sont affectés par les prélèvements, qui induisent des problèmes qualitatifs menaçant la qualité des hydrosystèmes.
- L'utilisation de ressources non renouvelables, ou semi-renouvelables, on l'a vu, pose la question de leur durabilité.

## Un enjeu économique croissant de l'agriculture irriguée

À la fin du XX<sup>e</sup> siècle, on compte 235 millions d'hectares irrigués soit environ 16 % des terres agricoles, et 150 millions d'hectares drainés. Ces données occultent une grande diversité de situations car certains pays ont fondé la majeure partie de leur production agricole sur l'irrigation (par exemple 100 % des terres cultivables sont irriguées en Égypte, 78 % au Pakistan). La concomitance entre l'extension des aires irriguées et la croissance démographique illustre l'importance de l'irrigation dans la sécurité alimentaire par l'accroissement de la production globale et la suppression des déficits alimentaires dans

certaines régions. Le sommet mondial de l'alimentation de Rome en novembre 1996 a insisté sur la contribution de l'agriculture irriguée qui pourvoit à près de 40 à 60 % des bases alimentaires mondiales. Mais, dans de nombreux cas, la productivité de l'agriculture irriguée reste bien en deçà des objectifs attendus. Des marges de progrès existent; ici aussi il reste à imaginer les modes de mise en œuvre des moyens techniques disponibles.

### **Durabilité des ressources en eau, des infrastructures et des systèmes de production**

La faiblesse des productivités, le manque de disponibilités en eau de qualité, les problèmes économiques et sociaux sous-estimés dans la gestion actuelle de l'eau et l'évolution parfois radicale de l'environnement des périmètres irrigués s'accompagnent de grandes difficultés de maintien des infrastructures créées. On observe presque partout dans le monde des phases successives de création d'un système irrigué, de gestion à court ou moyen terme omettant à la fois la prise en compte de la maintenance et la dégradation des ouvrages, des terres et des eaux, impliquant par la suite une réhabilitation coûteuse des réseaux. L'agriculture irriguée est-elle durable? Sous quelles conditions?

### **Premiers résultats**

Dans ce secteur en mutation, des réponses, souvent locales et non globales, apparaissent. Elles sont de nature aussi bien organisationnelles, techniques, économiques que juridiques. Les recherches menées dans ce secteur les analysent et ont pour l'ambition de transformer ces avancées en voies de progrès pour l'ensemble des acteurs. Les articles et notes d'avancement de la recherche qui suivent donnent une idée des pistes actuellement poursuivies, des outils mis en œuvre et des premiers résultats obtenus dans ce domaine<sup>1</sup>.

Une première série d'articles porte sur les aspects méthodologiques de la modélisation des systèmes irrigués (**Perret et Le Gal; Patrice Garin, Pierre Strosser et**

**Sophie Lamacq**). Les trois articles suivants traitent de la tarification de l'eau: marchés de l'eau (**Marielle Montginoul et Pierre Strosser**), un cas d'étude concret en Tunisie (**Chokri Thabet, Bob Mcgreggor et Yves Surry**), et enfin les problèmes posés par les réformes des politiques de gestion de l'eau (**Jean-Daniel Rinaudo et Sylvie Morardet**). La difficulté de l'évaluation des coûts environnementaux est ensuite abordée dans le cadre de la gestion d'une eau souterraine (**Corinne Grappey**). Puis deux notes d'avancement de recherche présentent l'une la mise en œuvre de méthodes statistiques et économétriques pour étudier l'impact de l'irrigation sur l'emploi dans les exploitations agricoles (**Jean-Philippe Terreaux et Guy Gleyses**), l'autre les enjeux de la construction de modèles d'équilibre général calculable pour la gestion de la ressource (**Laurent Piet**).

Le colloque a été aussi l'occasion de présenter et de discuter d'autres contributions possibles des sciences économiques et sociales à ce débat, contributions qui concernaient notamment le contexte et les questions d'actualités de la gestion collective des ressources en eau, les méthodes possibles de prise en compte d'un développement durable, respectueux de l'environnement, la recherche de solutions équitables au plan social, sans trop sacrifier à l'efficacité économique, les différents problèmes de gestion du territoire induits par la présence de système irrigués. Le lecteur intéressé pourra se reporter aux actes du colloque, disponible auprès de la SFER ou du CEMAGREF (Unité de Recherche sur l'Irrigation à Montpellier).

LES ÉDITEURS SCIENTIFIQUES DE CE NUMÉRO

**Thierry RIEU** • CEMAGREF Montpellier, UR Irrigation

**Thierry RUF** • IRD, Institut de recherche pour le développement, Montpellier

**Jean-Philippe TERREAUX** • CEMAGREF Montpellier, UR Irrigation

1. Pour réaliser ce numéro, un certain nombre de communications présentées lors du colloque ont fait l'objet d'une pré-sélection et ont été soumises, pour avis, à deux lecteurs extérieurs. Leurs commentaires et suggestions ont permis aux auteurs d'améliorer leur texte, en vue d'être publié sous forme d'article.

# Analyse des pratiques, modélisation et aide à la décision dans le domaine de l'irrigation

## Cas de la gestion d'une retenue collinaire collective à la Réunion

### Introduction Périmètres irrigués, problématiques et positions méthodologiques

Les périmètres irrigués collectifs représentent une situation de gestion dans laquelle des acteurs multiples s'organisent autour du partage d'une ressource (l'eau) et d'un équipement (le réseau hydraulique). La durabilité économique, technique et écologique de ces outils de production coûteux est conditionnée premièrement par la capacité de l'organisation gestionnaire à fournir un service hydraulique de qualité aux irrigants et, deuxièmement par la capacité de ces derniers à valoriser l'eau fournie, sous la forme d'une production rémunératrice, permettant de couvrir le coût du service rendu.

Depuis une dizaine d'années, on observe une mutation des conditions institutionnelles dans lesquelles évoluent ces périmètres. La libéralisation économique et le désengagement des États compliquent leur gestion, du fait de la multiplication des acteurs en interaction et des incertitudes sur les marchés des productions irriguées (Bélières et al., 1995). En conséquence, les agriculteurs se trouvent de plus en plus directement impliqués dans la gestion des périmètres et doivent résoudre de nombreux problèmes, techniques et financiers.

Aider les acteurs à concevoir de nouvelles stratégies de gestion représente un enjeu important pour l'avenir des périmètres irrigués collectifs. Il implique la satisfaction d'objectifs individuels de revenus, une couverture des coûts liés à un certain niveau de maintenance, une incitation éventuelle à la diminution des consommations en eau et l'émergence de règles de partage dans les situations de ressource limitée. L'élaboration de telles démarches opérationnelles d'aide à la décision suppose de dépasser la complexité des représentations systémiques (Molle, Ruf, 1994), l'énoncé de principes organisationnels généraux (Ostrom, 1992) ou l'empirisme des méthodes participatives (Gosselink et Thompson, 1997).

L'option méthodologique adoptée ici s'inspire des démarches de recherche en intervention expérimentées en gestion industrielle (Moison, 1984, 1997). Partant d'une demande éventuellement reformulée par la suite, l'intervenant cherche, à travers une série d'observations et d'entretiens, à formaliser le problème posé autour d'un cadre conceptuel, éventuellement traduit en outils de gestion et de simulation. Ceux-ci viendront alimenter les processus de changement des acteurs, en les aidant à améliorer leurs modalités de gestion courante, ou à réfléchir à des scénarios prospectifs relatifs aux choix stratégiques à opérer.

L'une des interfaces critiques autour de laquelle s'articule le fonctionnement des périmètres collectifs concerne les relations entre une offre collective et des demandes individuelles en eau (Rey, 1996; Lamacq, 1997). Face à une offre limitée, comment déterminer des règles de partage compatibles avec les besoins exprimés par chacun? Partant de l'exemple d'une intervention menée à La Réunion sur une retenue collinaire collective en cours de réalisation, nous montrons comment le recours à la modélisation et à la simulation de ces relations a permis d'aider les acteurs dans leurs choix.

### Les retenues collinaires à la Réunion

#### 1. Situation générale

Dans les zones d'altitude de l'ouest de la Réunion, le développement de productions horticoles dans les exploitations est récent, significatif, mais peu sécurisé, du fait notamment d'une longue saison sèche (Boscher, Perret, 1996). L'accès à l'eau d'irrigation est une des préoccupations majeures des producteurs.

Depuis une quinzaine d'années, les autorités locales et l'Europe soutiennent la dynamique de diversification en subventionnant la construction de retenues collinaires individuelles. Mais elles souhaitent faire évoluer leur sou-

tien face à l'augmentation régulière du nombre de demandes et à la sous-exploitation de certaines retenues (Fargier *et al.*, 1996) Les efforts sont en particulier réorientés vers des aménagements collectifs plutôt qu'individuels, afin de promouvoir et sécuriser la dynamique de diversification en cours, tout en minimisant les coûts, en pérennisant les investissements et en transférant leur gestion à des organisations paysannes.

## 2. La région du Dos d'Ane

La petite région enclavée du Dos d'Ane est emblématique de ces dynamiques, avec l'émergence depuis quelques années de systèmes spécialisés en production intensive de salades vertes et légumes divers. Malgré une pluviométrie annuelle en moyenne élevée, une longue saison sèche de sept mois rend l'irrigation indispensable. Une trentaine de familles exploitent moins de 20 ha actuellement. Chaque exploitation ne couvre souvent que quelques milliers de m<sup>3</sup>, et un à deux hectares pour les plus importantes. Les surfaces actuellement irriguées couvrent près de 14 ha, dont moins de deux hectares sous serre (Perret, 1997). Du fait de l'extrême enclavement, des conditions physiques contraignantes et du plan d'occupation des sols actuel, les possibilités d'extension du foncier agricole ou d'installation nouvelle sont quasi nulles. Seuls quelques rachats marginaux de terre entre agriculteurs installés sont observés.

Les agriculteurs mettent en œuvre des solutions très diversifiées pour gérer individuellement le risque climatique, tant au niveau du matériel que des pratiques d'irrigation, des ressources mobilisées et de leurs coûts (tableaux 1 et 2). En particulier, une dizaine de retenues collinaires individuelles ont été subventionnées.

Leur mode de remplissage pluvial et leur faible capacité (1 000 à 2 000 m<sup>3</sup>) n'autorisent toutefois qu'une irrigation d'appoint, peu compatible avec les objectifs de la plupart des producteurs. Aussi, ces retenues sont souvent complémentées par des captages de source ou de ravine, des raccordements coûteux au réseau d'eau potable, qui concurrencent directement les besoins domestiques, dans un contexte général de ressource rare. Enfin, certains petits producteurs ne disposent que de bassins-tampons de quelques dizaines de m<sup>3</sup>.

## 3. Vers une retenue collective

Pressées par un groupe d'agriculteurs et par les élus locaux, les autorités ont décidé la construction d'une retenue collective. Les décisions initiales en matière d'infrastructures ont été prises au regard de contraintes topographiques, géologiques et hydrologiques (Bureau central d'équipement outre-mer (BCEOM *et al.*, 1995). La position et le dimensionnement de l'ouvrage principal ont notamment résulté des possibilités de remplissage, c'est-à-dire par rapport à la constitution de l'offre en eau. La demande en eau a été estimée de façon très grossière puisque fondée sur une surface potentielle totale irriguée (40 ha) et

l'évapotranspiration potentielle (ETP) moyenne mensuelle correspondante, selon deux types d'année climatique. Il en a été déduit une demande moyenne mensuelle, exprimée en m<sup>3</sup>/j/ha.

Tableau 1. Exemple de système irrigué individuel à Dos d'Ane:

	Fraise serre	Salade serre	Agrumes	Salade	Légumes divers
Surface (m <sup>2</sup> )	300	960	6 000	8 000	4 000
Équipement	g.à.g (2 l/h)	asperseurs pendulaires (90 l/h)	g.à.g (2 l/h)	micro asperseurs (90 l/h)	Asperseurs (180 l/h)
Débit max. m <sup>3</sup> /j	2.6	5	9	38.5	13.5
Fréquence	2 j/sem.	1 sem./6	1 j/15	1 sem./7	Ts les jours
Période	Toute l'année	Toute l'année	De mai à nov.	D'avril à déc.	De déc. à août
Débit demandé max. m <sup>3</sup> /j	68.6				
Débit offert m <sup>3</sup> /h	6.3				

Tableau 2. Exemple de modèle d'action: culture et assolement, programme d'irrigation, règles et indicateurs

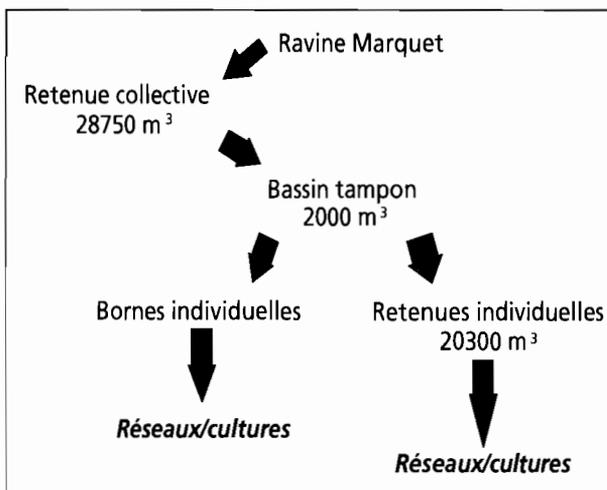
Culture	Salade de plein champ
Cycle	7 semaines en moyenne sur l'année
Surface totale	8 000 m <sup>2</sup>
Surface élémentaire par cycle	300 à 1 000 m <sup>2</sup>
Matériel	environ 700 microasperseurs à 90 l/h
Règles	A. Si date = jan-fev-mars (saison cyclonique) ou date = juil-août (surproduction) ALORS seulement 1/2 de la surface totale en culture B1. Si jour normal (ensoleillé ou nuageux), ALORS 1 irrigation, durée 1/2 h B2. Si jour de repiquage, ALORS 5 à 6 irrigations d'environ 1/4 h min. (reprise salade et refroidissement du polyéthylène) B3. Si semaine suivant le repiquage, ALORS deux irrigations, durée 1/2 h C1. Si jour n avec pluie efficace (P <sub>n</sub> >2 mm), ALORS pas d'irrigation le jour n C2. Si période de fortes pluies les jours précédents (P <sub>n-1</sub> + P <sub>n-2</sub> + P <sub>n-3</sub> > 20 mm), ALORS pas d'irrigation le jour n
Ajustements	Ressource en eau = retenue collinaire, SI pénurie, ALORS AEP. SI débit disponible limitant, ALORS salade prioritaire sur autres cultures (ex. agrumes jamais irriguées les jours de repiquage)
Consommations quotidiennes	Si C, alors 0 m <sup>3</sup> ; si B sans A, alors 38 m <sup>3</sup> ; si A sans C, alors 19 m <sup>3</sup> (calculs à partir d'une estimation surfaces/cycles (repiquage) sur l'année)

Certains choix de conception ont été faits à partir de ces estimations (position et dimension d'un bassin-tampon, taille et débit des conduits, des pompes, configuration spatiale du réseau). Parmi ceux-ci, le débit des pompes hydrauliques permet d'alimenter le bassin tampon à partir de la retenue, à raison de 630 m<sup>3</sup> par jour.

Courant 1997, une seconde évaluation de la demande, réalisée par les services de développement, a été fondée sur: le nombre d'agriculteurs irrigants potentiellement intéressés, leurs objectifs en terme d'assolement, et un bilan hydrique moyen et simplifié associant les besoins en eau théoriques des principales cultures, et des données bioclimatiques.

Ainsi, un premier bilan «prospectif» des relations offre-demande a pu être proposé. Tout en soulignant un risque de pénurie probablement élevé en cours de saison sèche et au regard des choix initiaux de conception, il s'est révélé encore très insuffisant pour affiner l'évaluation de ce risque en fonction de l'aléa climatique et, surtout des pratiques des irrigants, qui semblaient très hétérogènes et éloignées des «standards de bonne gestion». De plus, cette évaluation ne permettait pas d'aborder les principes de gestion collective à mettre en œuvre.

Au terme de ces deux étapes, le système se présentait comme suit:



Notre intervention a été initiée mi-1997, à la demande des autorités qui voulaient préciser la demande collective en eau en s'intéressant aux pratiques et aux projets individuels des producteurs. Les idées sous-jacentes étaient de préciser les risques de pénurie, et d'envisager éventuellement les modifications techniques aptes à les réduire, de décliner le contenu technique, multi-individuel, qui forge la demande collective, de façon à pouvoir porter un jugement sur les pratiques d'irrigation, et envisager des actions pour les faire évoluer (formation, conseil). S'y ajoutait des questions destinées aux services de développement concernant d'abord les modalités d'une organisation permettant aux agriculteurs de gérer eux-mêmes l'infrastructure et son fonctionnement, et ensuite la détermination des règles de gestion collective à mettre en place.

Face à cette demande multiforme, les questions traitées ont été finalement les suivantes:

Quelle sera l'équilibre offre-demande en eau dans différents scénarios d'assolement et climatiques (risques de pénurie)? Quelles règles de partage élaborer pour satisfaire fonctions de production, stratégies individuelles, usage optimal de la ressource?...

## Démarche de recherche

Pour traiter ces questions, nous avons adopté une approche centrée sur la modélisation et la simulation des relations offre-demande en eau. Cette démarche nous est apparue pertinente pour premièrement structurer les processus en cause, qu'ils soient techniques, économiques ou organisationnels, et leurs interrelations (Tanguy, 1989), deuxièmement construire une représentation globale du problème, qui soit partagée par l'ensemble des acteurs d'une organisation et, troisièmement alimenter, par simulation, une réflexion prospective sur les solutions à mettre en place (Moison, *op. cit.*).

L'intervention, longue de neuf mois, s'est structurée autour de trois volets interactifs:

- enquêtes individuelles visant à décrypter les stratégies et les pratiques d'irrigation des producteurs pour définir les composantes décisionnelles de leur demande en eau, et recenser leurs questions et besoins d'information;
- travail de modélisation, puis de simulation de la relation offre/demande en eau;
- réunions de groupe visant à restituer les résultats d'enquêtes, à identifier les questions vives animant le groupe, à définir les scénarios à simuler, et à restituer les résultats des simulations.

### 1. Acquisition des données

La demande en eau d'irrigation actuelle et future sur le périmètre maraîcher du Dos d'Ane a été définie, en agrégeant les demandes individuelles des irrigants intéressés par la retenue collective, elles-mêmes fonction de leurs projets d'assolement et de leurs pratiques traduites en programmes prévisionnels d'irrigation (Sebillotte, Soler, 1990; Leroy, 1996). L'encadré 1 précise le cadre théorique et les modalités pratiques de cette démarche, dont le principe central est l'estimation de la demande à partir des pratiques des irrigants, et non des besoins théoriques des cultures. Elle s'appuie sur:

- L'identification des exploitants intéressés, fondée sur la compilation de données statistiques locales et sur deux réunions d'information et de discussion générales avec l'ensemble des agriculteurs.
- Des enquêtes visant à identifier les systèmes de culture irrigués et les pratiques d'irrigation, ensuite formalisées sous la forme de programmes prévisionnels individuels. 29 agriculteurs ont été enquêtés deux à trois fois chacun, tant pour recueillir des informations que pour en valider la reformulation avec l'agriculteur. Une première partie de l'entretien abordait les aspects structurels et stratégiques de l'exploitation, une seconde partie s'intéressait aux pratiques d'irrigation.

## De modèles d'action individuels à la modélisation d'une demande collective

Les récentes avancées méthodologiques et techniques sur le thème de la gestion de l'eau d'irrigation (Leroy, 1996; Lamacq, 1997; Fargier *et al.*, 1996; Perret, 1997) soulignent que l'irrigant fonde rarement ses décisions sur les seules notions d'optimisation ou de maximisation des rendements ou des revenus. Les décisions, de différents niveaux, prennent en compte le caractère éventuellement limité de la ressource. Elles s'appuient sur une connaissance partielle des processus biophysiques en jeu, un savoir-faire issu de l'expérience, des interactions avec d'autres composantes du système, des critères de satisfaction des objectifs qui sont propres à l'agriculteur. Le tableau 1 fournit un exemple de ces processus. Dans une exploitation à Dos d'Ane, on constate que le débit journalier disponible ne pourra répondre à la demande de pointe certains jours (tableau 1). Des arbitrages sont nécessaires et constituent les liens entre les programmes d'irrigation, mais aussi avec d'autres composantes du système: hiérarchie et priorités entre cultures, état de la ressource, main d'œuvre et trésorerie disponibles.

Au regard de l'objectif de définition de la demande en eau dans le périmètre de la future retenue collective, nous nous sommes attachés à expliciter puis à analyser les pratiques des irrigants, dans un but de modélisation. L'analyse des pratiques s'intéresse à la façon

dont les agriculteurs mettent en œuvre les techniques, et à leurs processus de prise de décision. Différents travaux montrent que les agriculteurs placés face à un problème (ici la planification et le pilotage de l'irrigation) cherchent à se rapprocher d'une procédure d'analyse et de choix connue. Ces procédures, forgées d'expérience, forment une organisation préalable des décisions à prendre, désignée sous le terme de modèle d'action (Sebillotte, Soler, 1990; Papy, 1993).

L'étude a donc essentiellement concerné la définition des corps de règles définissant les décisions à prendre. Ils sont constitués de règles d'action du type: SI (condition), ALORS (action). Un ensemble d'indicateurs permet le déclenchement des règles, le contrôle et l'évaluation des actions, tels que le temps (régularité des apports), l'état des cultures, des paramètres climatiques (pluie) ou des dates. Ces modèles d'action ne sont pas forcément explicites dans l'esprit des agriculteurs. Spécifique à chaque individu, leur formulation nécessite des entretiens centrés sur la nature des décisions à prendre, et guidés par une représentation générique des processus mobilisés. Nous avons exploité le cadre de représentation mis en évidence chez des irrigants lors d'études précédentes (Leroy, 1996). À titre d'exemple, le tableau 2 formalise un corps de règles relatif à une culture de salade à Dos d'Ane.

## 2. Modélisation de la demande en eau

Les demandes en eau individuelles sont définies quotidiennement, à partir d'un programme de calcul sur tableur, qui intègre les modèles d'action évoqués plus haut. Conformément à ces règles, l'évaluation de la demande quotidienne nécessite des données climatiques (pluie, parfois ETP), et la prise en compte du temps (dates).

Cette démarche de modélisation repose sur trois principes: d'abord une explicitation formelle des règles mises en œuvre par l'irrigant, ensuite leur simplification en un système de règles modélisables et, enfin la validation par l'agriculteur des deux précédents, ainsi qu'un contrôle des résultats de simulations comparés à des données connues (factures d'eau potable, connaissance par l'agriculteur).

Malgré ces contrôles, ce type de modélisation s'expose à la sensibilité des paramètres relevés. Notamment de faibles écarts de temps d'irrigation, compatibles avec les contraintes de la gestion quotidienne par l'irrigant, peuvent entraîner des variations importantes en volume. Prenant comme exemple le modèle d'action exposé au tableau 1, on constate qu'une irrigation de 40 minutes, au lieu des 30 définies par le modèle, provoque une augmentation de 25 % du volume consommé (un peu plus de 10 m<sup>3</sup>), et représente un apport supplémentaire de 1,25 mm.

En fait, l'observation des informations recueillies souligne une grande homogénéité des pratiques. Conscient du caractère coûteux et rare de la ressource, et de l'extrême sensibilité des cultures en place, l'irrigant tend à éviter tout sur- et sous-apport. Par rapport aux objectifs poursuivis, le calcul des consommations agrégées, et cumulées sur un pas de temps long pour évaluer les risques de pénurie, lisse sans doute ces écarts quotidiens au modèle d'action défini.

De plus, l'idée n'est pas tant de reproduire au plus près une réalité par simulation que de valider les principes de sa construction. Ces modèles d'action peuvent en effet être à la base d'une réflexion entre l'intervenant et l'agriculteur, en vue d'ajuster, si nécessaire, ses pratiques à des références agronomiques et bioclimatiques établies.

Au regard des données disponibles sur l'offre en eau, des simulations de la demande ont été réalisées sur les mêmes années climatiques types: une médiane (1988) et une quinquennale sèche (1984). Le principal paramètre de différenciation des simulations était le nombre d'agriculteurs. Les résultats sont: les demandes maximales journalières individuelles, les cumuls par agriculteur par période de temps, les demandes maximales collectives journalières, le cumul annuel de consommation potentielle. À ce stade, il est fait abstraction du caractère limité de la ressource. Trois réunions espacées d'un mois environ ont permis de restituer les résultats des simulations, de façon

progressive en intégrant les réactions des agriculteurs et certaines défections. Lors de cette étape, les agriculteurs ont été amenés à réfléchir sur une représentation renouvelée, explicite et élargie de leur projet. Les consommations et les coûts attachés à leur projet, parfois l'incompatibilité de certains projets au regard des possibilités hydrauliques du système, le coût même de l'adhésion, mais aussi l'appartenance et/ou la position dans le réseau de connaissance local, ont amené certains agriculteurs à renoncer à une adhésion, d'autres ont modifié leurs projets. Ainsi, de façon itérative, une nouvelle demande a été redéfinie.

### 3. Modélisation des relations offre-demande

Une deuxième étape de modélisation a consisté à associer offre et demande. Les consommations résultantes des simulations précédentes ont ainsi été intégrées à un modèle d'évolution de la ressource en eau dans la retenue collective, avec pour variable de sortie le stock détenu quotidien. L'objectif en est l'appui à l'élaboration d'un corps de règles de gestion collective de l'eau, indispensable pour lever les phases critiques observées par simulation. Les choix de paramétrage du modèle, puis ses résultats ont été discutés lors de deux réunions collectives.

Ce modèle, bâti sur tableur, permet la simulation de l'évolution de la ressource selon les deux années climatiques types, en introduisant des paramètres de gestion collective (règles de partage et de remplissage des différents compartiments, fonctionnement hydraulique du système).

Les résultats des différentes simulations indiquent que le nouvel aménagement hydraulique permet le remplissage complet de toutes les retenues (collectives et individuelles) au cours du premier trimestre, quels que soient le scénario climatique et la demande qui s'y rattachent. En revanche, comme pressenti par les différents acteurs, l'offre de la nouvelle retenue ne pourra satisfaire la demande pour toute la saison sèche. Afin de repousser globalement la date de pénurie, de satisfaire chacun dans un esprit d'équité permettant d'éviter de nouvelles défections ou l'émergence de conflits, et d'optimiser le système hydraulique, des règles collectives de gestion ont été testées et proposées à la réflexion du groupe.

**Tableau 3. Résultats de simulations de l'évolution des stocks détenus dans la retenue collective et dans les retenues individuelles (cumul), avec ou sans règle de remplissage des retenues individuelles, et selon l'année climatique**

Année quinquennale sèche (1/5)	Sans règle	Avec règle
Date épuisement retenue collective	10 juillet	27 août
Date épuisement retenues individuelles (moyenne)	29 août	14 août
Année médiane (1/2)	Sans règle	Avec règle
Date épuisement retenue collective	15 août	27 septembre
Date épuisement retenues individuelles (moyenne)	27 septembre	10 septembre

À titre d'exemple, le tableau 3 présente l'effet d'une règle de partage, proposée, testée en simulation, puis adoptée et insérée dans le règlement intérieur. Il s'agit de définir un

niveau seuil dans la retenue collective, en dessous duquel les retenues individuelles ne sont plus approvisionnées. Cette règle et le seuil qui a été retenu permettent de repousser la date moyenne de pénurie pour tous et ne spolie pas les irrigants sans retenue individuelle par rapport aux autres.

## Discussion et conclusion

S'il est encore trop tôt pour juger de la validité complète de la démarche proposée, on constate déjà l'intérêt manifesté par les structures d'appui et les agriculteurs, pour une méthode et des outils qui permettent de dépasser la seule description des événements, ou des échanges essentiellement déclaratifs et qualitatifs. En terme d'aide à la décision individuelle et collective, l'explicitation, la modélisation et la simulation des règles de gestion de la ressource en eau ont produit des informations mobilisées par les acteurs: ajustements de projets individuels, élaboration du règlement intérieur du syndicat notamment.

D'une façon générale, le choix collectif et négocié de scénarios prospectifs, l'évaluation de ces scénarios au regard d'indicateurs de performance choisis par les acteurs, la prise en compte des risques climatiques et financiers, sont autant d'éléments qui viennent nourrir le débat sur des bases objectivées, partageables et compréhensibles par tous. Une telle démarche permet de focaliser l'attention du groupe sur la recherche de solutions de compromis acceptables, et d'éviter de rentrer dans les conflits autour de l'accaparement de la ressource limitante.

Cette démarche requiert des informations concernant les caractéristiques du système étudié, ses performances, mais surtout les pratiques et les processus de décisions qui les sous-tendent. Leur explicitation ne se justifie pas seulement en vue d'une modélisation à des fins d'aide à la négociation collective, mais aussi premièrement pour objectiver puis ajuster les stratégies individuelles des irrigants, en simulant leurs conséquences, deuxièmement pour aborder les fonctions de conseil, de formation, et de recherche, en pointant les pratiques les moins adaptées, les manques d'informations et de références des agriculteurs comme des agents de développement, et troisièmement pour amener les conseillers et la recherche à s'intéresser de près aux pratiques en cours, comme point de départ à toute innovation. En effet, la démarche interroge les acteurs locaux et les intervenants extérieurs sur leurs systèmes d'information et la pertinence des référentiels disponibles au regard des problèmes posés: connaît-on, par exemple, les quantités d'eau utilisées? les besoins en eau des plantes dans un site donné? quelles sont nos capacités à juger de la validité des pratiques d'irrigation des agriculteurs?

L'un des enjeux majeurs de ces travaux réside dans la formation des conseillers agricoles à ces démarches associant entretiens qualitatifs, collecte de données quantitatives et usages d'outils de modélisation. Face à des problèmes complexes nécessitant l'émergence de solutions de com-

promis, ceux-ci doivent en effet renouveler leurs méthodes d'intervention, en ayant pour objectifs de mieux comprendre les processus de décision collective des agriculteurs, d'évaluer les effets de ces décisions sur les performances des systèmes de production, et de faciliter les processus d'apprentissage des acteurs (Attonaty, Soler, 1991; Papy, *op. cit.*).

Se dégage ainsi un nouveau thème de recherche, portant sur la fonction de conseil elle-même et ses différentes composantes: nature des relations entre conseillers, agriculteurs et gestionnaires, profils et formation des con-

seillers, dispositifs, démarches et outils de conseils, modalités de financement. Quelle place donner, par exemple, à l'outil informatique comme moyen de formaliser la connaissance, de gérer l'information ou de simuler des scénarios prospectifs? Améliorer l'efficacité du conseil face à des problèmes complexes et peu structurés, représente donc un objectif central d'appui au développement et un thème de recherche renouvelé, sur la gestion collective des systèmes de production agricole.

Sylvain PERRET • Pierre-Yves LE GAL  
CIRAD TERA, MONTPELLIER

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Attonaty J.-M., Soler L.-G. *Des modèles d'aide à la décision pour de nouvelles relations de conseil en agriculture*. In: Nouvelles approches en gestion de l'exploitation agricole, Economie rurale, 1991, 206: 37-45.
- BCEOM, CNR et ALC. *Retenue collective du Dos d'Ane: avant projet détaillé*. Région Réunion/DAF, BCEOM, 1995, A94.53, 75 p.
- Bélières J.-F., Havard M., Le Gal P.-Y. *Désengagement de l'État et dynamiques d'évolution de la riziculture irriguée dans le delta du fleuve Sénégal*. In Quel avenir pour les rizicultures de l'Afrique de l'Ouest? CNRS-CIRAD, Bordeaux, France, 1995, 11 p.
- Boscher M., Perret S. *La diversification dans les Hauts de Saint Paul (Réunion): analyse des situations agricoles et stratégies de gestion des risques climatiques et de la mise en marché*. Cirad-Sar, 1996, n° 132/96, 83 p.
- Fargier Y., Perret S., Le Gal P.-Y. *La gestion de l'eau d'irrigation en conditions de ressource limitée (retenues collinaires). Analyse des pratiques et propositions d'outils d'aide à la décision pour les exploitations des Hauts de La Réunion*. CIRAD/SAR, 1996, n° 161/96, 60 p. + annexes.
- Gosselink P., Thompson J. *Application of participatory rural appraisal methods for action research on water management*. 1997, IIMI, 29 p.
- Lamacq S. *Coordination entre l'offre et la demande en eau sur un périmètre irrigué. Des scénarios, des systèmes, et des hommes...* Thèse Doct., CEMAGREF, ENGREF, 1997, 137 p. + annexes.
- Leroy P. *Gestion des ressources limitées en eau: conséquences agro-économiques*. Rapport de synthèse, CE/IN-
- RA, 1996, chap. IV, Water Management at Farm Level, 65 p.
- Moisdon J.-C. *Recherches en gestion et intervention*. Revue française de Gestion, sept-oct. 1984, pp. 61-72.
- Moisdon J.-C. dir. *Du mode d'existence des outils de gestion*. Seli Arslan Éd., Paris, 1997, 286 p.
- Molle F., Ruf T. *Éléments pour une approche systémique du fonctionnement des périmètres irrigués*. In Symposium International "Recherches-système en Agriculture et Développement Rural", Montpellier, France, 21-25 novembre 1994, pp. 114-118.
- Ostrom E. *Crafting institutions for self-governing irrigations systems*. ICS Press, 1992, 111 p.
- Papy F. *Nouveau contexte, nouveau conseil*. Bulletin AP-CA, 1993, 50: 1-10.
- Perret S. *La nouvelle retenue d'eau collective et les systèmes horticoles du Dos d'Ane: analyse des pratiques et de la demande en eau des irrigants, modélisation prospective des relations offre-demande*. CIRAD-SAR, 1997, n° 125/97, 25 p.
- Rey J. *Management des périmètres irrigués, enseignements de l'entreprise pour la gestion du changement*. Thèse Doct. ENSMP/CGS, 1996, 177 p.
- Sebillotte M., Soler G. *Les processus de décision des agriculteurs. 1. Acquis et questions vives*. In: Modélisation systémique et systèmes agraires. Décision et organisation. J. Brossier, B. Vissac, J.-L. Le Moigne éd., Paris, France, INRA, 1990, pp. 93-101.
- Tanguy H. *La réhabilitation des modèles et des plans dans l'entreprise: cas d'une maison de Champagne*. Cahiers d'économie et sociologie rurales, 1989, n° 10, pp 25-64.

# Quelle représentation d'un système irrigué pour une analyse prospective des réformes de gestion ?

Les tensions entre usages de la ressource en eau, des inquiétudes quant à l'évolution des sols sous irrigation et l'exigence d'une plus grande transparence dans l'utilisation des fonds publics sont autant de facteurs qui imposent une amélioration des performances globales des aménagements hydro-agricoles. La réforme du secteur irrigué au Pakistan est une bonne illustration de cet enjeu. La productivité de l'agriculture irriguée y est une des plus faibles au monde, avec par exemple un rendement moyen inférieur à 2t/ha pour le blé, principale production vivrière. Pour compléter l'eau trop rare et aléatoire des grands canaux publics, les agriculteurs multiplient les puits privés et les pompages dans les nappes, malgré la médiocre qualité de l'eau. Cette pratique conduit à une dégradation des sols par salinité ou sodicité. Initiée depuis 1993 par les bailleurs de fonds inquiets des déficits croissants du secteur, une réforme propose un désengagement de l'État de certaines activités de gestion du réseau de canaux et le développement de marchés de l'eau. La réforme proposée ne repose sur aucune étude de scénario alternatif, comme l'amélioration des performances du système de distribution en intervenant soit sur les règles de gestion des canaux, soit sur leur maintenance.

Comme dans de nombreux pays qui envisagent ou commencent une réforme des politiques de l'eau, le choix entre des interventions de nature économique et institutionnelle (marché de l'eau, délégation de gestion à des associations d'usagers) ou technique et organisationnelle (gestion des canaux) devrait être étayé par leurs effets attendus sur de nombreux critères :

- économiques, comme la valorisation économique de l'eau ou les revenus agricoles,
- environnementaux, comme les impacts sur la qualité de l'eau et des sols,
- ou sociaux, comme l'équité, etc.

Or les études d'impacts restent peu nombreuses et monodisciplinaires, au Pakistan comme ailleurs.

De nombreuses méthodes d'évaluation pluridisciplinaires des politiques d'aménagement reposent sur des démarches d'analyse *a posteriori* des effets induits. La méthode des graphes d'objectifs (Funel et Laucoin, 1980) ou l'association d'analyses des systèmes agraires, des systèmes de production et de pratiques paysannes (CIRAD 1986 ; Jamin, 1994, par exemple) permettent de confronter les logiques des exploitants agricoles aux logiques des

aménageurs afin d'ajuster, au vu de l'expérience passée, les objectifs et les moyens mis en œuvre. Mais ces méthodes ne sont guère utilisables pour l'exploration de futurs possibles.

Les méthodes d'évaluation *a priori* sont le plus souvent monodisciplinaires. La modélisation des réseaux et des méthodes de régulation permet l'exploration des potentialités techniques de ré-allocation de l'eau de surface par une meilleure gestion des ouvrages, mais négligent les impacts prévisibles sur les assolements et sur les pratiques d'irrigation. Des méthodes d'évaluation économique préalables à un aménagement ou à une réforme de gestion anticipent ses effets attendus sur le revenu des agriculteurs et sur la valorisation économique de l'eau (Rieu *et al.*, 1993). Mais elles omettent de considérer les contraintes de transferts d'eau liées aux infrastructures hydrauliques ainsi que les impacts environnementaux. D'autres méthodes économiques prennent en compte les coûts associés aux effets externes, non sanctionnés par des transactions directes sur les marchés. Mais les résultats de ces approches globales sont souvent critiqués, du fait notamment d'insuffisances dans l'analyse des processus bio-physiques, de présupposés rarement explicités et de lacunes dans l'appréciation interdisciplinaire des impacts des décisions publiques (Cohen de Lara et Dron, 1998).

Nous présentons ici les éléments d'une approche intégrée d'un périmètre irrigué développée lors d'une action de recherche interdisciplinaire au Pakistan, associant le Cemagref et L'International Irrigation Management Institute (IIMI). Son but était de produire *une méthode prospective d'évaluation de scénarios d'interventions publiques dans le secteur irrigué*, fondée sur l'usage de modèles permettant de *quantifier* (au moins en partie) *les impacts potentiels* des réformes sur l'offre en eau, la production agricole et l'environnement.

Le défi était de pouvoir associer des travaux s'attachant à formaliser les décisions et les pratiques des agriculteurs (systèmes agraires, économie), avec ceux analysant le fonctionnement hydraulique du système de distribution (hydraulique, transport solide, régulation) et ceux décrivant les processus bio-physiques de la dégradation des sols. Ainsi, les périmètres irrigués devaient être appréhendés selon différents points de vue à des échelles de temps et d'espace divers. La construction d'*une représentation* du périmètre irrigué commune à tous les chercheurs, était

donc un passage obligé pour la coordination de travaux interdisciplinaires.

Dans une première partie, nous présentons le cadre théorique adopté et quelques références sur les représentations de périmètres irrigués utilisées pour aborder les réformes de gestion de l'eau. Dans une seconde partie sont présentées l'approche intégrée et la représentation élaborées dans le cadre de la collaboration Cemagref-IMI au Pakistan. Les limites de cette représentation sont discutées dans une dernière partie.

## Le périmètre irrigué: un système complexe qu'il faut représenter

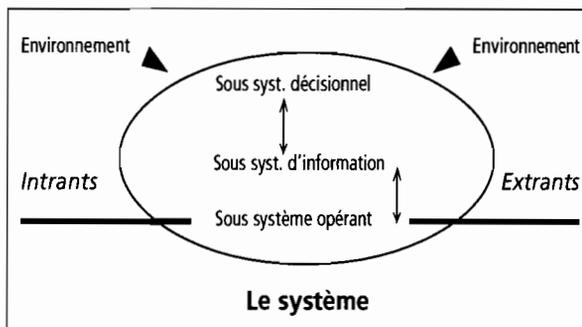
### 1. Une approche systémique du fonctionnement des périmètres

Dans de nombreux travaux abordant les relations entre l'homme et son environnement, la recherche s'est d'abord organisée selon un découpage disciplinaire du sujet, suivi d'une « synthèse » et/ou d'une somme des résultats disciplinaires (Jollivet et Pavé, 1992). De nombreux programmes sur les périmètres irrigués ont été menés de la sorte, aboutissant à des méthodes d'analyse et à des indicateurs de performance (Molden et Gates, 1990; El-Awad *et al.*, 1991 par exemple). Outre les difficultés de réalisation d'une synthèse *se présentant alors comme un collage plus ou moins hétéroclite* des travaux disciplinaires menés séparément (Jollivet et Pavé, 1992), le résultat final est critiquable par l'absence d'analyse des interactions et par les incertitudes nées du couplage de recherches menées à des échelles de temps et d'espace différentes. On soulignera aussi les difficultés matérielles à comparer de nombreux scénarios, qui font l'intérêt des études prospectives et à retracer des dynamiques d'évolution à partir d'une synthèse de travaux.

Constatant qu'il était illusoire de vouloir rendre compte *en même temps* de tous les processus physiques, chimiques, biologiques et décisionnels qui interviennent dans le fonctionnement d'un aménagement, des chercheurs ont tenté de préciser les niveaux d'organisation pertinents, les unités fonctionnelles au sein d'un périmètre irrigué et leurs relations mutuelles, ainsi que leurs rapports avec l'extérieur. Pour cela ils se sont appuyés sur des approches systémiques. Comme tout système, un périmètre est décomposable en trois niveaux d'organisation (Le Moigne, 1994, citant Boulding, 1962):

- Le sous-système décisionnel réagit à partir des informations, de sa « mémoire » et de ses objectifs pour intervenir sur le sous-système opérant (coordination et pilotage des actions).
- Le sous-système d'information recueille et traite les informations utiles au sous-système décisionnel.
- Le sous-système opérant est le lieu où se fait la transformation des intrants en « extrants », qui matérialise la fonction du système (ce qu'il fait) (figure 1).

Il n'y a donc pas une seule et unique manière d'appréhender le système, ses niveaux d'organisation et ses unités fonctionnelles. « *Un système n'est pas quelque chose qui existe dans la réalité [...] c'est uniquement une construction mentale, variable en fonction du contexte et de nos intentions, que nous élaborons pour faciliter la compréhension et la construction d'un réel complexe* » (Génelot, 1992).



Source : Le Moigne, 1994

Les méthodes s'appuyant sur une analyse du système d'information et de ses interactions avec les deux autres sous-systèmes, s'intéressent au pilotage de la gestion de l'eau. Les représentations du périmètre mettent l'accent soit sur les *interfaces entre acteurs*, soit sur les *interfaces entre les niveaux de décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles* (Rey, 1996). Schématiquement, ces méthodes sont plutôt destinées à évaluer *comment* mettre en œuvre une réforme de gestion donnée plutôt qu'à choisir entre des options d'intervention.

Les méthodes d'analyse prospective pour le choix d'une réforme de gestion peuvent être classées en trois types selon :

- La fonction du système, telle qu'elle est perçue par le (ou les) concepteur(s) de la méthode.
- Le sous-système dont le concepteur veut évaluer l'évolution.
- L'échelle spatiale et temporelle de l'analyse, qui va de la vision locale sur un périmètre donné à l'évaluation nationale du secteur irrigué, selon la finalité de l'étude.

À titre d'illustration, nous en présentons trois exemples pris dans la littérature.

### 2. Diversité des représentations et diversité des méthodes d'évaluation des réformes de gestion

Une première famille de représentation se limite au sous-système opérant. Ce type de représentation a été choisi par exemple par Merkley (1993) pour élaborer son Planning Distribution Model appliqué à l'échelle nationale en Égypte. Il s'agissait d'évaluer l'impact de différents programmes d'allocation d'eau sur la production agricole et la salinité des terres. Dans cette représentation inspirée de Small et Svendsen (1990), le périmètre « Égypte » est décrit comme une combinaison de deux sous-systèmes opérants en série, chacun ayant sa propre fonction. Le sous-système opérant « *production et distribution d'eau* », distribue de l'eau à chacune des régions administratives à

partir du réseau hydraulique primaire. Le sous-système opérant «*régions irriguées*» transforme l'eau en produits agricoles en fonction d'un bilan hydrique et salin estimé en assimilant chaque région à une grande parcelle irriguée. Cette représentation a servi de canevas à un modèle global composé de sous modèles analytiques associés en série, décrivant chacun un des processus biophysiques selon des lois théoriques ou empiriques. Ce modèle global a atteint son objectif principal, à savoir aider des politiques et des bailleurs de fonds «*extérieurs*» au système à prendre des décisions sur des propositions d'allocation saisonnière compatibles avec la ressource nationale et les caractéristiques des infrastructures hydrauliques primaires. L'absence de référence aux acteurs qui agissent au sein du système (acteurs «*internes*»), à leurs modes de prise de décision, donc aux sous-systèmes de décision et d'information est justifiée par la portée nationale de l'étude et son destinataire final. On ne sait rien ni de la capacité ni de la volonté de ces acteurs internes à mettre en œuvre le scénario retenu et leur influence sur le fonctionnement du système a été négligée.

Une autre famille de représentation met l'accent sur les processus décisionnels et les multiples fonctions du système irrigué. Pour Molle et Ruf (1994), à la répartition «*de la ressource en eau à un instant et en des lieux où elle fait défaut (fonction agronomique)*» s'ajoutent des objectifs sociaux beaucoup plus vastes et plus complexes. «*Le système irrigué est l'objet d'attentes individuelles et collectives des différents acteurs, qui expriment en particulier les jeux de pouvoir propres à chaque groupe social*». Les recherches donnent la priorité à la compréhension du *pourquoi* des décisions des acteurs «*internes*» au système (sous-système décisionnel) et en quoi l'environnement les influence, en particulier les décisions publiques «*extérieures*». La représentation du système met en relief la logique sociale superposée à celle de la trame physique. Elle conduit à associer recherches en sciences sociales et en sciences de l'ingénieur pour l'analyse historique des périmètres, reconstituer les droits d'accès à l'eau et à la terre, puis relier les conflits majeurs sur ces ressources aux transformations techniques et économiques. La complexité et la multiplicité des relations envisagées tant en interne qu'avec l'extérieur interdit toute tentative de modélisation globale du système sous forme mathématique. Les prévisions d'évolution et propositions d'actions sont évaluées dans chaque discipline séparément, avec une synthèse finale reposant ensuite sur l'expertise et la discussion avec les parties prenantes de la réforme. La démarche d'intervention repose sur le postulat d'une meilleure acceptation d'une réforme par les usagers de l'eau et par les gestionnaires lorsqu'elle s'appuie sur *un diagnostic partagé* du système, comprenant une «*mise à plat*» des droits, des objectifs de chacun et des performances technico-économiques des composantes du sous-système opérant (le réseau, les productions agricoles et d'élevage). On retrouve les difficultés d'organiser cette synthèse et les scénarios, les limites des choix implicites de «*l'expert*» soulignés par Jollivet et Pavé (1992) à propos d'approches multidisciplinaires. Cette approche a été utilisée avec succès pour réformer des politiques d'allocation

de l'eau au *niveau local* impliquant tout au plus quelques centaines d'irrigants (cf. par exemple Gilot, 1996). Mais la finesse des analyses des réseaux sociaux et l'importance du dialogue entre chercheurs et acteurs internes du système cantonnent les possibilités d'usage opérationnel de cette représentation complexe au niveau local. L'évaluation d'une réforme nationale ou régionale ne pourrait s'appuyer que sur la synthèse d'études de cas représentatives, sans espoir d'estimations globales et quantifiées.

Dans la formalisation d'un système irrigué sous forme d'un *système multi-agents*, les objets d'étude sont aussi les acteurs et leur comportement, mais l'accent est mis sur les interactions entre agents, sous forme d'échanges d'informations, de négociations et d'influences sur les ressources. La représentation aboutit à un modèle artificiel du système sous forme informatique. Elle comprend: (1) l'environnement, (2) des objets passifs, perçus, créés, détruits, ou modifiés par (3) les «*agents actifs*» doués d'objectifs qui mobilisent (4) des opérations, pour percevoir et agir sur les objets, (5) des «*opérateurs*» chargés de représenter l'application de ces opérations et la réaction de l'environnement qu'elle induit (Bousquet *et al.*, 1995). Il ne s'agit pas ici de chercher à reproduire précisément la réalité, du fait d'un postulat d'impossibilité d'intégrer toute la complexité du système. La démarche d'intervention vise à *susciter la réflexion des parties prenantes pour une négociation* sur les règles d'usages de la ressource à partir d'une représentation du système qu'elles jugent acceptables. Cette approche peut donc théoriquement s'appliquer tant au niveau local, en impliquant les acteurs internes au périmètre irrigué (cf. par exemple Barreteau, 1998), qu'au niveau national, en associant des représentants d'institutions du secteur de l'eau. Des nombreuses questions restent cependant en suspens quant à la validité des tendances dégagées par les modèles construits à partir de ce type de représentation.

Chacun de ces trois types d'approche aurait pu être mis en œuvre pour évaluer *a priori* l'opportunité du développement des marchés de l'eau au Pakistan. Dans ce pays, près de 16 millions d'hectares sont approvisionnés en eau d'irrigation de surface par un réseau complexe de canaux maillés, qui redistribue l'eau de l'Indus, de ses principaux affluents et de deux barrages réservoirs. Les canaux primaires dominant en moyenne chacun 350 000 ha et se subdivisent en secondaires pour alimenter 500 à 10 000 ha organisés en mailles hydrauliques de 50 à 250 ha cultivés par 20 à 100 exploitants (2 ha en moyenne par exploitation). Les marchés de l'eau, tels qu'ils sont envisagés par les bailleurs de fonds, devraient impliquer toutes les échelles et tous les acteurs du secteur irrigué, puisqu'il s'agit de favoriser les transactions entre individus, mailles, secondaires jusqu'aux cessions entre grands canaux. Cependant, aucune étude prospective locale ou nationale n'avait été entreprise pour étayer le bien fondé de cette réforme, justifiée seulement en référence au courant libéral et par le succès, pourtant controversé, d'une politique analogue au Chili (Strosser, 1997).

Le CEMAGREF et l'IWMI ont ainsi décidé de développer une méthode d'analyse prospective, avec l'objectif

d'appréhender les conséquences économiques et environnementales des réformes alors envisagées et de s'assurer de leur faisabilité hydraulique. Les échelles d'étude, du local au régional en excluant le national, étaient justifiées par l'ambition d'intégrer le comportement de l'ensemble des acteurs de la chaîne de l'eau, depuis l'agriculteur jusqu'au gestionnaire responsable de la gestion des canaux primaires. Les réformes envisagées concernaient soit les marchés de l'eau soit une modification des règles d'exploitation et de maintenance des canaux primaires et secondaires. Cette recherche a eu comme site d'application la sous division Chishtian, un périmètre irrigué de 70 000 ha du Sud Pendjab.

## Une représentation pour une évaluation de changements de gestion aux échelles locales et régionales

### 1. Principales composantes de la représentation choisie

Les chercheurs se sont intéressés à la fois au *sous-système opérant*, par la prise en compte de processus physiques et biophysiques et au *sous-système décisionnel*, par le biais des règles de décision de partage de la ressource et les décisions d'assolement des agriculteurs. La représentation retenue se situe ainsi à mi-chemin entre l'approche développée par Small et Svendsen (1990) et celle défendue par Molle et Ruf (1994). Elle est construite à partir de différents éléments :

- Les *processus biophysiques* à l'œuvre dans le sous-système opérant concernent le transport de l'eau de la tête du canal primaire à la plante et sa transformation en produits agricoles, à différentes échelles (canal primaire, canal secondaire, canal tertiaire, exploitation agricole, parcelle, zone racinaire).
- L'identification des *acteurs « internes »* et de leurs règles de décisions sur le système opérant. Ces acteurs internes doivent être distingués de ceux qui sont *externes* au système représenté mais qui peuvent avoir une influence sur lui. Les acteurs internes sont ceux dont on veut formaliser le processus de décision. Les acteurs externes sont des individus ou des institutions dont les décisions vont modifier un intrant ou un processus du système. Mais ces décisions seront considérées comme des données extérieures qui s'imposent au système. Dans le cas présent les acteurs internes sont principalement le *département d'irrigation (PIPD)*, en charge de la distribution de l'eau et de la maintenance pour les canaux primaires et secondaires, et les *agriculteurs* qui gèrent l'eau au sein des mailles hydrauliques et choisissent leurs productions et leurs pratiques. Les transactions marchandes et non marchandes sur les produits agricoles, l'eau de puits et l'eau de canal sont aussi du ressort des agriculteurs. Les acteurs externes sont principalement les bailleurs de fonds, les décideurs politiques et les gestionnaires au niveau plus élevé du bassin de l'Indus. Ils peuvent modifier l'allocation d'eau accordée

au système, les politiques de prix des intrants et produits agricoles ou proposer un scénario à tester.

- Les acteurs externes font partie de *l'environnement* du système, qui comprend aussi des paramètres physiques qui influencent le système. Par exemple les événements climatiques qui affectent les demandes en eau des cultures. La nappe souterraine étant relativement profonde et influencée par des flux débordant largement les limites de la sous division Chishtian, elle a été considérée comme étant un paramètre extérieur au système. Il reste cependant possible d'élaborer des bilans entrées/sorties entre le système et la nappe.

La construction de la représentation s'est basée sur des analyses disciplinaires préliminaires, et sur l'information collectée au cours de discussions avec des intervenants, qu'ils soient acteurs internes du système (gestionnaires de la sous division Chishtian, agriculteurs) ou externes (chercheurs...). La figure 2 illustre les éléments de cette représentation, dont on trouvera une description plus détaillée dans Strosser (1997) et Kuper (1997).

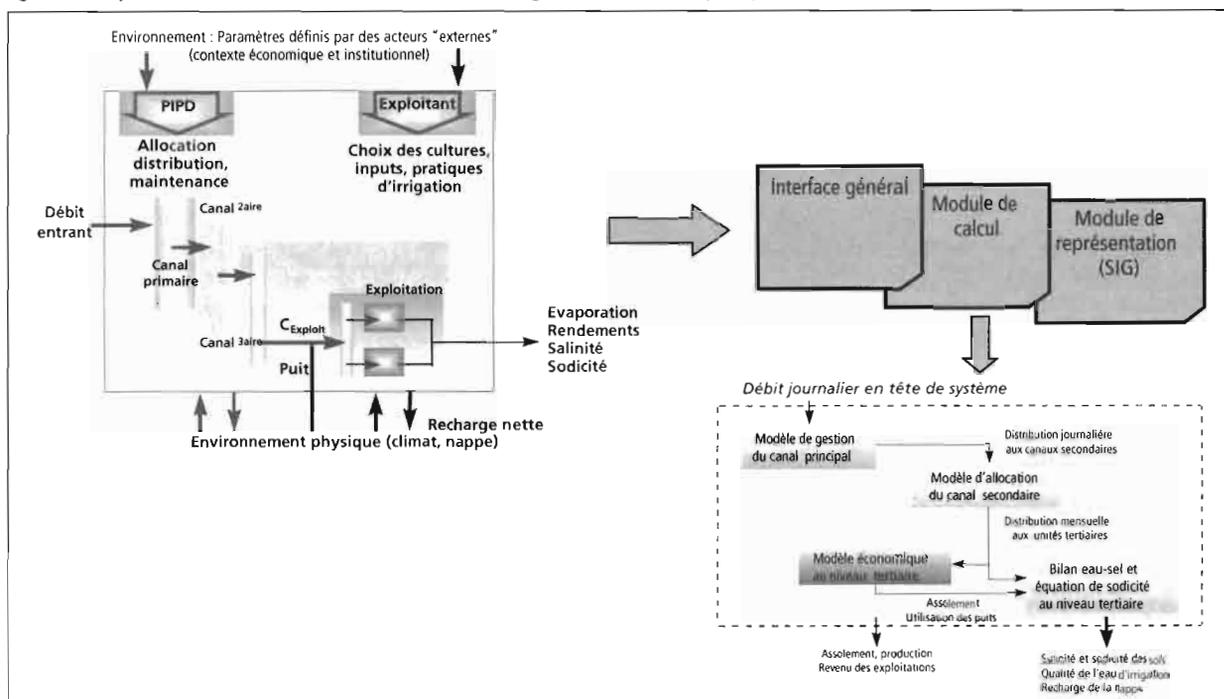
### 2. De la représentation au modèle intégré INTEGIS, outil d'évaluation des réformes du secteur irrigué au Pakistan

Le choix de cette représentation a été déterminant pour l'organisation d'une recherche interdisciplinaire. La parenté est évidente entre la représentation du système et le modèle intégré final INTEGIS utilisé pour évaluer les futurs possibles du système (figure 2).

La représentation était déjà implicitement guidée par les critères d'évaluation du cahier de charges de l'étude. Une « *matrice de performances* » rassemble des critères économiques (revenus agricoles par exploitant et par ha par exemple) des paramètres environnementaux (évolution de la salinité des sols et de la nappe) et hydrauliques (équité et variabilité mensuelle de la distribution).

Les *objets de recherche propres à chaque domaine et ceux qui étaient aux interfaces* ont été définis. Schématiquement, les objets de recherche spécifiques ont été définis comme ceux relevant, en première approximation, d'un centre de décision principal. Il devenait alors possible de décrire les processus considérés en faisant appel à une discipline « maîtresse » et, si besoin, par des disciplines « annexes ». Deux processus principaux ont ainsi été retenus : (I) la distribution de l'eau par le gestionnaire (PIPD) jusqu'en tête de maille, (II) le choix d'assolement et des pratiques agricoles et d'élevage par les agriculteurs. Deux interfaces ont été identifiées : d'abord l'offre en eau au niveau des exploitations, dépendant de l'offre en tête de maille (responsabilité du gestionnaire), des pompages et des échanges d'eau entre agriculteurs (définis par les agriculteurs) ; ensuite, le bilan hydrique et salin dans les parcelles irriguées, dépendant de l'offre en tête d'exploitation, de l'allocation de la ressource entre parcelles et variable selon le milieu.

Figure 2. Représentation et structure du modèle intégré *INTEGIS* développé pour la sous division Chishtian



La représentation a ainsi dégagé les *variables structurantes* du système, situées aux interfaces, et les échelles d'espace et de temps communes aux disciplines impliquées. L'allocation mensuelle de l'eau en tête de maille et sa variabilité mensuelle ont été les principales variables structurantes. Certaines modifications des approches disciplinaires ont alors été nécessaires, comme l'adaptation des modèles de simulation à des échelles spatiale et temporelle autres que celles pour lesquelles ils ont été calibrés et validés. Par exemple, le modèle de simulation SWAP, qui permet d'estimer l'évolution de la salinité du sol au niveau de la parcelle agricole, a été adapté pour une utilisation à l'échelle de la maille hydraulique (Kuper, 1997).

La construction d'une *base de données informatisée* a favorisé la circulation de l'information entre les chercheurs. Le recours à un Système d'informations géographiques (SIG) a offert, en outre, des opportunités d'analyse de l'hétérogénéité de la distribution spatiale de différents paramètres au sein du système, d'élaboration d'informations aux échelles souhaitées (agrégation, désagrégation, extrapolation de données), de validation de relations établies sur des zones particulières et de comparaison d'approches disciplinaires. Par exemple l'estimation de l'intensité culturale par télédétection a pu être comparée aux évaluations faites par les modèles économiques agrégés. Cette base de données a facilité les échanges de données entre sous-modèles pour le calcul des indicateurs de performance. Elle a amélioré l'évaluation des interventions envisagées, en fournissant des sorties cartographiques des effets attendus.

La structure du modèle intégré découle directement de la représentation de la sous division Chishtian. Il utilise certains modèles disciplinaires, en l'état ou simplifiés, pour établir la matrice de performances de chaque alternative. Les étapes du passage entre la représentation du système

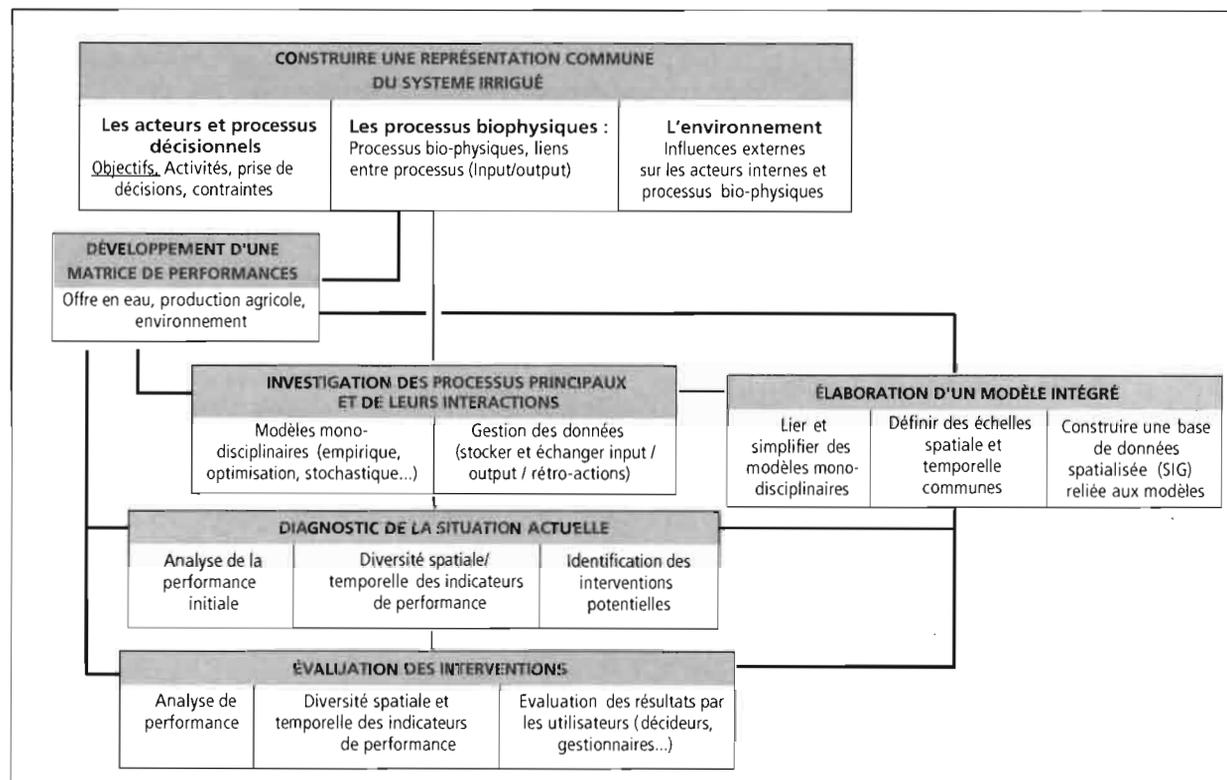
et le modèle intégré sont résumées dans le schéma présentant l'approche intégrée adoptée (cf. figure 3).

### 3. Quelques résultats: changer les règles de gestion des canaux plutôt que développer des marchés de l'eau

L'analyse de marchés de l'eau potentiels dans le périmètre de Chishtian souligne l'importance des contraintes physiques liées à l'infrastructure existante. Elle révèle cependant l'existence d'un marché de l'eau déjà important entre agriculteurs d'une même maille hydraulique, qui contribue à environ 40 % de la marge brute agricole actuelle sur le périmètre étudié. Ce marché compense en partie des insuffisances notoires de la gestion des canaux qui conduisent à une forte incertitude sur l'offre en eau de canal, tant en quantité moyenne qu'en variabilité des débits. Par contre la mise en place de marchés de l'eau de surface entre unités hydrauliques tertiaires et secondaires aurait un impact économique très faible, compte tenu de l'absence de capacité de stockage et de structures de contrôle et de mesures hydrauliques le long des canaux secondaires et primaires. Ce résultat est contraire à de nombreux écrits sur l'impact économique (théorique et modélisé) de marchés de l'eau (Strosser, 1997).

Partant de la même représentation et en s'appuyant sur le même modèle intégré, il a été démontré qu'une modification des règles d'allocation de l'eau entre unités hydrauliques, respectant les contraintes de fonctionnement et de gestion des ouvrages de régulation, aurait des impacts très bénéfiques sur la salinité des zones les plus dégradées, sans réduction de la productivité agricole des secteurs actuellement les plus favorisés en eau de canal. De même des effets importants seraient obtenus, tant pour la production agricole que pour la maîtrise de la salinité, en modifiant la stratégie de maintenance des canaux secondaires (Kuper, *op. cit.*).

Figure 3. L'approche intégrée développée dans la sous division Chishtian à partir de la représentation simplifiée du sous-système opérant et sous-système décisionnel



## Discussion et limites de la représentation choisie

La représentation retenue soulève trois questions principales, auxquelles nous apportons des éléments de réponse :

- Comment justifier les hypothèses de simplification qui ont été faites ?
- L'approche s'est-elle révélée pertinente par rapport à l'objectif d'élaboration d'une méthode prospective et quelle confiance accordée aux résultats obtenus ?
- Comment apprécier les possibilités de généralisation de cette représentation ? Faut-il se cantonner au contexte de gestion étudié ou au type de question abordée, c'est-à-dire les marchés de l'eau et les changements de règles d'allocation ?

Les modalités des réformes envisagées, la finalité de l'étude et les capacités d'analyse des chercheurs ont contribué au choix des indicateurs de la matrice de performances et donné une place privilégiée au flux d'eau et de sels au sein du périmètre au détriment des autres flux (flux de matières organiques, flux d'informations, flux financiers par exemple). Les savoir-faire en modélisation ont orienté l'analyse économique sur les décisions d'assolement, le choix des pratiques et les objectifs de rendement des agriculteurs, alors que les relations informelles entre le département d'irrigation et les irrigants ont été écartées, bien qu'elles soient importantes dans le fonctionnement du périmètre (cf. par exemple Rinaudo *et al.*, 1997). De même, les agriculteurs ont été considérés comme des décideurs autonomes, en négligeant leurs relations socio-

économiques (marchés du crédit, de la terre et de la main-d'œuvre imbriqués, appartenance à des groupes sociaux spécifiques...). Une justification de ces hypothèses simplificatrices passerait par une construction commune de la représentation avec des acteurs internes du système et d'autres experts extérieurs, qui, en quelque sorte, valideraient et contribueraient au choix des composantes à considérer. Dans le cas présent, des restitutions ont été faites à des gestionnaires et décideurs publics sans entraîner de remise en question de la représentation choisie.

Malgré l'intérêt manifesté par des gestionnaires et décideurs publics pour ce type d'approche, les réactions de ces utilisateurs potentiels se sont limitées à des réflexions et des discussions aux cours de restitutions. La critique des marchés de l'eau et les opportunités d'amélioration des règles d'allocation, si elles ont été jugées opportunes par les gestionnaires ne sont pas des indicateurs fiables de la pertinence des conclusions, ces personnes étant elles-mêmes remises en cause par la réforme proposée par les bailleurs. Il n'y a pas eu d'opportunité concrète pour engager une véritable réforme d'un système irrigué en s'appuyant sur les résultats de cette recherche, ce qui ne facilite pas un jugement définitif sur le caractère opérationnel de l'approche. Faute de validation par l'usage, il reste la validation scientifique des travaux, qui renvoie à la validité du modèle intégré issue de la représentation. Si les sous-modèles ont été calés et validés chacun indépendamment selon les procédures habituelles sur quelques situations types, calage et validation du modèle global étaient impossibles à mettre en œuvre sur l'ensemble du

périmètre, du fait du caractère incomplet des informations et du bruit de fond important lié aux simplifications multiples notamment. On signalera cependant une amorce de validation par reconstitution de la diversité spatiale actuelle observée sur une partie du système, après avoir calé les sous-modèles sur l'autre partie (Strosser, op. cité; Kupper, op. cité)

De par son mode d'élaboration par choix successifs, la représentation retenue ne prétend pas à une généralisation systématique au-delà du contexte où elle a été utilisée et pour d'autres types de réformes. Par exemple, elle ne peut servir de cadre d'analyse à l'étude des changements institutionnels comme la délégation de gestion à des associations d'agriculteurs, car il faudrait prendre en compte d'autres processus décisionnels et on ne pourrait négliger certaines interactions entre acteurs. De même il serait inopportun de changer d'échelle, pour aborder par exemple des unités hydrauliques d'un niveau supérieur, où les interférences entre politiques et gestionnaires sont plus cruciales. Par contre rien n'interdit d'utiliser la représentation dans d'autres périmètres du Pakistan, où les processus décisionnels et biophysiques s'organisent de la même manière à quelques ajustements près (en intégrant la nappe si besoin par exemple). D'autres types d'interventions, faisant référence aux mêmes processus de décision et biophysiques, sont analysables à l'aide de cette représentation, par exemple les changements de tarification de l'eau, de politiques de prix des intrants et des produits agricoles, ou les réductions de pertes d'eau par revêtement des canaux.

De nombreuses questions restent en suspens sur l'utilisation opérationnelle d'approches systémiques comparables à celle présentée ici. On peut faire l'hypothèse qu'elles pourraient faciliter l'élaboration d'outils d'aide à la décision et à la négociation autour de la gestion des ressources en eau, avec des applications dans le cadre des Schémas d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) par exemple. Pour cela trois questions retiendront plus particulièrement l'attention des chercheurs:

- Quelle méthodologie utiliser pour insérer de telles approches dans un processus de négociation entre acteurs?
- Comment évaluer l'utilité de telles approches dans une situation réelle (quelle méthode, quels indicateurs)?
- Les modifications permanentes de l'environnement physique et socio-politique et des composantes du système étudié (la mise en place de nouvelles politiques foncières ou de prix, les changements climatiques, des rabaissements de la nappe, ou l'implication de nouveaux acteurs dans les processus de gestion par exemple) soulignent l'importance d'une représentation *dynamique* prenant en compte ces modifications. Comment rendre opérationnelle cette mise à jour, avec quels rôles pour les chercheurs et acteurs?

## Conclusion

Instrument d'organisation de recherche interdisciplinaire, plate-forme de discussions entre chercheurs, base de développement de modèles intégrés, élément fédérateur entre chercheurs et intervenants dans la gestion de l'eau, sont autant d'éléments en faveur de la construction de représentations des périmètres irrigués pour analyser la gestion de ces systèmes.

Même si les lacunes et les limites des recherches engagées ont été soulignées, l'organisation des investigations à partir d'une représentation commune du système a conduit à un programme d'activités réellement inter-disciplinaires. On peut espérer qu'il a fourni des analyses prospectives plus proches de la réalité et du fonctionnement réel du périmètre irrigué. Dans le domaine de l'eau et de l'environnement, l'analyse systémique et la construction d'une représentation sont vues comme des étapes primordiales permettant d'éviter que la multi-disciplinarité ne se borne à une synthèse de résultats de recherches épars (Jollivet *et al.*, 1992).

Malgré ces atouts, la mise en œuvre de telles démarches systémiques reste laborieuse et les exemples de réalisation concrète sont peu nombreux. En effet, les efforts de simplification pour mieux comprendre la globalité du système vont à l'encontre de la tendance générale vers l'approfondissement des connaissances disciplinaires sur les mécanismes fins de chaque processus. D'où des difficultés de reconnaissance scientifique, aggravées par les difficultés méthodologiques à valider la démarche selon les procédures classiques de modélisation – calage – validation. Cette absence de reconnaissance scientifique est une contrainte importante pour la mobilisation de tous autour de travaux interdisciplinaires et la construction d'une représentation globale en particulier. Comment concilier une évaluation scientifique disciplinaire et la nécessité croissante de «globalisation» pour répondre à une demande sociale complexe et diversifiée?

Le défi est d'autant plus grand pour la recherche que la demande sociale est changeante et que les questions évoluent dans le temps, portant un coup supplémentaire à la représentation globale initiale, si difficilement construite. Pour aborder ces nouveaux points de vue, de nouvelles représentations doivent être élaborées. Cependant, même laborieux, cet effort est nécessaire pour assurer une bonne adéquation entre les questions posées d'une part et les processus analysés d'autre part, et ainsi renforcer la pertinence des résultats de la recherche pour l'identification de politiques appropriées dans le secteur de l'irrigation.

**Patrice GARIN, Pierre STROSSER, CEMAGREF, UR Irrigation, Montpellier • Sophie LAMACQ, Anjou Recherche, Générale des eaux**

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barreteau O. *Un système multi-agents pour explorer la viabilité des systèmes irrigués: dynamique des interactions et mode d'organisation*. Thèse de doctorat de l'ENGREF, 1998.
- Bousquet F., Barreteau O., Weber J. *Systèmes multi-agents et couplage des modèles biophysiques et socio-économiques*. Séminaire CIRAD, Couplage des modèles, 1995, 15 p.
- CIRAD-DSA (Eds). *Aménagements hydro-agricoles et systèmes de production*. CIRAD-DSA, Actes du III<sup>e</sup> séminaire, Montpellier 16-19 déc. 1986, coll. Documents systèmes agraires n° 6, tomes I et II, 633 p.
- Cohen de Lara M., Dron D. *Évaluation économique et environnement dans les décisions publiques*. Courrier de l'environnement de l'INRA, 1998, n° 33, pp. 23-38.
- El-Awad O.M., Gowing J.W., Mawdsley J.A. *An approach to multi-criterion evaluation of irrigation system performance. Principles and a case study in Sudan*. Irr. and Drainage Syst., 1991, vol 5: 61-75.
- Funel J.-M., Laucoin G. *Politiques d'aménagement hydro-agricole*. PUF, col. Techniques vivantes; de l'agences de coopération culturelle et technique, 1980, 212 p.
- Genelot D. *La définition d'un système*. INSEP eds, 1992.
- Gilot L. *L'eau des livres et l'eau des champs: des règles de distribution à leur mise en pratique. Principes généraux et analyse du cas d'Uruqui*. Thèse de doctorat de l'ENSA de Montpellier, soutenue en 1994, 1996, 363 p + annexes.
- Jamin J.-Y. *De la norme à la diversité: L'intensification rizicole face à la diversité paysanne dans les périmètres irrigués de l'office du Niger (Mali)*. CIRAD, INAPG, thèse de Doctorat en Sciences agronomiques, 1994, 256 p. + annexes.
- Jollivet M., Pavé A. *L'environnement: questions et perspectives pour la recherche*. Environnement, 1992, n° 6, 5-29.
- Kuper M. *Irrigation management strategies for improved salinity and sodicity control*. Ph.D. thesis, Wageningen Agricultural University, 1997.
- Le Moigne J.-L. *La théorie du système général*. Dunod Éditeur, 1994.
- Merkley G. *Proposed development of a planning distribution model*. Utah State University. Ministry of Public Works and Water resources, Le Caire, Égypte, 1993.
- Molden D.J., Gates T.K. *Performance measures for evaluation of irrigation-water-delivery systems*. ASCE J. of Irr. and Drainage Eng, 1990, 116 (6): 804-823.
- Molle F., Ruf T. *Éléments pour une approche systémique du fonctionnement des périmètres irrigués*. Recherches-système en agriculture et développement rural, 1994, pp. 114-118.
- Rey J. *Apport de la gestion industrielle au management des périmètres irrigués: comment mieux piloter la production? Thèse de Doctorat de l'école nationale supérieure des Mines de Paris, Centre de gestion scientifique, 1996, 177 p.*
- Rieu T., Gleyses G. *Évaluation socio-économique d'un projet d'irrigation et études prospectives de la demande en eau*. La Houille Blanche, 1993, 2-3, pp. 119-125.
- Rinaudo J.D., Thoyer S., Strosser P. *Rent-seeking behavior and water distribution: the example of a southern Punjab irrigation scheme, Pakistan*. In: Kay M.; Franks, T. and L. Smith (eds.), *Water: Economics, Management and Demand*, E et FN Spon, London, 1997.
- Small L.E., Svendsen M. *A framework for assessing irrigation system performance*. Irrigation and Drainage Systems, 1990, 4: 283-312.
- Strosser P. *Analyzing alternative policy instruments for the irrigation sector – An assessment of the potential for water market development in the Chishtian Sub-division*. Ph.D. thesis, Wageningen Agricultural University, 1997.

# Analyser l'impact des marchés de l'eau

## Pour une meilleure prise en compte de la rigidité des systèmes de distribution de l'eau et de l'hétérogénéité spatiale

Les politiques du secteur irrigué dans le monde ont longtemps favorisé l'accès à des ressources en eau supplémentaires pour coloniser de nouveaux espaces, augmenter la production agricole et réduire les risques de famine. La construction de barrages, le développement de nouveaux canaux d'irrigation et l'édification de systèmes de drainage ont été les principaux éléments de ces politiques. Depuis le début des années 1980 cependant, dans un contexte de rareté croissante de la ressource et de compétition entre les différents usages de l'eau, les interventions et le rôle de l'État ont été l'objet de nombreux débats dans les instances nationales et internationales. Ces débats ont permis de faire apparaître un consensus sur la nécessité d'orienter les politiques de l'eau vers une meilleure *gestion de la demande prenant en compte la valeur économique de l'eau* (OECD, 1989; World Bank, 1993; FAO, 1994). Ce consensus, plutôt surprenant compte tenu de la diversité de situations hydrologiques, socio-économiques et politiques des différentes régions du globe, ne s'explique pas uniquement par une rareté croissante des ressources, mais aussi par la crise financière à laquelle font face de nombreux pays dans des contextes de réduction de la dette publique et d'ajustements structurels (Strosser, 1997).

Les modes d'intervention permettant de mieux gérer la demande des usagers sont variés et souvent combinés: autoritaires (établir un quota d'utilisation), négociés (créer des organes de négociation entre acteurs pour une gestion concertée raisonnée des ressources disponibles) ou incitatifs (développer et diffuser de nouvelles pratiques plus économes en eau). Une attention particulière a été portée sur l'instauration de tarifications incitant les usagers à une utilisation efficace des ressources disponibles (Dinar et Subramanian, 1997). En pratique, cependant, les tarifications proposées visent rarement l'objectif d'efficacité, mais plutôt un équilibre budgétaire de l'organisme gestionnaire du système de distribution d'eau (Montginoul, 1997).

Plus récemment, la reconnaissance des limites du rôle de l'État et l'implication accrue d'acteurs privés dans la ges-

tion des systèmes irrigués, l'importance grandissante attachée à la valeur économique de l'eau et la vogue des politiques de tendance libérale, ont conduit à proposer la mise en place de marchés pour gérer les ressources en eau. Découverte ou redécouverte<sup>1</sup>, les marchés de l'eau trouvent leurs principaux supporters dans le monde anglo-saxon où de tels marchés sont déjà opérationnels (États-Unis, Australie). Certains fonctionnent aussi dans des pays en voie de développement comme le Chili ou l'Inde. D'un point de vue théorique et sous certaines conditions, ils devraient permettre d'améliorer l'utilisation de l'eau et d'adapter les allocations entre usagers (phénomène de la main invisible) aux évolutions de l'offre et de la demande.

L'objectif de l'article est d'analyser l'impact économique de marchés de l'eau existants et potentiels pour apporter des éléments de réponse à la question suivante: les bénéfices résultant de la mise en place de marchés envisagés par la théorie économique sont-ils possibles, réalisables et sous quelles conditions? Dans un premier temps, il définit ce qu'on appelle *marché de l'eau* et souligne la grande diversité des marchés existants. Dans un second temps, l'analyse se concentre sur l'impact économique de tels marchés, en se basant, d'une part, sur les exemples de marchés décrits dans la littérature, et d'autre part, sur deux études empiriques de l'impact économique de marchés de l'eau potentiels au sein de périmètres irrigués en France et au Pakistan. Les résultats présentés permettent d'identifier des conditions nécessaires pour que les marchés de l'eau aient un impact économique significatif. La conclusion souligne l'importance d'études complémentaires des processus d'allocation et de marchés de l'eau existants, pour tester, renforcer et compléter les résultats préliminaires identifiés.

1. Bien que peu décrits dans la littérature, des marchés de l'eau sont opérationnels depuis longtemps dans certains systèmes irrigués, comme en Espagne au Moyen-Âge (Mass and Anderson, 1978) ou plus récemment aux États-Unis au début du siècle (Hutchins, 1936). Au Pakistan, la vente et l'achat d'eau d'irrigation entre agriculteurs faisait déjà l'objet de débats entre ingénieurs dans les années 1920 (Engineering Congress, Lahore, 1929).

## Qu'appelle-t-on marchés de l'eau ?

Un marché de l'eau est, dans un contexte de rareté de la ressource, un lieu d'échange de droits d'eau entre des individus ou des collectivités. Il est instauré pour maximiser le bien-être étant données les ressources, la technologie, les préférences des usagers et la distribution du pouvoir d'achat mais aussi pour répondre à une modification des conditions de production ou de consommation lorsque l'allocation première n'atteint pas ou plus l'efficacité.

### 1. Les marchés de l'eau du point de vue théorique

Les marchés de l'eau permettent une réallocation efficace de la ressource, les usagers comparant la valorisation qu'ils retirent de l'eau consommée au prix de l'eau établi sur le marché. Par leur nature même, ils conduisent à un équilibre entre l'offre et la demande et s'adaptent automatiquement à des modifications temporelles de ces deux éléments, d'où une grande flexibilité dans la gestion des ressources en eau. Toutefois, pour qu'ils fonctionnent, certaines conditions doivent être réunies (ces conditions peuvent cependant être considérées comme idéales, des échanges d'eau existant même si elles ne sont pas respectées).

Tout d'abord, *un droit d'eau doit être préalablement défini* pour faire l'objet d'échanges. Pour qu'un marché de l'eau fonctionne, un droit d'eau doit posséder quatre caractéristiques principales (Rosegrant et Binswanger 1994): (1) l'universalité, le droit d'eau devant être reconnu par tous; (2) l'exclusivité, tous les bénéficiaires et les coûts devant être le résultat de l'appropriation et de l'utilisation de la ressource associée au droit d'eau; (3) la transférabilité (ainsi, l'infrastructure doit pouvoir permettre le transport de la quantité d'eau associée à ce droit); (4) la protection, le droit d'eau devant être garanti et ne pas faire l'objet de contestation ou d'appropriation non souhaitée.

Ensuite, le bon fonctionnement d'un marché présuppose une *allocation initiale des droits d'eau* qui peut être faite selon trois principes (Saliba et Bush, 1987): (1) la proximité par rapport à la ressource (*le plus proche*); (2) la priorité temporelle (*le premier*) entre les usages concurrents; (3) la maximisation de la valorisation économique (*le plus offrant*), par exemple par un système d'enchères.

Enfin, *les externalités doivent être prises en compte* dans l'échange pour éviter l'opposition aux transferts qui peut alors naître (Barton et Thompson, 1993; Bauer, 1996). Les transferts d'eau ont, en effet, des impacts directs sur les droits des autres usagers. Ainsi, un échange de droits d'eau dans une rivière peut modifier le volume d'eau apporté à des usagers ne participant pas à la transaction. Ces transferts ont aussi des conséquences sur les agents économiques qui n'ont pas de droit d'eau. Tout d'abord, un marché de l'eau peut avoir des conséquences négatives sur les usages non économiques considérant l'eau comme un milieu et non comme une ressource. Ensuite, un trans-

fert d'eau peut avoir un impact sur les secteurs de l'économie situés en aval des usages de l'eau. Enfin les impacts sur le long terme ne sont souvent pas pris en considération du fait de la myopie du marché. Ainsi, un transfert inter-régional peut produire des effets pervers indirects, comme des flux monétaires négatifs, des emplois perdus, le déclin de l'économie locale, l'érosion de la base de la taxation ou la rupture sociale (Gould, 1989).

### 2. Marchés de l'eau: fonctionnement et diversité

Les marchés de l'eau observés dans la pratique sont très divers. En effet, *l'objet de la transaction* n'est pas toujours le même: le droit d'eau correspond à un débit prélevable, un volume disponible ou une part de la réserve ou du flux. Il est un droit proportionnel donnant accès à une part de la ressource existante ou un droit avec priorité donnant accès à une quantité déterminée avec un ordre de priorité. La ressource échangée est souterraine (nappe profonde) ou de surface (écoulement en rivière, eau stockée). De plus, le *transfert* est *permanent* (droit d'accès à la ressource) ou temporaire (volume d'eau ou vente d'un tour d'eau) et prend la forme d'une vente, d'une location à long terme ou saisonnière ou d'une prise d'option.

Ensuite, le marché de l'eau est organisé ou non, formel (reconnu par la législation) ou non.

Enfin, les échanges s'effectuent à l'intérieur d'un même usage ou entre usages, au niveau individuel ou à un niveau plus agrégé (entre groupements d'usagers, organisations publiques ou privées) à une échelle locale, régionale, nationale ou transnationale.

Les différentes catégories identifiées sont en fait liées entre elles. Les marchés entre usages (de l'agriculture vers l'utilisation urbaine) sont en majorité des marchés formels, qui impliquent des droits d'eau et qui font intervenir des organismes de contrôle techniques et administratifs et un système légal. À l'opposé, les marchés entre irrigants sont généralement informels, concernent des volumes d'eau (les droits ne sont souvent pas légalement définis) et font parfois intervenir le gestionnaire du réseau.

## Quel impact économique des marchés de l'eau ? Les apports de la littérature

Dans le domaine de la gestion des ressources en eau, peu de publications s'intéressent à l'efficacité et à l'impact économique des marchés. Les apports de la littérature dans ce domaine restent le plus souvent théoriques ou résultent de simulations de modèles économiques généraux plus proches de la théorie que d'une réalité locale. Les analyses empiriques de marchés de l'eau existants restent rares, se cantonnent souvent à une description de leur fonctionnement (types de transferts entre usagers, volumes échangés, prix) et fournissent rarement les éléments nécessaires à une identification claire des impacts économiques (directs ou indirects) découlant de leur instauration (Strosser, 1997).

L'annexe 1 résume l'information économique (au sens large) disponible pour des exemples de marchés de l'eau existants. Elle souligne surtout son manque de cohérence. Par exemple, les bénéfices économiques sont calculés le plus souvent en termes réels mais sont rarement comparés à la valeur économique totale d'un secteur ou à des volumes d'eau transférés. De même, tous les prix ne sont pas unitaires et l'information imparfaite sur les quantités échangées ne permet pas de les recalculer systématiquement.

En raison de leur impact économique important et des problèmes légaux qu'ils posent, les exemples les plus analysés sont les transferts inter-usages, surtout du secteur irrigué vers le secteur urbain. Les transferts à l'intérieur du secteur agricole sont aussi étudiés. Ainsi, les marchés d'eau de puits sont souvent analysés, en particulier ceux existant dans les périmètres irrigués du sous-continent indien, i.e. le Bangladesh, l'Inde et le Pakistan (voir Wood and Palmer-Jones, 1990; Shah, 1985; Meinzen-Dick, 1997; Strosser, 1997). La plupart des études souligne l'impact positif significatif de ces marchés sur les rendements et les marges brutes des cultures, les assolements et/ou les superficies cultivées. Cependant, la productivité agricole des acheteurs reste le plus souvent moindre que celle des propriétaires de puits qui contrôlent directement l'offre en eau qu'ils utilisent pour leurs propres cultures (Meinzen-Dick, 1997; Strosser, 1997).

Le cas du Chili est relativement intéressant, ce pays étant souvent cité dans la littérature comme l'exemple de marchés de l'eau. Certains auteurs attribuent les augmentations de production agricole et de productivité observées au cours des dix dernières années à leur mise en place (Gazmuri, 1994). Cependant, il est probable que la libéralisation totale de l'économie chilienne et du secteur agricole explique une part importante de cette croissance. De plus, des analyses récentes ont permis de souligner un fonctionnement plus limité des marchés de l'eau que ce qui était généralement admis (Hearne, 1995; Bauer, 1997).

Bien que les marchés de l'eau existants aient été généralement peu étudiés, certaines analyses sont relativement riches et fines. Deux publications sont plus particulièrement à signaler: Saliba (1987) analyse en détail l'efficacité économique de marchés de l'eau existants dans les États du sud-ouest des États-Unis mais ne quantifie pas leur impact économique; Howitt (1993) estime l'impact économique direct et indirect de la banque d'eau de 1991 mise en place en Californie pour faire face à une sécheresse exceptionnelle en en soulignant l'hétérogénéité spatiale et en précisant que son succès est principalement dû à son caractère exceptionnel.

La revue de littérature sur l'impact des marchés existants est complétée dans la section suivante par l'étude de deux cas de marchés de l'eau potentiels.

## Analyser l'impact économique de marchés de l'eau potentiels

### Exemples de la France et du Pakistan

L'objectif des études de cas est l'estimation de l'impact économique qui découlerait du développement de marchés de l'eau dans des systèmes irrigués existants dans la vallée du fleuve Charente en France (où des conflits d'usages ont abouti à la construction d'un nouveau barrage qui reste cependant insuffisant pour couvrir tous les besoins en eau des usagers pendant la période d'étiage) et de l'Indus au Pakistan, pays où la mise en place de marchés de l'eau a été proposée dans le cadre d'une réforme majeure des politiques du secteur irrigué. Les caractéristiques principales de ces deux systèmes et leur contexte physique et socio-économique sont présentés dans le tableau 1. La méthodologie et les résultats sont plus précisément décrits dans Rieu et Palacio (1994) et Montginoul (1997) pour le cas de la Charente, et dans Strosser (1997) pour le cas du Pakistan (tableau 1).

#### 1. Méthodologie d'analyse

La méthodologie proposée pour estimer l'impact économique de marchés dans un système irrigué comporte plusieurs points:

- **Une analyse de la diversité des exploitations agricoles** permet de postuler les principales stratégies et les contraintes des agriculteurs et de construire une typologie des exploitations agricoles.
- **Des modèles économiques individuels** (programmation linéaire) sont développés pour chaque type d'exploitation agricole de la typologie. Ces modèles permettent, en particulier, d'estimer l'impact de changements d'allocation en eau sur les assolements, la production agricole et les revenus bruts des agriculteurs.
- **La diversité spatiale des exploitations agricoles et du milieu physique** est analysée, ce qui permet de comprendre la répartition des différents types d'exploitations au sein du périmètre irrigué et d'identifier des zones homogènes en termes de caractéristiques physiques (types de sol, qualité de la nappe souterraine si existante, engorgement, topographie, etc.) qui influencent la demande en eau et les pratiques culturales.
- **Les contraintes hydrauliques et physiques** sont identifiées. Dans certains cas (telle la Charente, tableau 1), ces contraintes sont relativement faibles et peuvent se formaliser simplement par des bilans de masse ou volume d'eau. Dans d'autres cas (comme le Pakistan, tableau 1), les offres en eau des différents utilisateurs et des différentes périodes de l'année sont fortement corrélées. Un modèle hydraulique de simulation de la distribution de l'eau au sein du périmètre plus complexe est alors nécessaire pour tenir compte des contraintes physiques et opérationnelles. Dans le cas du Pakistan, le modèle SIC (Malaterre et Baume, 1997) a été ainsi calibré et validé pour analyser la distribution de l'eau le long des canaux secondaires et primaires.
- À partir de l'analyse de la diversité spatiale et de l'identification de zones homogènes, **des modèles économi-**

Tableau 1. Les principales caractéristiques des systèmes irrigués étudiés

Caractéristiques principales		Haute vallée de la Charente (France)	La sous-division Chishtian (Pakistan)
Le système irrigué	Ressources en eau	Eau de surface et nappe d'accompagnement	Eau de surface, eau souterraine
	Taille	11 000 hectares irrigués, 300 agriculteurs	70 000 hectares irrigués, 10 000 agriculteurs
	Infrastructure	Fleuve réalimenté par deux barrages (total : 20 Mm <sup>3</sup> ) construits pour augmenter la ressource et réduire sa variabilité, les usagers pompent l'eau qu'ils utilisent sous-pression.	Système gravitaire. Réseau de canaux (primaires, secondaires, tertiaires) pour distribuer l'eau de surface, avec nombre très limité de structure de contrôle et absence de stockage. Puits privés pompant directement l'eau de la nappe.
	Usagers	Agriculteurs (éleveurs et/ou producteurs de céréales, surtout de maïs), contrainte de débit pour permettre en aval l'alimentation en eau potable de la ville d'Angoulême et l'ostréiculture.	Agriculteurs (métayers et propriétaires, propriétaires de puits, agriculture de subsistance, diversification des cultures), utilisation de l'eau également pour besoins des ménages et de petites industries localisées dans le périmètre irrigué.
Mode de gestion	Objectifs	Répartition équitable de la pénurie. Équilibre budgétaire partiel (une partie des frais de fonctionnement) du gestionnaire des deux barrages.	Équité d'allocation de l'eau de surface entre agriculteurs (même allocation théorique par unité de surface). Pas de gestion raisonnée de l'eau souterraine.
	Rôle des acteurs	Exploitation et maintenance des deux barrages par l'Institution interdépartementale (émanation des 4 conseils généraux). Exploitation et maintenance du matériel de pompage par les agriculteurs.	Exploitation et maintenance des canaux primaires et secondaires et collecte des redevances par département d'irrigation provincial. Exploitation et maintenance des canaux tertiaires et des puits privés par les agriculteurs.
	Instruments	Quota d'eau (environ 2 000 m <sup>3</sup> par hectare irrigué primé) correspondant à la couverture à 85 % des besoins en eau de la culture principale (et la plus consommatrice d'eau) à savoir le maïs. Tarification binôme (75 F/ha irrigué, 0,0375 F/m <sup>3</sup> ).	Quota d'eau de surface qui combine un tour d'eau (durée) au niveau des canaux tertiaires avec des débits de projet au niveau des canaux secondaires et primaires. Redevances faibles en fonction de la surface irriguée et des cultures.

ques agrégés sont construits, calibrés et validés pour chaque type d'agriculteurs et pour chaque zone à partir des modèles économiques individuels.

• Ces modèles économiques des différentes zones sont ensuite reliés entre eux par le modèle physique de distribution de l'eau (si les contraintes physiques du système sont fortes, comme au Pakistan).

• En faisant varier le prix de l'eau ou les allocations d'eau, ces modèles permettent de construire des courbes reliant allocation et valeur marginale de l'eau. La confrontation de ces courbes, obtenues pour les différentes zones ou types d'agriculteurs, permet d'identifier les quantités réallouées et d'estimer le prix d'équilibre du marché.

• Les modèles économiques permettent alors d'estimer la production agricole et la marge brute des agriculteurs pour la situation actuelle et pour le point d'équilibre du marché, et donc d'évaluer l'impact économique marginal de la mise en place de marchés de l'eau.

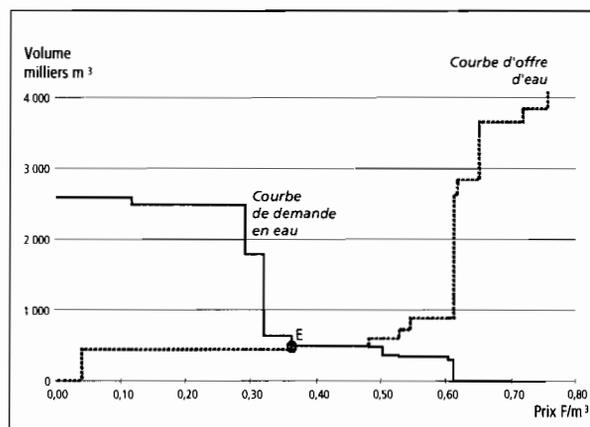
## 2. Le cas de la Charente

La ressource étant limitée pour les usagers du fleuve Charente, un système de répartition de la pénurie par quotas a été décidé (tableau 1). Un marché de l'eau pourrait donc être envisagé pour atteindre l'efficacité, la répartition initiale ayant été faite sur des critères d'équité. Pour étudier cette possibilité, un modèle est construit permettant l'échange d'eau entre les différents types d'agriculteurs irrigants (la contrainte hydraulique n'existant pas). Six types sont différenciés: deux allient grandes cultures et élevage, le premier (T1) élève des bovins pour la viande, le second (T2) pour le lait. Les quatre autres types sont spécialisés dans les grandes cultures: un type (T3) diversifie les cultures irriguées, les autres se spécialisent dans la culture du maïs irrigué mais consacrent une part plus ou

moins importante de la SAU (Surface agricole utile) à l'irrigation (T4 72 %, T5 37 % et T6 15 %).

À l'équilibre (E), le prix de l'eau est de 0,36 F/m<sup>3</sup> (figure 1), soit dix fois le montant de la partie variable de la tarification instaurée par le gestionnaire. Le volume total échangé entre les agriculteurs représente 4 % du volume total alloué aux agriculteurs du bassin versant à travers la procédure de quotas (soit environ 500 000 m<sup>3</sup>).

Figure 1. Équilibre du marché de l'eau en Charente



Quatre groupes d'agriculteurs sont acheteurs (les éleveurs, T1 et T2, et les deux plus importants irrigants céréaliers, T4 et T5), les deux derniers (le diversificateur T3 et le petit irrigant T6) vendent une partie de leurs quotas (tableau 2). En fait, le volume d'eau échangé correspond à la part du quota non consommée par les agriculteurs T3 et T6. Ceux-ci préfèrent donc vendre ce volume d'eau dès lors qu'il leur rapporte plus ce qu'il leur coûte (à savoir la partie variable de redevance à payer au gestionnaire).

Tableau 2. Impact des échanges sur la distribution de l'eau en Charente

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Quota (en % du volume total)	10	8	20	20	36	6
Valeur marginale de l'eau (F/m <sup>3</sup> )	0,48	0,53	0	0,61	0,61	0
Quantité échangée (% du quota initial attribué)	+1	+1	-16	+12	+3	-5
Augmentation du revenu agricole			+4 %	+1,5 %		+1 %

Des quotas échangeables auraient donc un impact positif sur le revenu agrégé des agriculteurs qui augmente de 250 000 F/an (ce qui représente une croissance de 0,7 % environ). Le groupe 3 est le principal gagnant, avec une hausse de l'ordre de 4 % de son revenu tandis que le revenu des types 4 et 6 n'augmentent que de 1 %. Ainsi, l'instauration de marché de l'eau en Charente semble n'avoir qu'un faible impact. Il est même possible de se demander si l'augmentation de revenu permettrait de couvrir les frais à supporter lors de la mise en place de cette nouvelle structure.

### 3. Le cas du Pakistan

Les premières tentatives de réformes des politiques du secteur irrigué au Pakistan datant de l'époque coloniale et vieilles de plus d'un siècle ont débuté dans les années 1980 avec la mise en place d'associations d'usagers au niveau des canaux tertiaires. Ces tentatives n'ont cependant pas permis de faire face aux problèmes croissants du secteur irrigué, à savoir la faible équité de distribution d'eau de surface, la salinisation et l'engorgement des nappes, la faible productivité agricole et le déficit budgétaire croissant (World Bank, 1994). À partir des années 1990, la remise en cause des principes fondamentaux de gestion de ce secteur a conduit à une réforme majeure approuvée en juillet 1997 par les assemblées provinciales du Pakistan. Pour améliorer la production agricole et réduire le déficit budgétaire du secteur irrigué, cette réforme propose un désengagement partiel des organismes étatiques (départements d'irrigation provinciaux) de la gestion des canaux, la mise en place d'associations d'usagers pour gérer l'exploitation et la maintenance des canaux secondaires et le développement de marchés de l'eau à différentes échelles du système irrigué.

Des marchés de l'eau existent déjà au sein des périmètres irrigués au Pakistan: les agriculteurs soit échangent (de manière non marchande) leurs tours d'eau, soit achètent et vendent de l'eau de puits et, plus rarement, de l'eau de surface. Cependant, ces transactions sont localisées et ne se développent qu'entre agriculteurs d'un même canal tertiaire. D'où la nécessité d'étudier plus en détail la possibilité de mise en place officielle d'échanges marchands entre agriculteurs (ou associations d'agriculteurs) de canaux tertiaires ou secondaires différents, en partant des allocations actuelles d'eau de surface (situation initiale).

Une telle analyse a été effectuée dans la sous-division Chishtian du sud-est du Pendjab (tableau 1).

Toutefois, les échanges doivent tenir compte de certaines contraintes tels les infrastructures existantes et le nombre limité de structures de régulation. Ainsi, il n'existe parfois pas de ouvrages de régulation permettant d'allouer l'eau à un agriculteur en particulier: tous les groupes d'agriculteurs situés en aval de la dernière vanne bénéficient alors d'un changement de la taille de celle-ci (augmentation globale de la quantité d'eau reçue si elle est agrandie, diminution sinon).

Les modèles économiques, couplés au modèle hydraulique pour l'analyse des échanges possibles entre canaux secondaires, ont permis d'estimer la relation entre allocation d'eau de surface et valeur marginale de l'eau. Les résultats des simulations montrent que des volumes d'eau relativement importants seraient réalloués entre unités tertiaires et entre unités secondaires. Par exemple, l'instauration d'un marché entre unités tertiaires des canaux secondaires de Fordwah et d'Azim situés dans le périmètre de Chishtian entraînerait une réallocation respectivement de 18 % et de 29 % de la quantité totale d'eau disponible. Au niveau supérieur, ce sont 39 % des volumes d'eau disponibles qui seraient réalloués entre les canaux Fordwah et Azim. Les principaux vendeurs d'eau de surface seraient les zones et les mailles hydrauliques où les coûts d'exploitation des puits sont les plus faibles (en raison de la proximité de la nappe et de l'utilisation de l'électricité, moins chère que le fuel), les agriculteurs de ces zones compensant la vente d'eau de surface par des pompages dans la nappe.

Par rapport à ces quantités relativement importantes, l'impact estimé sur le revenu des exploitations agricoles reste faible: 2 % et 5 % pour les échanges entre canaux tertiaires respectivement de Fordwah et d'Azim; seulement 2 % pour les échanges entre les deux canaux secondaires Fordwah et Azim. Pour tous les cas étudiés, les prix d'équilibre sont bien supérieurs aux redevances actuellement payées par les agriculteurs qui ne prennent pas en compte les quantités d'eau effectivement utilisées.

## Discussion

Les résultats des modèles économiques pour les deux cas d'études présentés montrent que l'impact économique direct de marchés de l'eau est limité. En effet, les augmentations du revenu total des exploitations agricoles sont de l'ordre de 2 à 5 %, et ce pour des transferts en eau relativement importants en volume dans le cas du Pakistan.

La méthodologie développée peut être en partie incriminée pour expliquer les résultats obtenus. Dans le cas du Pakistan, par exemple, il est difficile d'identifier les contraintes limitant les pompages d'eau souterraine à intégrer dans les modèles économiques. Cependant, le niveau des contraintes influence la possibilité de compenser des ventes d'eau de surface par des pompages et joue un rôle important dans l'impact potentiel de marchés d'eau de surface. Également, les activités proposées dans les modè-

les économiques ne considèrent pas de nouvelles cultures à haute valeur ajoutée (maraîchage, par exemple), peu développées actuellement mais qui deviendraient intéressantes pour certains agriculteurs pouvant réduire leurs contraintes en eau grâce au marché.

De plus, les impacts de long terme et la durabilité des systèmes irrigués n'ont pas été pris en compte: dans le cas pakistanais, par exemple, l'insaturation de marchés d'eau de surface entraîne des modifications des pompages dans la nappe. Sous certaines conditions de mauvaises qualités de l'eau souterraine, des transferts peuvent conduire à des processus de salinisation et sodification des sols et avoir un impact négatif sur la durabilité des systèmes irrigués. Des pompages supplémentaires auront également un impact sur le niveau de la nappe et peuvent conduire à l'assèchement des puits les moins profonds avec toutes les conséquences qui en résultent.

Les caractéristiques mêmes des systèmes étudiés permettent aussi d'expliquer l'impact réduit de marchés de l'eau potentiels. Plus particulièrement:

- La rareté de la ressource en eau: dans les deux systèmes étudiés, mais pour des raisons différentes, il est difficile de parler de rareté de ressource. Dans le cas de la Charente, les allocations définies sont en fait très proches des utilisations en eau actuelles des irrigants. Au Pakistan, la nappe souterraine non contrôlée permet de compenser des réductions et des changements d'allocation d'eau de surface. Cependant si ces deux éléments sont valides dans le court terme, à long terme, suite à des modifications de la demande en Charente ou à une baisse trop importante de la nappe au Pakistan, les nécessités de réallocation devraient être plus fortes et conduire à des impacts économiques plus importants.
- Les contraintes physiques et d'infrastructure: l'infrastructure existante est une contrainte importante dans le cas du Pakistan. En effet, la possibilité de réallocation entre des périodes de l'année aux valeurs marginales de l'eau significativement différentes n'existe pas. De même, l'absence de structure de contrôle le long des canaux secondaires et à la tête des canaux tertiaires impose une rigidité à la réallocation de l'eau entre canaux tertiaires d'un même canal secondaire. L'importance de structure de stockage et de contrôle est également soulignée dans la littérature: en effet, les marchés existants les plus actifs sont décrits pour des systèmes irrigués comportant des

barrages et permettant de réallouer facilement l'eau entre usagers et entre périodes (Strosser, 1997)<sup>2</sup>.

- L'homogénéité relative des systèmes de production existants: les différences de marge brute par unité de surface et de valeur marginale de l'eau entre groupes d'agriculteurs et zones du périmètre sont relativement faibles dans les deux cas. Ceci se traduit par des échanges où les volumes sont importants mais l'impact faible. La littérature souligne également cet aspect: les impacts économiques les plus importants sont identifiés pour des transferts marchands entre usages (agriculture vers utilisation urbaine par exemple) ou dans des systèmes irrigués combinant des cultures à faible (comme les fourrages) et à haute valeur ajoutée (par exemple, l'arboriculture).

## Conclusion

Les études empiriques de processus d'allocation et de marchés de l'eau existants restent trop rares (Howe *et al.*, 1986; Saliba, 1987; Strosser, 1997). Un effort de recherche dans ce domaine est à fournir pour mieux identifier les conditions nécessaires, d'une part, à la mise en place de nouveaux modes de gestion et d'allocation des ressources en eau, et, d'autre part, pour avoir un impact économique significatif de ces nouveaux modes de gestion et d'allocation.

De telles études ne peuvent se limiter à une analyse économique et doivent inclure l'analyse des phénomènes de circulation de l'eau et l'identification des contraintes physiques. Il est aussi nécessaire de considérer les aspects institutionnels et organisationnels (définition des droits, des acteurs et de leurs rôles dans la confrontation effective entre l'offre et la demande, des échanges, suivi et contrôle de ces échanges) et opérationnels (comment exploiter le réseau pour effectivement modifier les allocations aux différents usagers en fonction du marché). Sont enfin importants à prendre en compte, les impacts sur le long terme et sur la durabilité des systèmes irrigués.

**Marielle MONTGINOUL • Pierre STROSSER**  
CEMAGREF, UR Irrigation, Montpellier

2. Citons le périmètre irrigué du barrage Colorado-Big Thompson aux États-Unis (Michelsen, 1994), des systèmes irrigués en Australie (Pigram, 1992), la Banque de l'eau aux États-Unis (Howitt, 1993) et les marchés de l'eau intensifs au Chili (Hearne, 1995; Bauer, 1997).

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barton H. et J.R. Thompson. *Institutional perspectives on water policy and markets*. California Law Review, 1993, 81 (3), pp. 671-764.
- Bauer C.J. *Water markets and the principles of Dublin*. Working paper, Université de Californie, États-Unis, 1996.
- Bauer C.J. *Bringing water markets down to earth: the political economy of water rights in Chile, 1976-1995*. World Development, 1997, 25 (5), pp. 639-656.
- Chang C. et R.C. Griffin. *Water marketing as a reallocation institution in Texas*. Water Resources Research, 1992, 28 (3), pp. 879-890.
- Dinar A. et A. Subramanian. *Water Pricing Experiences – An international Perspective*. World Bank Technical Paper, 1997, 386.
- Food and Agriculture Organization (FAO). *Reforming water resources policy – A guide to methods, processes and practices*. FAO Irrigation and Drainage Paper, Rome, 1994, 52.
- Gazmuri R. *Chilean water policy*. Short Report Series on Locally Managed Irrigation, Report 3, International Irrigation Management Institute, Colombo, 1994.
- Gould G.A. *Transfer of water rights*. Natural Resources Journal, 1989, 29, pp. 457-477.
- Hearne R. *The market allocation of natural resources: transactions of water use rights in Chile*. Unpublished Ph.D. dissertation, University of Minnesota, Minneapolis, 1995.
- Hearne R. et W. Easter *Water allocation and water markets: an analysis of gains-from-trade in Chile*. The World Bank, Washington D.C., 1995.
- Howe C.W., Schurmeir D.R. et W.D. Shaw. *Innovative approaches to water allocation: the potential for water markets*. Water Resources Research, 1986, 22 (4), pp. 439-445.
- Howitt R. *Empirical analysis of water market institutions: the 1991 Californian water market*. International Workshop on Economic Aspects of International Water Resources Utilization in the Mediterranean Basin, Milan, Italie, oct. 1993.
- Hutchins W. *Mutual irrigation companies in California and Utah*. Farm Credit Association, Cooperative Division, Washington D.C., 1936, bulletin n° 8.
- Maas A. et R.L. Anderson. *And the desert shall rejoice: conflicts, growth and justice in arid environment*. The MIT Press, Cambridge, 1978.
- Malaterre P.O. et J.-P. Baume. *SIC 3.0, a simulation model for canal automation design*. Proceedings of the International Workshop on Regulation of Irrigation Canals: State of the Art of Research and Applications, Marrakech, 1997.
- Meinzen-Dick R. *Groundwater markets in Pakistan: participation and productivity*. Research Report 105, International Food Policy Research Institute, Washington D.C., 1997.
- Michelsen A.M. *Administrative, institutional and structural characteristics of an active water market*. Water Resources Bulletin, 1994, 30 (6), pp. 971-982.
- Montginoul M. *Une approche économique de la gestion de l'eau d'irrigation: des instruments, de l'information et des acteurs*. Unpublished Ph.D. dissertation, Université de Montpellier I, 1997.
- Organization of Economic Cooperation and Development (OECD) *Water resource Management: integrated policies*. OECD, Paris, 1989.
- Pigram J.J. *Transferable water entitlements in Australia*. Center for Water Policy Research, University of New South Wales, 1992.
- Rieu T. et V. Palacio *Équipement hydrauliques collectifs et réforme de la PAC: des conséquences conflictuelles? Le cas d'un projet de barrage en Charente*. Actes et communications de l'AIP, séminaire d'Économie et de Sociologie rurale, déc. 1994.
- Rosegrant M. et H. Binswanger. *Markets in tradable water rights: potentials for efficiency gains in developing-country water resource allocation*. World Development, 1994, 22 (11), pp. 1613-1625.
- Saliba B.C. *Do water markets «work»? Market transfers and trade-offs in the southwestern States*. Water Resources Research, 1987, 23 (7), pp. 1113-1122.
- Saliba B.C. and D.B. Bush. *Water marketing in the Southwest – Can market prices be used to evaluate supply augmentation projects?* Technical Bulletin, US For. Serv., Washington D.C., 1987.
- Shah T. *Transforming groundwater markets into powerful instruments of small farmer development: Lessons from Punjab, Uttar Pradesh and Gujarat*. Network Paper 11d, Overseas Development Institute, London, 1985.
- Simon B. et D. Anderson. *Water auctions as an allocation mechanism in Victoria, Australia*. Water Resources Bulletin, 1990, 26 (3).
- Strosser P. *Analyzing alternative policy instruments for the irrigation sector – An assessment of the potential for water market development in the Chishtian Sub-division*. Wageningen Agricultural University, Wageningen, 1997.
- Wood G.D. et R. Palmer-Jones. *The water sellers: A cooperative venture by the rural poor*. Kumarian Press, West Hartford, 1990.
- World Bank. *Water resources management: A World Bank policy paper*. World Bank, Washington D.C., 1993.
- World Bank. *Pakistan irrigation and drainage: issues and options*. Report 11884-PAK, World Bank, Washington D.C., 1994.

## ANNEXE

### Prix et impact économique des marchés de l'eau

*Quelques exemples de la littérature (adaptée de Strosser, 1997)*

Variables	Chili (Hearne, 1995 ; Hearne and Easter, 1995 ; Gazmuri, 1994)	Australie (Pigram, 1992)	États du sud-ouest des États-Unis (Saliba, 1987)	Vente aux enchères dans l'État de Victoria, Australie (Simon et Anderson, 1990)	Projet du Colorado Big-Thompson (Michelsen, 1994)	Vallée du Rio Grande, Texas (Chang et Griffin, 1992)	Banque de l'Eau de 1991, Californie, États-Unis (Howitt, 1993)
Type de transfert	Echanges intra et inter-sectoriels	À l'intérieur de l'agriculture, permanents et temporaires	De l'agriculture au secteur urbain	Enchères des nouvelles ressources pour les irrigants	Vente de parts dans le secteur agricole et entre les secteurs	Ventes de droits d'eau et location principalement de l'agriculture au secteur urbain	Échanges temporaires inter-sectoriels
Intensité, volumes	Information générale limitée	620 transactions temporaires et 46 permanentes en 87/88 de 157 106 m <sup>3</sup> (5-10 % de l'usage total)		2 300 mégalitres vendus en 6 enchères (= 75 % du volume total offert)	30 % des parts vendues au cours de 2 700 transactions entre 1970-1993, 30 % des volumes loués chaque année	152 changent d'usages entre 1971-1990 (3 % de l'eau totale), 10 % des volumes loués annuellement	1,013 MCM achetés et 0,488 MCM vendus par la banque d'eau
Prix/valeur de l'eau	400-4 000 US\$ par l/s entre agriculteurs, en moyenne 950 US\$ et jusqu'à 4 000 de l'agriculture aux villes	de 0,05 à 0,135 Aus\$/ m <sup>3</sup>	300-1 300 US\$ par pied-acre, jusqu'à 3 500-4 000 dans certains cas	En moyenne, de 100 à 330 Aus\$ par mégalitre (maximum 775)		Changement d'usage : 0,4-0,5 US\$/m <sup>3</sup> Location/an : 0,007-0,035 US\$ / m <sup>3</sup>	Prix d'achat : 0,1 US\$/m <sup>3</sup> Prix de vente : 0,14 US\$/m <sup>3</sup>
Gains économiques nets	de 1,65 à 285 US\$/ m <sup>3</sup>					10 US\$/m <sup>3</sup>	106 millions de US\$
Autres gains et pertes économiques							Impact négatif sur les sols et les zones humides
Remarques	D'importants bénéfices financiers mais de faibles gains économiques pour la société pour certains transferts		Des prix de marché reflétant les valeurs marginales. Des estimations de la croissance et des valeurs futures.	Contraintes sur les vendeurs potentiels ce qui maintient les prix à un faible niveau	Seulement 17 % des ressources en eau totales potentiellement transférables entre les usagers	Estimations de transferts entre deux villes	Concentration locale des ventes d'eau induisant des pertes économiques dans les régions exportatrices

# Effets macro-économiques de la politique du prix de l'eau d'irrigation en Tunisie

Au cours des dix dernières années, la Tunisie a connu une croissance économique relativement régulière basée sur une stratégie de développement axée sur l'agriculture, l'industrie manufacturière et le tourisme. Bien qu'affichant un taux de croissance moyen de 5 % durant cette décennie, l'économie tunisienne connaît cependant certaines fluctuations dans l'évolution de son produit intérieur brut (PIB), qui dépend en grande partie de la variabilité de sa production agricole. Celle-ci fluctue d'une année sur l'autre en fonction des aléas climatiques, et plus particulièrement de la pluviosité. Afin de réduire le degré de dépendance de la production agricole par rapport à la pluviométrie, des efforts considérables ont été déployés en matière d'investissements hydrauliques. Cependant, l'augmentation de l'offre d'eau n'a pas été accompagnée de mesures de rationalisation visant à maîtriser une demande sans cesse croissante. Historiquement, les prix de l'eau ont été très faibles, surtout pour les utilisations agricoles. Cette situation a conduit les utilisateurs à considérer la ressource en eau comme étant un *don du ciel*, alors que cette ressource est un bien rare au même titre que les autres facteurs primaires. Il s'en est suivi des pertes importantes de la ressource en eau ainsi que des subventions qui pèsent de plus en plus lourdement dans le budget de l'État. À cet égard, plusieurs études ont souligné la gravité du problème et la nécessité d'agir pour gérer la demande en eau par les différents utilisateurs (ministère de l'Agriculture, 1996). Selon le Plan Bleu sur l'avenir du Bassin méditerranéen, la Tunisie est classée parmi les pays où la pression sur la ressource en eau est forte avec un indice d'exploitation<sup>1</sup> des ressources naturelles et renouvelables se situant à 58 % (Benblidia *et al.*, 1998). Il devient donc évident qu'une gestion durable de cette ressource devrait être fondée sur une approche intégrée visant une meilleure adéquation de l'offre d'eau à la demande.

Jusqu'à maintenant, le secteur agricole qui est le plus gros consommateur d'eau bénéficiait de subventions et, de ce fait, utilisait cette ressource à un prix bien inférieur à celui qui était pratiqué pour les autres secteurs de l'économie tunisienne. Un tel système, qui engendre des distorsions

significatives dans l'allocation de la ressource en eau n'est pas viable dans le contexte de l'augmentation des besoins du pays et plus particulièrement des ménages, des secteurs industriels et du tourisme. Dans cette perspective, l'État tunisien compte, d'une part, adopter une politique de tarification de l'eau visant au recouvrement total des frais d'entretien et de maintenance de l'infrastructure d'irrigation, et d'autre part, faire payer le coût marginal de la production d'eau aux agriculteurs (ministère de l'Agriculture, 1997).

Dans un tel contexte, cet article a pour objectif d'évaluer les impacts macro-économiques d'un changement de la tarification de l'eau d'irrigation (caractérisée par une élimination progressive de la subvention accordée à l'eau d'irrigation, remplacée par des méthodes de tarification compatibles avec des mécanismes de prix de marché) sur l'agriculture tunisienne et le reste de son économie. Cette évaluation permettra de fournir de premières informations sur la mobilité intersectorielle des ressources et la nouvelle répartition de la consommation de l'eau entre les divers utilisateurs. Pour ce faire, un modèle d'équilibre général calculable (EGC) simplifié<sup>2</sup> a été construit. Le choix de cet outil nous semble bien approprié à l'étude des impacts de la nouvelle tarification de l'eau sur toute l'économie tunisienne et plus particulièrement sur la mobilité des ressources entre les différents usages alternatifs. Étant désagrégés, cohérents et complets, ces modèles apportent une réponse plus satisfaisante que des analyses d'équilibre partiel, en donnant une vue d'ensemble des canaux par lesquels passe la mise en œuvre d'une politique économique.

## Bilan de la ressource en eau

La Tunisie est caractérisée par trois zones climatiques: semi-aride en bordure de la Méditerranée, aride en Tunisie centrale et désertique sur tout le sud. Ceci explique la grande variabilité de sa pluviométrie dans le temps et dans l'espace. Les moyennes pluviométriques varient entre 600 mm et 1 500 mm par an dans la frange côtière de l'extrême nord, 150 et 300 mm par an dans le centre et

1. L'indice d'exploitation désigne les quantités d'eau prélevées en pourcentage du total théorique des ressources en eau renouvelables moyennes. Cet indice s'élève à 33 % en Algérie, 39 % au Maroc et, 93 % en Egypte.

2. Le modèle EGC utilisé dans cet article est en train d'être amélioré sur plusieurs points discutés en conclusion. Pour cette raison, les résultats présentés aux tableaux 1 et 2 doivent être considérés comme des ordres de grandeur qui seront affinés avec la version définitive du modèle.

restent en deçà de 150 mm par an dans le sud. Toutefois, il est à signaler que le sud couvre 60 % de la surface du pays (qualité du sol médiocre), le centre 15 % et le nord près de 25 % et contient les sols les plus fertiles. Le volume d'eau annuellement mobilisé par la Tunisie est actuellement de 2,7 milliards de m<sup>3</sup> dont 1,3 milliard provient des barrages, 0,6 milliard des nappes phréatiques et 0,8 milliard des nappes profondes. Ces quantités représentent respectivement 61 %, 96 % et 75 % des ressources mobilisables. À cet égard, il est important de signaler que la Tunisie approche de la limite physique des quantités d'eau qu'elle peut mobiliser et que celle-ci sera atteinte prochainement.

Les eaux mobilisées se répartissent comme suit entre les utilisateurs: 80 % à usage agricole, 13 % à usage domestique, 5 % pour les branches industrielles et 2 % pour le secteur du tourisme. La croissance de la consommation a été rapide au cours des deux dernières décennies: doublement en 15 ans pour l'agriculture et, progression de 80 % pour tous les autres secteurs (ministère de l'Agriculture, 1996). De plus, dans le cadre de la réforme de la structure foncière, on assiste depuis quelques années à la constitution de sociétés de développement agricole sur les anciennes terres domaniales (400 000 ha). Ces sociétés de développement obéissent à une logique capitaliste du développement et constituent de ce fait les vecteurs du changement espéré dans l'agriculture tunisienne. Dans le cadre de cette même restructuration, on assiste au développement des PDRI (Programme de développement rural intégré) qui touchent la petite et la moyenne exploitation. Les nouveaux modes de production agricole exigent l'utilisation de grandes quantités d'eau.

Quant aux besoins non agricoles, la desserte en eau potable en milieu communal<sup>3</sup> est quasi complète (92 % en 1994, soit 4,9 millions d'habitants). En milieu non communal, 70 % des habitants sont desservis (2 millions). Cependant, on estime qu'à l'horizon 2010, les besoins non agricoles en eau potable devraient augmenter de 30 % (ministère de l'Agriculture, 1996), essentiellement à cause de la croissance démographique (plus de 2 % par an), de l'augmentation du niveau de vie de la population tunisienne et des demandes importantes des secteurs industriels et touristiques. Face à cette demande accrue en eau émanant des différents utilisateurs et en raison de la rareté grandissante de cette ressource, l'État tunisien se trouve acculé à adopter une stratégie de gestion de l'eau fondée plus sur la maîtrise de la demande que sur une extension de l'offre disponible. En effet, dans le passé, beaucoup d'efforts ont été entrepris pour développer l'infrastructure hydraulique afin de permettre à la majorité de la population tunisienne de disposer d'eau potable, et pour favoriser l'irrigation de grandes étendues de terres agricoles. Les efforts consentis et les moyens mis en œuvre ont permis de doter le pays d'une infrastructure constituée de 17 grands barrages, 22 barrages collinaires, 62 lacs collinai-

res, 2 000 forages profonds et 11 000 puits de surface. Cette infrastructure a permis de faire passer les surfaces irrigables à 352 000 hectares alors qu'elles n'étaient que de 120 000 hectares en 1972 (ministère de l'Agriculture, 1997). Ainsi, il devient de plus en plus urgent de mettre l'accent sur une gestion durable des ressources en eau axée sur la demande.

## Cadre institutionnel

La législation tunisienne de l'eau stipule que toutes les ressources en eau appartiennent à l'État. Conformément aux dispositions du Code de l'eau (promulgué par la loi n° 75-16 du 31 mars 1975), l'État réserve la quantité d'eau potable nécessaire aux besoins de la population et confie la gestion du reste de la ressource au ministère de l'Agriculture. La gestion des besoins en eau non agricoles est sous la responsabilité de la Société nationale d'exploitation et de distribution des eaux (SONEDE) qui est une entité autonome sur le plan financier mais se trouve sous la tutelle du ministère de l'Agriculture.

Le Code de l'eau permet aux particuliers d'effectuer des sondages ou des forages de puits jusqu'à une profondeur de 50 mètres sans autorisation préalable. Cependant, le ministère de l'Agriculture peut désigner des «périmètres d'utilisation» où les ressources en eau sont jugées insuffisantes pour répondre aux besoins actuels ou aux priorités. La Loi donne également autorité au ministère de l'Agriculture pour désigner des périmètres de «sauvegarde» ou «d'interdiction» de toute nouvelle exploitation de l'eau qui pourrait compromettre la quantité ou la qualité de la ressource.

Les Commissariats régionaux de développement agricole (CRDA), organes du ministère de l'Agriculture, se chargent de la gestion et de la maintenance de l'infrastructure d'irrigation dans les périmètres publics irrigués et organisent la distribution de l'eau. Récemment, des Associations d'intérêt collectif (AIC) ont été créées pour gérer une partie de l'infrastructure publique et remplacer les CRDA dans la gestion et la maintenance de l'infrastructure d'irrigation. Le nombre de ces AIC est d'environ 480, dont la majorité se trouve dans les oasis du Sud du pays. L'État encourage le développement des AIC afin de faire participer davantage les agriculteurs à la prise en charge des coûts d'entretien et de maintenance de l'infrastructure d'irrigation, ainsi qu'à l'organisation et la distribution de l'eau d'irrigation.

Dans le VIII<sup>e</sup> Plan de développement économique et social, à côté des actions visant l'amélioration du cadre institutionnel (révision du Code de l'eau et encouragement à la création des aic), la tarification de l'eau d'irrigation est considérée comme un outil privilégié pour garantir l'utilisation optimale de l'eau en agriculture. Dans ce cadre, des efforts ont été entrepris pour rechercher des instruments appropriés de tarification de l'eau compatibles avec une tarification au coût marginal. De tels modes de tarification devraient amener les agriculteurs à éviter les gaspillages

3. Selon l'Institut national de la statistique de Tunisie, le milieu communal désigne les grandes villes et les autres communes tandis que le milieu non communal regroupe les zones territoriales non érigées en communes (i.e. les agglomérations principales et les zones d'habitat dispersé).

d'eau tout en les incitant à irriguer effectivement la totalité des superficies équipées en réseaux de distribution.

Concernant la tarification de l'eau potable, la SONEDE pratique depuis longtemps une politique de tarification axée sur une différenciation en fonction de la quantité d'eau consommée. Les tarifs sont assez progressifs, favorisant les usages à faible consommation par rapport aux consommateurs des tranches les plus élevées. En d'autres termes, les grands consommateurs d'eau (industries et tourisme) subventionnent les petits (Lahouel M. *et al.*, 1994). Enfin, il faut souligner que la SONEDE verse à l'État une redevance pour la collecte de l'eau ou son extraction dans les nappes souterraines.

### Le modèle EGC: présentation et structure

Les deux parties précédentes avaient pour objectif de montrer le rôle et l'importance de la ressource en eau dans le développement économique de la Tunisie ainsi que les enjeux qui se posent à sa branche agricole. Dans celle-ci, nous présentons d'une manière descriptive l'outil d'analyse utilisé pour simuler les différents scénarios de la réforme de la politique du prix de l'eau en Tunisie.

Le modèle EGC que nous avons développé est un modèle «mono-pays» qui, bien que comparable à la majorité des modèles EGC développés dans la littérature, possède une double particularité: i) proposer une représentation appropriée du processus de production en agriculture, et ii) une modélisation explicite du marché de l'eau. Dans la version actuelle du modèle, l'économie tunisienne est décomposée en cinq secteurs d'activités mono-produits, comprenant les agricultures irriguée et pluviale, la production et la distribution d'eau potable, le secteur industriel et celui des services. Cinq facteurs de production primaires comprenant le travail salarié, le travail non salarié, le capital, la terre et l'eau d'irrigation font l'objet d'une demande pour les deux secteurs agricoles. La ressource en eau est considérée comme un facteur primaire dans les secteurs agricoles et celui de la distribution d'eau potable. On suppose que la SONEDE transforme «l'eau primaire» en la combinant à du capital, du travail salarié et d'autres intrants (énergie, produits chimiques, etc.) pour ainsi produire une eau potable. Cette dernière sera demandée en tant que bien final par les ménages ou en tant que consommation intermédiaire par les activités industrielles et des services. Les institutions retenues dans le modèle sont au nombre de trois et comprennent les ménages urbains et ruraux et le gouvernement.

Le modèle EGC que nous proposons est de type walrasien: les facteurs de production sont pleinement employés et les prix sont déterminés par des mécanismes caractéristiques des marchés en situation de concurrence pure et parfaite. Les firmes maximisent leur profit tout en disposant de

technologies à rendements constants. Enfin les ménages maximisent leur fonction d'utilité avec une contrainte de revenu.

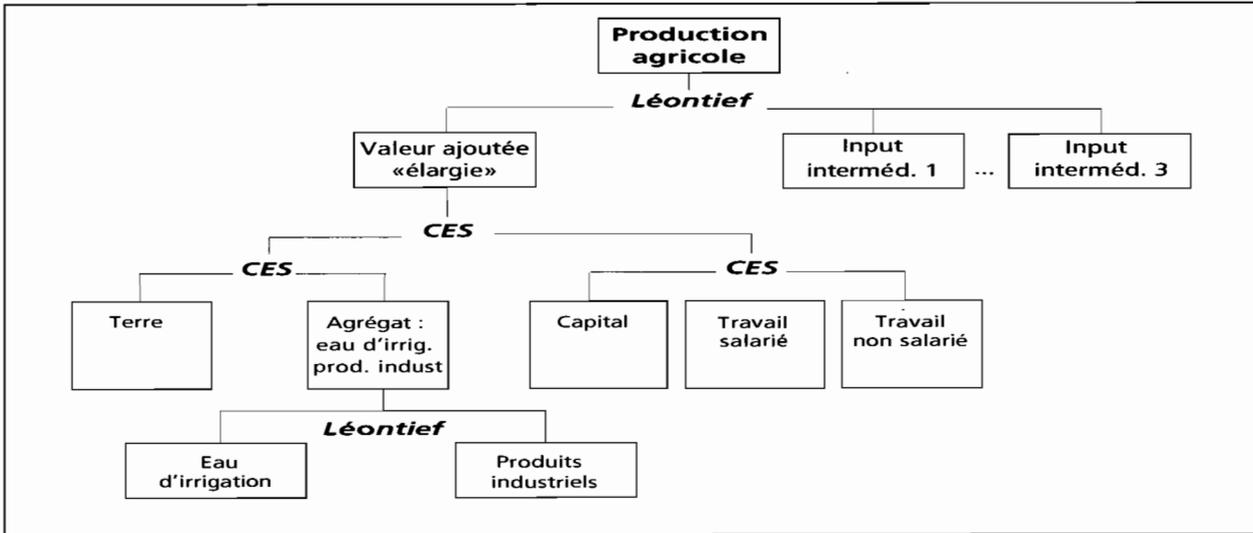
### 1. Spécification de la technologie de production agricole

La figure 1 illustre le processus de production adopté pour les deux secteurs agricoles. La structure arborescente sous-jacente révèle l'existence d'un processus de décision à étages où les producteurs agricoles combinent dans un premier temps, et dans des proportions fixes, des produits industriels (engrais et produits phytosanitaires) à l'eau d'irrigation. Cet agrégat «eau-produits industriels» sera ensuite combiné, à un deuxième niveau, au facteur terre par l'intermédiaire d'une fonction CES. L'agrégat ainsi obtenu sera ensuite combiné à un autre intrant composite liant le capital, le travail salarié et le travail non salarié pour former à un troisième niveau une sorte de valeur ajoutée «élargie». Celle-ci constituée des facteurs primaires et des produits industriels est utilisée dans des proportions fixes avec les inputs intermédiaires (produits des agricultures irriguée et pluviale, et des services) pour définir la production agricole.

L'adoption d'une telle spécification de la technologie agricole n'est pas fortuite. Elle prend en compte, d'une part, les travaux antérieurs de modélisation sur la question (Hexem et Heady, 1978) qui privilégient la nécessité de représenter aussi fidèlement que possible les substitutions entre l'eau irriguée et les autres intrants et, d'autre part les caractéristiques propres des processus de production agricole en Tunisie. Cette dernière dimension explique, en partie, la spécification adoptée qui peut différer de celles prévalant dans d'autres modèles EGC qui ont abordé ce sujet (Decaluwé *et al.*, 1998; Goldin et Roland-Holst, 1994). Tout d'abord, en se fondant sur les travaux de Belhajhassine (1997), portant sur les cultures irriguées de la région du Cap Bon, nous avons supposé que l'eau irriguée est complémentaire des engrais et pesticides (produits industriels). Une telle spécification est opposée aux conclusions de Hexem et Heady, qui suggèrent une relation de substitution entre l'eau d'irrigation et les engrais. Par ailleurs, en combinant la terre à l'agrégat «eau-produits industriels» par une fonction CES, on représente d'une certaine manière la substitution entre ces deux facteurs qui refléterait le degré d'intensification des secteurs agricoles. Finalement, nous pensons que ce processus de production donne certaines marges d'ajustement à l'agriculteur quand il fera face à une augmentation du prix de l'eau d'irrigation. En effet, il pourra changer sa combinaison productive en augmentant par exemple le capital investi dans la technologie d'irrigation et maintenir la même production à l'hectare en utilisant une quantité plus faible d'eau et/ou en employant plus de main d'œuvre.

Figure 1. Représentation de la technologie des secteurs agricoles

Les inputs intermédiaires de 1 à 3 excluent les produits industriels et comprennent les produits des agricultures irriguée et pluviale et les services.



## 2 Structure de la demande finale et du commerce extérieur

Quatre composantes de la demande finale sont spécifiées dans le modèle EGC proposé. Elles comprennent :

- la consommation privée des ménages,
- l’investissement et les variations de stock qui sont répartis entre chaque bien dans des proportions fixes,
- la consommation de services par l’État qui effectue également des transferts, et qui a la possibilité d’épargner, et
- les échanges avec le reste du monde.

Pour modéliser le comportement des consommateurs, on suppose qu’il existe deux types de ménages représentatif : les ménages ruraux et urbains. Ces «consommateurs» maximisent une fonction d’utilité du type Stone-Geary sous contrainte de leur revenu disponible. Ceci nous permet de définir des fonctions de demandes pour les deux types de ménages communément appelées «système linéaire de dépenses». Quant à l’épargne des ménages, on suppose qu’elle est déterminée à un niveau supérieur dans des proportions fixes de leur revenu disponible.

Concernant le commerce extérieur, nous adoptons une spécification conventionnelle reposant sur l’hypothèse d’Armington. Ainsi, les produits d’origines intérieure et importée sont considérés comme des substituts imparfaits et sont modélisés selon une fonction CES<sup>4</sup>. Parallèlement, nous procédons à une distinction entre les produits offerts sur le marché intérieur et ceux exportés vers le reste du monde. Ceci nous permet d’obtenir des fonctions d’offre des produits intérieurs et exportés à partir des conditions d’optimalité d’une fonction CET entre les produits consommés dans le pays et exportés. Par ailleurs, nous supposons que les prix mondiaux aux exportations et aux importations sont déterminés par le reste du monde et représentent alors des variables exogènes au modèle.

4. CES et CET signifient respectivement *Constant Elasticity of Substitution* et *Constant Elasticity of Transformation*.

## 3. Fermeture macro-économique et fonctionnement du marché de l’eau

Pour ce qui est de la fermeture macro-économique du modèle, nous fixons la dotation de tous les facteurs primaires et nous supposons que le capital et le travail sont mobiles entre les divers secteurs de l’économie. Quant à la terre, elle est spécifique aux secteurs agricoles<sup>5</sup>. En ce qui concerne le budget du gouvernement, nous supposons que le déficit public (l’épargne publique) est endogène et que la consommation publique de services est exogène. De même, le taux de change est flexible, induisant l’équilibre de la balance des paiements. Enfin, la règle de bouclage adoptée est du type néo-classique et permet d’équilibrer l’épargne et l’investissement.

Quant au fonctionnement du marché de l’eau, nous supposons que l’État détient une quantité d’eau «primaire» fixe. Cette offre exogène devrait satisfaire la demande d’eau irriguée par les deux secteurs agricoles et celle provenant du secteur de production d’eau potable. Ce dernier transformera l’eau «primaire» en eau potable selon un processus de production conventionnel caractérisée par des consommations intermédiaires utilisées dans des proportions fixes et trois types de facteurs primaires — eau brute, capital et travail salarié — qui forment la valeur ajoutée du secteur selon une forme CES. Cette eau potable est destinée aux ménages ou aux autres secteurs non agricoles de l’économie tunisienne. On suppose que l’eau d’irrigation est subventionnée à un niveau donné (année de base) et que son prix est fixé. Par contre, le secteur eau potable achète à l’État l’eau «primaire» à un prix qui sera déterminé d’une manière endogène de façon à équilibrer l’offre globale d’eau à la demande globale exprimée par toute l’économie.

5. Ceci n’empêche pas une mobilité de ce facteur entre les agricultures irriguée et pluviale.

## 5. Analyse et discussion de scénarios

Le modèle que nous avons construit a été calibré sur la base d'une matrice de comptabilité sociale (MCS) construite pour l'année 1990. Les informations utilisées ont été essentiellement tirées des comptes de la nation, des annuaires de statistiques agricoles et des budgets économiques. Les procédures de construction de cette MCS sont inspirées des travaux de Kress (1994) et de ceux du GREPAA<sup>6</sup>. Toutefois, cette MCS a été adaptée pour prendre en compte les spécificités de notre modèle. Ainsi, les comptes des facteurs ont été décomposés en cinq postes correspondant aux cinq facteurs primaires introduits dans le modèle et utilisés par les deux secteurs agricoles. Cette décomposition est primordiale dans la mesure où le travail familial continue à occuper une place importante dans l'agriculture tunisienne et compte tenu du rôle que joue l'eau d'irrigation dans les processus de production agricole<sup>7</sup>. L'autre particularité de cette MCS est de distinguer deux types de ménages : urbains et ruraux. Cette distinction nous semble importante afin de pouvoir évaluer les conséquences sociales d'un changement de politique de tarification de l'eau. Pour compléter le calibrage du modèle, nous avons utilisé des valeurs tirées de la littérature pour les différentes élasticités revenus des ménages et les élasticités de substitution pour des fonctions CES spécifiées dans le modèle<sup>8</sup>.

Nous avons effectué trois simulations (scénarios) à l'aide de ce modèle. La première suppose une augmentation du prix de l'eau d'irrigation de 10 %. La seconde consiste à simuler une augmentation importante des besoins non agricoles en eau à l'horizon de l'an 2010 (30 %)<sup>9</sup>. Le dernier scénario est une combinaison des deux précédents. Les résultats des trois scénarios sont présentés dans les tableaux 1 et 2.

Concernant le premier scénario, le choix de l'ampleur du choc est fait dans le but de pouvoir comparer les résultats obtenus à ceux trouvés dans le cas du Maroc par Decaluwé *et al.* (1998).

6. Groupe de recherche en économie des politiques agricoles et alimentaires basé à l'Institut national agronomique de Tunisie, Tunis.

7. L'agriculture pluviale utilise une petite quantité d'eau en irrigation de complément pour la production de céréales.

8. Les paramètres du modèle (élasticités) qui sont disponibles auprès des auteurs ont été estimés à partir des informations et références suivantes. Pour ce qui est des élasticités revenu, nous nous sommes inspirés des études de Ayadi *et al.* (1997), et de Lahouel *et al.* (1994). Quant aux élasticités de substitution caractérisant le commerce extérieur (importations et exportations), nous avons utilisé les valeurs retenues par Goldin et Roland Holst dans le cas du Maroc. Ne disposant d'aucune référence sur la technologie de production de l'eau potable, nous avons supposé que la substitution entre facteurs primaires était rigide, se traduisant par l'adoption d'une élasticité de substitution égale à 0,1. Enfin, pour ce qui est des technologies agricoles, nous avons estimé les différentes élasticités de substitution en nous inspirant des travaux de Decaluwé *et al.*, et de Goldin et Roland-Holst. Toutefois, nous avons supposé que les possibilités de substitution entre la terre et l'agrégat "eau-produits industriels" étaient limitées. Ceci nous a amené à utiliser une élasticité de substitution pour ces deux facteurs égale à 0,08.

9. Toutefois, en termes de modélisation, nous avons supposé pour les ménages, une augmentation des besoins minimum d'eau de 30 % et non de la demande totale, qui est déterminée d'une manière endogène par le modèle. Pour la demande en eau potable par les industries et le secteur des services, nous avons supposé que les coefficients techniques d'utilisation de l'eau augmentaient de 30 %.

Notons que dans le cas du modèle marocain, l'offre d'eau est endogène et modélisée moyennant une fonction de production appropriée. Les résultats de la première simulation montrent que la demande d'eau par l'agriculture irriguée diminue de 3,9 %, objectif recherché par les pouvoirs publics pour une meilleure gestion de la ressource. Ce choc a affecté le PIB de façon marginale mais permet d'améliorer l'épargne publique qui augmente de 2,4 %. Toutefois, on assiste à une chute spectaculaire du prix de l'eau potable « brute » achetée auprès de l'État par la sonede (- 58,6 %). Ce résultat n'est pas surprenant, car le secteur de l'eau potable ne consomme que 20 % du total d'eau disponible dans le pays. Par conséquent, une augmentation du prix de l'eau d'irrigation induit une ré-allocation de cette eau en direction du secteur de l'eau potable au détriment des secteurs agricoles. En raison de l'importance de l'agriculture irriguée, le prix de l'eau primaire décroît fortement et la SONEDE demande donc plus d'eau, ce qui induit une augmentation de sa production de 7,1 % (voir tableau 1).

Le prix à la consommation finale de l'eau potable décroît de 16,9 %, profitant ainsi aux ménages urbains et ruraux et aux autres secteurs de l'économie (industries et services), ce qui engendre une augmentation de la consommation en eau potable de 11,5 %, 13,9 % et de 0,4 % respectivement. Quant à la production agricole irriguée, elle ne diminue que de 0,4 %. En effet, ce secteur semble substituer à l'eau d'irrigation une augmentation de la demande de capital (0,2 %), de travail salarié (0,2 %) et de travail non salarié (0,2 %). En d'autres termes, l'augmentation du prix de l'eau semble agir sur le comportement des agriculteurs en les incitant à utiliser des techniques d'irrigation plus économes en eau et à changer leurs techniques culturales en recourant à plus de main d'œuvre. Les prix des facteurs primaires ont légèrement augmenté : 0,04 % pour le capital et le travail salarié et 0,05 % pour le travail non salarié ; alors que pour la terre on constate une diminution de son prix de 1,3 %. Ce dernier résultat s'explique par la faible substitution existant entre l'eau et la terre. En effet, la baisse de la production agricole irriguée induit une baisse de la demande de terre (effet d'expansion) qui domine l'effet de substitution entre ces deux facteurs. Il s'ensuit une baisse de la demande de terre par l'agriculture irriguée de 0,9 %.

En ce qui concerne le bien-être des ménages, on constate une amélioration de celui des ménages urbains (+ 6,10 millions de dinars) tandis qu'on assiste à une légère diminution de celui des ménages ruraux. (- 0,4 million de dinars). Ce dernier résultat pourrait s'expliquer par une baisse du prix de la terre qui induit une réduction de la rémunération de ce facteur primaire détenu par les ménages ruraux. Cependant, dans le cas marocain, Decaluwé *et al.* constatent une baisse de l'activité économique (le PIB décroît de 0,1 %), une résorption du déficit public de 3,4 % et une diminution globale dans le bien-être des ménages. Cette différence dans les résultats peut s'expliquer par la manière avec laquelle le fonctionnement du marché de l'eau est modélisé. En effet, dans le cas du Maroc, Decaluwé *et al.* suggèrent qu'une

augmentation du prix de l'eau engendre une diminution de l'offre globale qui aura par la suite un impact négatif sur le bien être des ménages. Un tel résultat s'explique par l'existence d'une offre variable de la ressource eau qui s'ajuste à une demande en baisse. Or, dans notre cas, nous supposons que l'offre d'eau est exogène et qu'elle est entièrement allouée entre les diverses utilisations. Une augmentation du prix de l'eau d'irrigation entraîne un déplacement de la ressource eau vers les autres utilisations non agricoles avec une diminution du prix de l'eau potable et par conséquent une amélioration du bien être des ménages.

Dans le cas du deuxième scénario, qui consiste en une augmentation des besoins non agricoles en eau de 30 %, nous constatons une légère baisse de la production irriguée de 0,04 % ainsi qu'une faible diminution de la demande d'eau par le secteur irrigué (-0,06 %). Ceci est logique dans la mesure où le secteur irrigué continue à bénéficier d'un soutien de prix identique dans ce scénario. Le PIB diminue marginalement (0,01 %) et le déficit public se réduit légèrement (-0,2 %). Le fait le plus saillant concerne le comportement du secteur de la production et de la distribution de l'eau potable. En effet, on constate une augmentation de la production de ce dernier de 12 % pour répondre à une demande pressante en eau potable exprimée par les secteurs autres qu'agricoles. L'examen de la combinaison productive de ce dernier montre que la demande d'eau primaire n'augmente que de 0,5 % et que les demandes de capital et de travail augmentent de 23 %. Ceci aurait pour conséquence que la SONEDE se trouve dans la nécessité d'investir et d'utiliser plus de capital et de travail afin d'améliorer l'efficacité de son réseau de distribution. Parallèlement, le prix de l'eau potable primaire ainsi que le prix de l'eau potable au stade de la consommation finale augmentent respectivement de 67 % et de 16, %.

Le bien-être des ménages urbains et ruraux se détériore avec une variation équivalente respective de -13,1 et -5,2 millions de dinars. Quant aux activités industrielles et de services, elles accusent une légère baisse de -0,02 % pour les industries et -0,1 % pour les services. Toutefois, ces résultats sont agrégés et peuvent cacher des effets non négligeables sur certaines activités à l'intérieur de ces agrégats.

Pour le dernier scénario, la combinaison d'une augmentation du prix de l'eau d'irrigation et d'une augmentation des besoins non agricoles en eau de 30 %, semble agir positivement sur la conservation de la ressource eau ainsi que sur le PIB et le bien-être des ménages. La demande en eau émanant du secteur de l'agriculture irriguée décroît de 3,9 % alors que PIB reste stable. Le bien-être des ménages diminue d'une manière moins forte que dans le scénario précédent avec une variation équivalente de -0,41 million de dinar pour les ménages ruraux et de -4,1 millions de dinars pour les ménages ruraux. L'épargne publique s'améliore de 2,4 %. Concernant les autres variables, les effets sont similaires à ceux obtenus dans le cas du premier scénario.

## Conclusion

Le modèle que nous avons discuté est un modèle fondé sur plusieurs hypothèses qui concernent le niveau de désagrégation de l'agriculture tunisienne et certains paramètres de comportement. Ce travail est donc en cours d'amélioration sur plusieurs points. Une version du modèle affinée (désagrégation des branches agricoles), moins contraignante (sur les hypothèses de travail), est en préparation, permettant une meilleure représentation des technologies agricoles et du secteur de l'eau potable, pour permettre de prendre en compte des relations de substitution plus générales entre intrants et des structures des préférences du consommateur, et une analyse plus poussée des scénarios de politique. Cette désagrégation poussée devrait permettre une meilleure illustration des effets attendus de la réforme de la politique de prix de l'eau d'irrigation sur les différentes activités agricoles et non agricoles telles que les industries agroalimentaires et le tourisme. Nous étudierons aussi les effets d'une tarification binôme<sup>10</sup> sur la mobilité intersectorielle des ressources en eau et les autres variables macro-économiques de l'économie tunisienne. Néanmoins, nous avons pu caractériser le marché de l'eau en Tunisie en montrant les effets d'une politique de tarification qui se rapproche du coût marginal, sur l'allocation des ressources et plus particulièrement la ressource en eau. De même, nous avons montré que l'agriculture tunisienne semble pouvoir absorber à long terme les effets d'une augmentation du prix de l'eau d'irrigation avec une amélioration du bien être des ménages urbains et ruraux. Enfin, d'autres améliorations pourraient faire l'objet de travaux de recherche ultérieurs. À cet égard, il serait judicieux de considérer les producteurs agricoles comme des ménages «producteur-consommateur» et de développer une modélisation appropriée du comportement de ces agents (Löfgren et Robinson, 1999). Le modèle que nous avons discuté est purement statique et n'inclut pas de comportements propres d'investissement de la part des agents économiques. Cette composante est particulièrement importante dans la mesure où elle permet la prise en compte de la possibilité de création de nouvelles ressources en eau. Une autre perspective de recherche non moins importante consisterait à prendre en considération la variation géographique de la valeur de l'eau. Une possibilité serait d'aborder la question en décomposant la Tunisie en trois zones climatiques (régions côtière et centrale et méridionale) et de lier directement le prix de l'eau au coût de son exploitation dans chacune des trois régions.

**Chokri THABET**, École supérieure d'horticulture et d'élevage, Chott Mariem, Tunisie • **Bob MACGREGOR**, Agriculture et Agri-Food Canada, Ottawa • **Yves SURRY**, Département d'économie et de sociologie rurales, INRA, Rennes

Les auteurs remercient les deux rapporteurs ainsi qu'Y. Léon pour leurs remarques pertinentes. Enfin, ils tiennent à rappeler que les opinions exprimées dans cet article leur sont propres et n'engagent pas les institutions pour lesquelles ils travaillent.

10. Le tarif binôme est composé de deux parties. La première est variable selon la consommation volumétrique en eau et couvre les frais d'entretien et de maintenance de l'infrastructure hydraulique et la seconde est une taxe fixe à l'hectare censée couvrir une partie des frais fixes. Ce type de tarification a un certain intérêt car il semble être l'instrument retenu par le gouvernement tunisien pour établir le prix de l'eau d'irrigation.

**Tableau 1. Résultats des scénarios, impacts sur les secteurs agricoles, et de la production d'eau**  
Variation en pourcentage

	Période de base MD*	Scénario 1 %	Scénario 2 %	Scénario 3 %
Production agricole irriguée	659,13	-0,44	-0,04	-0,47
Production agricole non irriguée	1 520,64	0,05	-0,02	0,03
Production d'eau potable	77,02	7,09	12,01	20,76
Demande d'eau (agriculture irriguée)	154,85	-3,90	-0,06	-3,95
Demande de terre (agriculture irriguée)	71,90	-0,85	-0,03	-0,88
Demande de terre (agriculture pluviale)	225,10	0,27	0,01	0,28
Demande de capital (agriculture irriguée)	184,36	0,20	-0,04	0,16
Demande de travail salarié (agriculture irriguée)	54,10	0,21	-0,05	0,15
Demande de travail non salarié (agriculture irriguée)	60,80	0,19	-0,01	0,18
Demande d'eau potable primaire	18,56	33,70	0,53	34,10
Demande de capital (SONEDE)	12,34	-6,09	23,43	12,53
Demande de travail salarié (SONEDE)	11,80	-6,08	23,40	12,52
Demande d'eau potable des ménages urbains	32,09	11,54	4,90	19,06
Demande d'eau potable des ménages ruraux	11,74	13,93	0,70	16,50
Demande d'eau potable des industries	10,50	0,38	30,00	30,00
Demande d'eau potable des services	14,80	0,38	30,00	30,00
Prix de l'eau irriguée	0,51	10,00	0,00	10,00
Prix de l'eau potable primaire**	1,00	-58,60	66,76	-35,54
Prix de l'eau potable à la consomma finale**	1,00	-16,85	16,44	-9,78
Prix du produit de l'agriculture irriguée	1,00	1,09	-0,07	1,00
Prix du produit de l'agriculture pluviale	1,00	-0,16	-0,11	-0,24
Exportations de l'agriculture irriguée	15,19	-1,86	0,05	-1,82
Exportations de l'agriculture pluviale	32,10	0,31	0,13	0,41
Importations de l'agriculture irriguée	78,44	1,08	-0,14	0,96
Importations de l'agriculture pluviale	200,66	-0,21	-0,17	-0,35

\* MD : Millions de dinars tunisiens \*\* Prix fixés à l'unité à l'année de base

**Tableau 2. Résultats des scénarios, impacts sur les principales variables macroéconomiques**  
Variation en pourcentage

	Période de base MD*	Scénario 1 %	Scénario 2 %	Scénario 3 %
Prix de la terre**	1,00	-1,30	-0,40	-1,61
Prix du capital **	1,00	0,04	-0,14	-0,06
Prix du travail salarié**	1,00	0,04	-0,13	-0,05
Prix du travail non salarié**	1,00	0,05	-0,07	-0,08
Production des services	7 354,77	0,03	-0,10	-0,03
Production des industries	12 265,65	-0,01	-0,02	-0,05
Exportations des services	7 354,77	0,07	-0,09	0,00
Exportations industrielles	12 265,65	-0,01	-0,02	-0,05
Importations des services	403,40	-0,02	0,08	-0,07
Importations industrielles	5 672,30	-0,01	-0,01	-0,03
Épargne publique	485,10	2,40	0,23	2,44
Variation équivalente (mén urbains) en MD	-	6,10	-13,07	-0,41
Variation équivalente (mén ruraux) en MD	-	-1,25	-5,18	-4,12
Produit Intérieur Brut réel	9 929,62	0,01	-0,01	0,03

\* MD : Millions de dinars tunisien. \*\* Prix fixés à l'unité à l'année de base

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ayadi M., Krishnakumar J., Matoussi M. *Combining spatial and temporal variations in the estimation of price elasticities for tunisian households*. Actes du colloque de la septième conférence internationale sur l'utilisation des données de panel, Paris, 1997.
- Benblidia M., Margat J., Vallée D. *Pénuries d'eau prochaines en Méditerranée*. *Futuribles*, 1998, 233: 5-31.
- Belhajhassine N. *Tarifcation de l'eau et agriculture irriguée: le cas de la Tunisie*. Thèse de Doctorat, Université des sciences sociales, Toulouse, 1997.
- Decaluwé B., Patry A., Savard L. *Quand l'eau n'est plus un don du ciel: Un MEGC appliqué au Maroc*. *Revue économique du développement*, 1998, 3-4: 149-187
- Goldin I., Roland-Holst D. *Economic policies for sustainable resource use in Morocco* dans I. Goldin et L.A. Winters (eds), *The Economics of Sustainable Development*, New York: Cambridge University Press, 1994.
- Hexem RW., Heady E.O. *Water Production Function for Irrigated Agriculture*. Ames: The Iowa State University Press, 1978.
- Kress D.H. *Trade liberalization and employment in Tunisia: a general equilibrium analysis with increasing returns to scale and imperfect competition*. Phd. Chapel Hill, University of North Carolina, USA, 1994.
- Lahouel M., Redjeb S., Bouzaiane L., Daouas A., Mamoghli C. *Demande et politique de tarification de l'eau. Étude économique de l'eau potable en Tunisie*. ONEDE, Tunis, 1994.
- Löfgren H., Robinson S. *Nonseparable farm household decisions in a computable general equilibrium model*. *American Journal of Agricultural Economics*, 1999, vol 81 (3): 663-673.
- Ministère de l'Agriculture. *Étude sur la stratégie des ressources naturelles*. Rapport principal. établi par SCET-TUNISIE et BDPA-SCETAGRI pour la Direction générale de la planification, du développement et des investissements agricoles, 1996.
- Ministère de l'Agriculture. *Étude de la gestion et de la tarification de l'eau d'irrigation au niveau des périmètres irrigués*. Diagnostic de la gestion actuelle. Étude réalisée par le CNEA et BRL Ingénierie, 1997.

## Le prix de l'eau

### Les tendances dans les pays de l'OCDE

OCDE, 1999, disponibilité 3<sup>e</sup> semaine de novembre 1999  
 2 rue André-Pascal, 75775 Paris Cedex 16  
 Tél. (33) 01 45 24 82 00. Fax (33) 01 49 10 42 76

# Acceptabilité des réformes des politiques de gestion de l'eau

## Cadre d'analyse et exemples

### Un mouvement de réforme de la gestion de l'eau soumis à de fortes résistances

Les politiques de gestion de l'eau d'irrigation subissent actuellement des transformations importantes dans un grand nombre de pays, aussi bien développés qu'en développement. Les principaux problèmes à l'origine de ces réformes sont d'abord une allocation inefficace de l'eau; ensuite des conflits entre usagers que les modes de gestion de l'eau en vigueur ne permettent pas de résoudre; enfin des tensions budgétaires croissantes qui remettent en cause l'implication traditionnellement forte de l'État dans le financement et la gestion des ressources en eau et en particulier des périmètres irrigués.

Les solutions proposées pour résoudre ces problèmes dans les pays développés (loi sur l'eau en France, projet de directive cadre européenne), comme dans les pays en développement (OCDE, 1989; World Bank, 1993; FAO, 1994) reposent sur deux principes fondamentaux:

1. La mise en place d'instruments économiques (tarification, marchés de l'eau) qui permettent aux différentes demandes en eau de s'adapter à une offre limitée, qui favorisent l'émergence de nouvelles technologies de production agricole économes en eau et qui encouragent une utilisation plus efficace de la ressource.
2. Une approche intégrée et concertée de la gestion de l'eau à l'échelle d'un bassin versant, ce qui implique un retrait de l'État de la gestion des périmètres irrigués, au profit d'une plus grande participation des usagers dans les prises de décisions et une réduction des aides financières accordées au secteur irrigué.

Dans les pays où l'agriculture est le principal consommateur d'eau, les réformes entreprises sont principalement orientées vers le transfert de la gestion des périmètres irrigués aux usagers. On recense ainsi plus de 25 pays ayant récemment adopté une politique de désengagement de l'État (Vermillion, 1997). L'objectif visé par les gouvernements qui entreprennent de telles réformes est une réduction progressive des subventions publiques allouées au secteur irrigué. Dans les pays développés, l'accent est

principalement mis sur la décentralisation de la gestion des ressources en eau et l'objectif principal est la diminution du nombre de conflits d'usage, notamment entre agriculture et environnement (Barraqué, 1995).

Ces réformes ne sont pas toujours acceptées par les acteurs qui participent à la gestion des ressources en eau. Dans les pays engagés dans des programmes d'ajustement structurel, la suppression des subventions publiques conduit à une augmentation du coût de l'eau pour les usagers et donc à une perte de revenus. Le secteur agricole qui est souvent le principal consommateur d'eau est particulièrement sensible à cette augmentation du prix de l'eau, qui peut, dans certains cas, menacer une région, un type d'exploitations agricoles ou un pan de l'économie agricole. Le désengagement de l'État va également à l'encontre des intérêts économiques des fonctionnaires des administrations publiques ayant traditionnellement assuré la gestion de l'eau et qui, après la réforme, sont licenciés ou mutés vers les associations d'usagers, leurs salaires étant réduits dans la plupart des cas.

Pour protéger leurs intérêts économiques menacés, les acteurs qui se trouvent en situation de perdants s'opposent au processus de réforme ou cherchent à l'influencer de façon à ce que l'issue leur soit la plus favorable possible. La probabilité de succès de la réforme est directement liée à l'intensité des activités de résistance et des pressions exercées sur le décideur public ou sur les agents chargés de la mise en œuvre des choix de réforme. Du fait de l'existence de ces pressions, on aboutit parfois à un enlèvement de la négociation, à un retard considérable sur le calendrier prévisionnel de mise en œuvre ou encore à un détournement de la réforme de ses objectifs initiaux au profit d'intérêts privés. Au Maroc par exemple, la réforme de la gestion de l'eau dans les périmètres irrigués s'est heurtée à de fortes résistances de la part des Offices de Mise en Valeur Agricole qui ont réussi à retarder le processus de réforme pendant trois années (Dinar *et al.*, 1998). Au Pakistan, ce sont les syndicats agricoles qui ont organisé une forte résistance aux réformes proposées par la Banque mondiale et le gouvernement.

Bien que ces activités de résistance soient largement reconnues par les décideurs publics, la question de l'acceptabilité des politiques de gestion de l'eau est rarement abordée dans les études préalables au choix de réforme. Il nous semble important, si l'on souhaite améliorer l'efficacité des réformes de gestion de l'eau, d'identifier les causes des résistances potentielles ou avérées à la réforme, d'analyser la façon dont elles s'expriment au cours du processus de réforme et d'imaginer des stratégies permettant de les minimiser à chaque stade du processus.

Cet article propose un cadre d'analyse du problème de l'acceptabilité des réformes de la gestion de l'eau. Il se concentre plus particulièrement sur le secteur irrigué, l'agriculture étant souvent le principal usager de l'eau. La première section présente les différentes manifestations possibles du problème de l'acceptabilité des réformes; pour cela, nous proposons une représentation du processus de réforme en plusieurs étapes et montrons comment les acteurs qui n'acceptent pas la réforme peuvent agir à chacune de ces étapes. Dans la deuxième section, nous suggérons que, selon que la réforme est décidée de façon centralisée ou élaborée dans un cadre concerté à une échelle locale, le problème de l'acceptabilité peut être analysé comme une question de faisabilité politique ou comme un problème de négociation. Deux exemples sont présentés dans la section suivante pour illustrer ce cadre conceptuel: le cas de la réforme de la gestion de l'eau dans les périmètres irrigués de la plaine de l'Indus et celui de la mise en place d'une gestion concertée des ressources en eau dans le bassin de l'Adour en France. Ces exemples servent de support à des recommandations.

## Les manifestations du problème de l'acceptabilité des réformes

La réforme d'une politique publique est un processus complexe se déroulant en plusieurs étapes et s'étalant largement dans le temps. La résistance au changement peut se manifester à différents moments de ce processus. Nous distinguons cinq étapes au cours desquelles les acteurs qui jugent la nouvelle politique inacceptable peuvent intervenir sur le processus de réforme (figure 1).

### Diagnostic des dysfonctionnements

Le processus de réforme commence par la mise en évidence d'un certain nombre de dysfonctionnements liés à la politique en vigueur (conflits d'usage persistants, déficit budgétaire du gestionnaire des ressources en eau, assèchement de rivières, abaissement du niveau de la nappe, etc.). Au cours de cette phase, les acteurs cherchent à construire une représentation commune du système ressource-acteurs, qui décrive les liens de causalité existant entre, d'une part, les dysfonctionnements constatés et d'autre part, les actions des différents acteurs impliqués dans la gestion de la ressource. Dès cette étape, les acteurs menacés par la réforme envisagée cherchent à influencer l'élaboration de cette représentation commune de façon à ce que leurs activités soient le moins possible remises en cause. La réforme proposée ne sera acceptable par tous les

acteurs que si elle repose sur un diagnostic accepté et partagé par tous.

### Formulation

Une fois cette représentation commune construite, les décideurs publics identifient les objectifs qualitatifs et quantitatifs de la réforme ainsi que la stratégie retenue pour les atteindre (variables de commande sur lesquelles la politique va agir), les responsabilités respectives des acteurs impliqués dans le processus et les ressources mises à leur disposition. Il s'agit de la phase de formulation de la politique<sup>1</sup> dont le résultat est souvent formalisé par un texte de loi. Les groupes de pression concernés par la réforme cherchent à intervenir au cours de cette phase pour obtenir du décideur public un choix d'objectifs et de stratégies en leur faveur.

### Mise en œuvre

Une fois les objectifs et la stratégie de réforme choisis, il reste à définir les modalités pratiques de mise en œuvre de cette stratégie, c'est-à-dire les instruments techniques, juridiques, réglementaires, organisationnels et économiques à utiliser pour atteindre les objectifs visés. Les différents groupes de pression tentent alors d'agir sur le choix des instruments et les modalités de leur mise en œuvre.

### Application

C'est l'étape au cours de laquelle les instruments entrent en vigueur, modifiant l'environnement technique, institutionnel ou économique des acteurs impliqués dans la gestion de l'eau. C'est au cours de cette phase que ces acteurs adaptent leur comportement au nouvel environnement<sup>2</sup>. De nombreux exemples dans le domaine de l'eau montrent que cette adaptation peut être longue et difficile. À ce stade, la nouvelle politique peut être considérée comme acceptable si le coût du contrôle de l'application des réformes proposées reste compatible avec les moyens mis à disposition de l'organisation responsable du contrôle (administration, association d'usagers).

### Évaluation

À l'issue de la phase d'application, les résultats concrets et mesurables sont comparés aux objectifs initiaux de la réforme. Le décalage qui apparaît alors peut être jugé acceptable pour certains acteurs et considéré comme excessif par d'autres qui peuvent alors demander au décideur public des ajustements ou même remettre en cause la nouvelle politique.

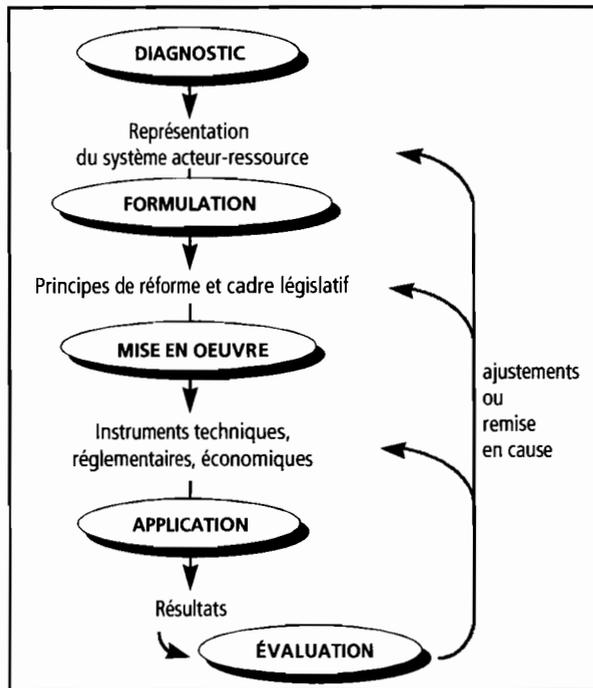
Le processus de réforme ne saurait être réduit à un enchaînement linéaire de ces cinq phases (figure 1); c'est au contraire un processus dynamique au cours duquel l'issue de chaque phase peut conduire à une remise en cause de l'une des phases précédentes (Grindle et Thomas, 1991;

1. Les spécialistes des réformes de politiques économiques parlent de «phase de conception» (*policy design phase*). Voir par exemple Grindle et Thomas (1991) et Thoyer (1996).

2. On parle parfois de «phase de mise en conformité» (*compliance*) (Carldart et Ashford, 1998).

Crosby, 1996). La question de l'acceptabilité des réformes est donc susceptible de se poser de manière récurrente.

Figure 1. Représentation schématique du processus de réforme



### L'importance du contexte décisionnel

L'ensemble des choix réalisés au cours des étapes présentées ci-dessus peut résulter d'une décision centralisée, à laquelle les acteurs concernés par la gestion de l'eau ne sont pas associés ou au contraire résulter d'une décision concertée. Dans cette section, nous montrons que la question de l'acceptabilité des réformes se pose de manière très différente en fonction du contexte décisionnel. Lorsque l'ensemble des décisions est pris par une autorité centrale, il s'agit d'un problème de faisabilité politique. Lorsqu'au contraire tous les acteurs concernés sont associés à l'ensemble des décisions, l'acceptabilité des réformes dépend du processus de négociation ayant conduit à la décision.

#### 1. L'acceptabilité vue comme un problème de faisabilité politique

Dans un grand nombre de pays en développement, les gouvernements se sont engagés dans un programme de réforme de leur politique de l'eau sous la pression des bailleurs de fonds internationaux et sans avoir consulté les acteurs participant localement à la gestion de cette ressource. La décision est en général prise à un niveau politique très élevé (chef du gouvernement) et les différentes étapes du processus de réforme sont supervisées par une administration publique centrale, comme la Commission Nationale de l'eau au Mexique, la Direction des ouvrages hydrauliques d'État en Turquie, l'Institut de Développement du Territoire en Colombie.

Dans un tel contexte de décision centralisée, les phases de diagnostic, formulation et mise en œuvre sont confiées à l'administration et supervisées par le gouvernement. Les objectifs, la stratégie et les instruments à mettre en œuvre sont unilatéralement déterminés par des décideurs publics. Les décisions prises doivent ensuite être appliquées par l'ensemble des acteurs, qu'ils aient été consultés ou non et que les décisions prises soient acceptables ou non.

La question de l'acceptabilité des réformes revient alors à estimer les risques d'une opposition politique suffisamment forte pour menacer la stabilité du gouvernement, autrement dit, la faisabilité politique de la réforme<sup>3</sup>. Pour le décideur public, l'enjeu politique est d'autant plus important que les groupes d'intérêt concernés par la gestion de l'eau sont en général représentés par des organisations syndicales ou politiques puissantes, capables d'influencer l'opinion publique. Le décideur public est alors soumis à des pressions antagonistes de la part de groupes de pression dont le poids politique (au sens électoral) est important et ses décisions peuvent s'en trouver influencées. Il peut aussi être soumis à des pressions externes de la part des bailleurs de fonds internationaux. La dimension politique des réformes de gestion de l'eau a été mise en évidence aussi bien dans les pays en développement dans lesquels elle concerne une importante population rurale (donc un fort pourcentage de l'électorat) que dans des pays développés<sup>4</sup>. Ce constat nous conduit à abandonner l'hypothèse d'un décideur public bienveillant qui chercherait à maximiser le bien-être social; nous supposons au contraire qu'il distribue des avantages économiques (ou rentes) de façon à s'assurer le soutien électoral de certains groupes de pression (Krueger, 1974; Becker, 1983).

En résumé, ce sont donc les pressions des groupes d'intérêt ainsi que les contraintes techniques, légales et financières que doit respecter le décideur public qui définissent l'espace de liberté ou d'acceptabilité du décideur qui cherche à maximiser son support politique afin de se maintenir au pouvoir

#### 2. L'acceptabilité vue comme un problème de négociation

D'une manière générale, on constate une évolution des formes de l'action publique vers un abandon des processus de décision centralisés où l'État joue un rôle prépondérant, au profit de systèmes de décision basés sur la négociation entre des acteurs publics ou privés, à des échelles locales plus proches des problèmes à résoudre. En ce qui concerne les politiques de l'eau, Barraqué (1995 et 1997) montre que dans beaucoup de pays d'Europe, on

3. La question de la faisabilité politique des réformes a initialement émergé de l'étude des politiques d'ajustement structurel dans les pays en développement. On peut notamment citer une série d'études commanditées par l'OCDE et les travaux de Haggard et Kaufman (1992).

4. Reisner montre par exemple comment le président Jimmy Carter a perdu sa seconde campagne électorale pour avoir tenté de réformer la politique de développement des grands projets d'irrigation dans le sud ouest des États-Unis (Reisner, 1993).

est passé progressivement d'un usage de l'eau réglementé essentiellement par l'État à un usage négocié entre les usagers d'une même ressource, avec des degrés divers de combinaison entre les deux systèmes.

Cette généralisation des procédures de décision concertée est motivée par l'amélioration de l'information des différentes parties prenantes sur leurs préférences respectives et les impacts des choix de réforme sur leur bien-être, la réduction du temps nécessaire à la prise de décision et la responsabilisation des acteurs — favorisée par leur participation à la prise de décision. La légitimité des décisions prises est ainsi renforcée, ce qui limite les risques de litiges ultérieurs (Caldart et Ashford, 1998).

La négociation peut intervenir à différents stades du processus de décision: diagnostic et formulation, mise en œuvre et application (Caldart et Ashford, *op. cit.*)<sup>5</sup>. À chacune de ces étapes, les acteurs impliqués peuvent être différents (représentants nationaux des groupes d'intérêt au moment de la formulation, représentants locaux pour la mise en œuvre).

Pour être efficace et aboutir à des décisions acceptables par l'ensemble des acteurs concernés, l'organisation de la négociation doit respecter un certain nombre de règles (Kazmierczak et Hughes, 1996). La théorie des jeux offre un cadre d'analyse particulièrement adapté pour analyser l'impact de ces règles sur la décision finale. S'appuyant sur le modèle de marchandage de Rubinstein, appliqué à l'allocation de l'eau entre les usages en Californie, Adams et al. (1996) montrent que l'issue de la négociation est fonction de quatre variables principales: le nombre et les préférences des participants, leur poids politique respectif, le choix de la règle de décision (majorité, unanimité) et la solution de non accord, c'est-à-dire la décision retenue si les joueurs ne parviennent pas à un accord. Cette approche théorique est corroborée par des observations empiriques<sup>6</sup>, que nous développons plus loin. Celles-ci montrent en particulier que si les conditions d'une négociation équilibrée ne sont pas respectées, il y a alors un risque de contestation des décisions prises dans la phase d'application de la réforme.

### 3. L'acceptabilité, un problème d'application des décisions

Une fois les décisions prises, soit de manière centralisée, soit à l'issue d'une période de négociation, les acteurs publics ou privés auxquels ces décisions sont supposées s'appliquer peuvent refuser de les appliquer. De telles résistances peuvent provenir d'acteurs n'ayant pas été associés au processus de décision, mais aussi d'acteurs ayant participé à la décision mais refusant par la suite d'honorer les engagements qu'ils ont pris. Plusieurs rai-

sons peuvent expliquer de tels problèmes d'acceptabilité survenant tardivement au cours du processus de réforme:

- Le décideur public peut avoir imposé une décision jugée inacceptable par certains acteurs en ayant sous-estimé la résistance dont ils sont capables. Il y a alors inadéquation entre, d'une part les moyens disponibles pour inciter ou forcer les acteurs à adopter les comportements visés par la réforme et, d'autre part, l'intensité de la résistance au changement que peuvent opposer ces acteurs. Ceci est fréquemment le cas lorsque la décision est prise par des décideurs centraux, éloignés des réalités politiques locales.

- Il se peut également que ces opposants tardifs n'aient pas pu s'exprimer lors du processus de décision, soit parce qu'ils n'ont pas été conviés à la table des négociations, soit parce que leur position institutionnelle ne leur permettait pas de défendre ouvertement leur position. C'est par exemple le cas du personnel des administrations qui ne peuvent pas ouvertement exprimer leur opposition aux réformes du fait du devoir de réserve des fonctionnaires, de l'absence de syndicats puissants capables de défendre leurs intérêts ou encore du fait que les intérêts qui sont menacés sont acquis de manière illégale (corruption)<sup>7</sup>.

- Une troisième explication possible est le caractère imparfait de l'information dont disposent les acteurs au moment de la décision. De ce fait, les pertes économiques réelles liées à la réforme peuvent se révéler très supérieures aux estimations faites *a priori* par ces acteurs, ce qui explique la remise en cause de leurs engagements.

- Enfin, le refus d'appliquer les nouvelles règles peut faire partie d'une stratégie volontaire et préméditée lorsque le choix politique est irréversible (par exemple lorsqu'il y a un investissement pour la création de nouvelles ressources). Les groupes d'intérêt peuvent alors prendre en otage le décideur public et le forcer à renégocier un nouvel accord.

## Deux exemples de réforme dans un contexte décisionnel différent

### Un cas de faisabilité politique d'une réforme: le Pakistan

Pour illustrer le problème de la faisabilité politique, nous présentons ici le cas de la réforme de la gestion de l'eau dans le bassin de l'Indus au Pakistan. L'agriculture est le principal usager de l'eau dans ce bassin et est à l'origine de 90 % des prélèvements. D'immenses périmètres irrigués sont actuellement gérés par une administration publique principalement financée par des subventions.

Dans un rapport publié en 1994, la Banque mondiale présente un diagnostic de la gestion de l'eau dans le bassin

5. Caldart et Ashford emploient les termes *regulatory reinvention, negotiated rule-making, negotiated implementation* et *negotiated compliance* pour caractériser ces quatre niveaux de négociation.

6. Salles et Zelem (1998) observent, en analysant les négociations dans le cadre des contrats de rivière dans le bassin de l'Adour, une diversité des formes de conduite de la négociation, avec des impacts variables sur son résultat.

7. Dans de nombreux pays en développement, les fonctionnaires de l'administration gestionnaire des ressources en eau retirent d'importants revenus illégaux du fait de leur implication dans des transactions corrompues liées à l'allocation de l'eau ou à la maintenance de l'infrastructure (passation de marchés publics). Pour des exemples, voir Wade (1982) et Rinaudo *et al.* (1997).

de l'Indus et propose une stratégie de réforme de cette politique afin d'améliorer la productivité des périmètres irrigués et de réduire les dépenses publiques dans le secteur agricole. Cette stratégie repose sur une privatisation partielle de l'infrastructure hydraulique, le développement des marchés de l'eau comme mécanismes d'allocation de l'eau et un désengagement de l'État au profit d'une plus grande participation des usagers (World Bank, 1994). La mise en œuvre de la réforme proposée par la Banque est posée comme condition préalable à l'obtention par le gouvernement fédéral d'un important financement multilatéral.

Le gouvernement pakistanais propose dès 1995 sa propre stratégie de réforme, qui reprend en les adaptant au contexte pakistanais la plupart des éléments de la proposition de la Banque mondiale (Rinaudo, Tahir, 1999). Au cours d'une première phase de débat, le Pakistan Engineering Congress, qui représente le point de vue des administrations publiques, s'oppose fermement au projet de privatisation. Il est très vite suivi par un grand nombre de parlementaires, puis par le principal syndicat agricole et enfin par le gouvernement provincial du Pendjab qui annonce en août 1995 qu'il ne privatisera pas l'infrastructure, s'opposant ainsi aux engagements pris par le gouvernement fédéral auprès des bailleurs de fonds. Pour mobiliser l'opinion publique contre le projet de réforme, le lobby agricole insiste particulièrement sur le fait que toute l'agriculture irriguée (80 % des surfaces cultivées et 55 % de la population) risque de passer sous le contrôle de capitaux étrangers suite à la privatisation. En revanche, les avantages que présente le transfert de la gestion aux usagers ne sont pas discutés. La réforme est rapidement perçue comme inacceptable par la population, forçant le gouvernement central à suspendre temporairement le processus de réforme, ce qui entraîne une rupture des négociations en cours avec la Banque mondiale.

Ce n'est qu'en 1997, lorsque les réserves en devises du pays sont au plus bas niveau jamais enregistré et que les aides financières internationales deviennent vitales pour l'économie nationale, que le gouvernement fédéral parvient à faire voter par les quatre parlements provinciaux la loi sur la décentralisation de l'irrigation (Rinaudo, Tahir, *op. cit.*). Cette loi rend autonome l'administration gestionnaire des périmètres en lui donnant cinq ans pour atteindre l'autonomie financière et définit sommairement le partage des responsabilités entre les agriculteurs organisés en associations et l'administration publique. En revanche, elle n'inclut aucune disposition particulière pour privatiser l'infrastructure, ce qui diminue la résistance des opposants à la réforme.

Pour initier la phase de mise en œuvre, le gouvernement, les bailleurs de fonds et des institutions de recherche lancent des projets pilotes visant à tester différentes modalités de transfert de la gestion de petits périmètres aux agriculteurs. Des associations d'usagers sont ainsi formées avec succès dès 1997 dans les provinces du Sind et du Pendjab. Cependant, l'administration publique gestionnaire des périmètres profite du contrôle qu'elle garde sur la régulation hydraulique du système de canaux pour

menacer et déstabiliser ces associations, dont certaines se dissolvent fin 1998 dès que cesse l'assistance qui leur était fournie par des organisations non gouvernementales. Il apparaît alors de manière évidente, que malgré le support dont la loi a bénéficié au sein des assemblées parlementaires, la réforme n'est toujours pas acceptable par certains acteurs impliqués dans la gestion des périmètres.

Cet exemple souligne que, bien que la réforme ait finalement été acceptée lors de sa formulation, rien ne garantit qu'elle le soit par les acteurs impliqués dans sa mise en œuvre. En effet, dans le cas pakistanais, le projet de réforme est devenu politiquement acceptable au stade de sa formulation du fait de contraintes exogènes et non du fait d'une diminution des résistances internes: il aura fallu attendre que le pays soit au bord de la faillite pour que les parlementaires acceptent de voter la loi, bien qu'il n'existe pas de consensus en faveur du contenu de la réforme au sein de la société pakistanaise. Dans ces conditions, il est peu probable que cette réforme soit effectivement mise en œuvre, d'autant plus que cela requiert la collaboration active de deux acteurs opposés à la réforme: l'administration gestionnaire des périmètres (la seule à disposer de la compétence technique) et les agriculteurs censés prendre en charge le fonctionnement et la maintenance de certains canaux. L'exemple des projets pilotes ne peut que renforcer ces craintes.

Les problèmes de faisabilité politique auxquels le gouvernement s'est heurté sont dus à quatre raisons principales:

- Le gouvernement pakistanais n'a pas réussi à légitimer la réforme proposée, c'est-à-dire à démontrer d'une part qu'elle conduirait à un gain de bien-être pour la société et d'autre part que ses effets redistributifs étaient socialement justifiés. De plus, l'effort de communication réalisé par le gouvernement pour convaincre l'opinion publique du bien fondé des réformes proposées s'est avéré être largement insuffisant. Il est intéressant de noter par exemple que le projet de réforme a souvent été désigné dans les médias par le terme privatisation, alors que le volet le plus important de cette réforme consistait à transférer la gestion de l'irrigation aux paysans.
- Les décideurs publics n'ont pas cherché à augmenter la transparence de la politique actuelle, c'est-à-dire à montrer à l'opinion publique quelles sont les rentes générées par la politique actuelle, quels en sont les bénéficiaires et ceux qui les financent. Cela aurait pourtant probablement pu affaiblir la légitimité des acteurs qui s'opposent au changement et améliorer l'acceptabilité de la réforme.
- Le gouvernement n'a pas envisagé de politique de compensation des groupes pouvant subir des pertes économiques du fait de la réforme, ce qui aurait permis de réduire l'intensité des forces d'opposition et leur légitimité vis-à-vis de l'opinion publique.
- Enfin, aucune institution n'a été créée afin de faciliter la création ou la consolidation des coalitions en faveur de la réforme, ce qui aurait permis aux gagnants potentiels de la réforme de participer au débat. On peut penser par exemple à des mesures favorisant l'organisation d'associations de

contribuables urbains, nombreux et peu organisés, en comparaison des groupes de pression en faveur du statu quo.

Cet exemple semble suggérer que, lorsque la réforme de la politique de l'eau d'un pays est confiée à un décideur central et sans concertation avec les principales parties concernées, le décideur public dispose de quatre principaux leviers pour améliorer la faisabilité politique des changements envisagés: augmenter la légitimité de la réforme; rendre les effets de la politique actuelle les plus transparents possibles; compenser les perdants afin de réduire leur opposition; et favoriser l'organisation de coalitions en faveur du changement.

### Un cas de réforme négociée: la France

Le cas de la réforme de la gestion de l'eau mise en œuvre en France depuis près de dix ans est un exemple de processus négocié à différentes étapes.

Au stade de la formulation, les différentes parties prenantes (usagers, gestionnaires, collectivités territoriales, administrations) ont été consultées dans le cadre des assises de l'eau, mises en place en 1990. L'objectif de cette consultation publique était de dresser un bilan de la politique antérieure, de proposer des solutions et de préparer ainsi le futur texte de loi, adopté par le Parlement le 3 janvier 1992.

L'innovation la plus marquante inscrite dans la loi consiste à mettre en place des procédures de planification décentralisées à l'échelle des bassins versants, basées sur la concertation entre les différents acteurs: les Schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE), à l'échelle des grands bassins hydrographiques et les Schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE), à celle des sous-bassins, élaborés respectivement par les Comités de bassins et les commissions locales de l'eau. La composition de ces instances qui regroupent l'ensemble des acteurs concernés par la gestion de l'eau, a fait l'objet de débats parlementaires animés<sup>8</sup>, montrant ainsi que le décideur central a tout à fait conscience qu'il peut de cette façon orienter l'issue de la négociation.

Le premier objectif des SDAGE était de dresser un état des lieux de la ressource et des usages dans le grand bassin. La seconde tâche consistait à fixer des objectifs globaux en termes de quantité et de qualité, la traduction de ces objectifs en instruments de gestion et en programmes opérationnels de travaux devant se faire à une échelle plus locale dans le cadre des SAGE.

Le cas du bassin de l'Adour est particulièrement révélateur des difficultés à mettre en place une structure de négociation permettant d'aboutir à des décisions acceptables par tous (Faÿsse et Morardet, 1999). Ce bassin se caractérise par un important déficit structurel en eau, dû à une progression forte des usages, notamment pour

l'irrigation, non compensée par la mobilisation pourtant croissante de la ressource.

Suite à de nombreuses crises estivales, les différents acteurs de la gestion de l'eau se sont mis d'accord en février 1996 sur une réforme autour de trois objectifs: (i) augmenter les ressources en eau et réduire leur variabilité inter et intra-annuelle par la construction de plusieurs barrages, (ii) contrôler plus strictement les usages de l'eau en imposant, en différents points du bassin, des débits minimum d'étiage plus élevés et des quotas de prélèvement maximum par agriculteur, (iii) assurer l'équilibre financier du système par une facturation de l'eau permettant de couvrir les coûts d'entretien et d'exploitation des barrages.

Ces grands objectifs étant définis, il reste à discuter des modalités concrètes de mise en œuvre de la réforme. La négociation en cours porte sur les débits de référence à respecter dans les cours d'eau et le volume d'eau par affluent alloué à l'irrigation, produit d'un quota par hectare et d'une surface irrigable. Un ensemble d'instances et de procédures définit progressivement, de haut en bas, les valeurs de ces débits et volumes:

- Le SDAGE, signé fin 1996 au niveau du bassin Adour-Garonne, définit les débits de référence en trois points principaux.
- À l'échelle du bassin de l'Adour, le Plan de gestion des étiages (PGE) fixe les règles de partage de la ressource en situation normale et en situation de crise. Ce plan est négocié entre les différentes parties prenantes. Il doit définir, pour chaque affluent, le volume d'eau utilisable par l'irrigation et les débits à respecter en aval de l'affluent.
- Pour chacun des affluents bénéficiant d'une retenue en tête, une commission (dite de vecteur) réunissant le gestionnaire, des usagers (agriculteurs, pêcheurs, syndicats d'alimentation en eau potable), des élus et l'administration, alloue ce volume d'eau aux agriculteurs sous forme de quotas individuels sur la base d'une surface irriguée de référence (gestion dite maîtrisée). Lorsque la demande est supérieure à l'offre, une liste d'attente est mise en place. La commission fixe également la contribution financière des agriculteurs.

Bien qu'encore inachevé le dispositif de gestion de l'eau mis en place dans le bassin de l'Adour présente des points positifs, qui favorisent l'acceptabilité de la réforme:

- Depuis le début des années 1970, les acteurs ont acquis en commun une meilleure connaissance du bassin (état de la ressource, impacts des choix de gestion) et de leurs points de vue respectifs, ce qui n'aurait pas été possible s'ils avaient dû acquérir cette information de façon séparée. Cette connaissance commune a permis de poser un diagnostic accepté par tous et de définir clairement l'espace de négociation (variables négociées et leur intervalle de variation). D'une façon générale, on constate que cette dernière précaution permet de limiter les contestations ultérieures et de vérifier que la solution négociée est compatible avec les objectifs initialement visés par le décideur public (donc acceptable par lui).
- L'utilisation du bassin versant comme échelle géographique de planification et de gestion permet de définir facilement les limites de la ressource, les personnes pou-

8. Alors que le projet initial de loi sur l'eau proposait la constitution de trois collèges (collectivités locales, usagers, administration) d'effectif égal, les parlementaires ont finalement donné un poids plus important aux élus locaux.

vant y accéder et donc les participants potentiels à la négociation. La définition initiale des participants à la négociation est particulièrement importante pour éviter que la décision soit remise en cause par un ou plusieurs acteurs absents du processus de négociation.

- Enfin, une structure institutionnelle en niveaux emboîtés avec des lieux de concertation formels accueille l'ensemble des usagers à différentes échelles: comité de bassin, commission du plan de gestion des étiages, commissions de vecteurs. Le choix d'une négociation procédurale, c'est-à-dire intervenant à chacun des échelons successivement du plus large au plus étroit, permet d'éviter que plusieurs échelons ne proposent des solutions conflictuelles.

Par contre certaines incertitudes risquent de remettre en cause l'acceptabilité de la réforme:

- Le manque de clarté sur les mécanismes de décision au sein des commissions d'une part, et la possibilité de remise en cause des décisions locales par le gouvernement central d'autre part, freinent l'engagement de certains acteurs dans la négociation.

- L'absence de textes réglementaires fixant le fonctionnement des instances de négociation, propres à ce bassin (commission du PGE, commission de vecteur), pose la question de la légitimité de l'accord issu de la négociation et de son respect ultérieur. À cet égard, Barraqué (1997) insiste sur l'importance de «*méthodes formelles de médiation des intérêts en présence et de construction collective et négociée de la décision*», pour assurer la transparence du processus décisionnel (des règles de négociation définies à l'avance et acceptées par les parties prenantes) et réduire les coûts de transaction; la présence d'un tiers étranger (c'est-à-dire sans intérêt par rapport à l'issue de la négociation) jouant le rôle d'animateur de la négociation et de médiateur, est particulièrement recommandée.

- Le poids respectif des différentes catégories d'acteurs dans la négociation est clairement inégal: la faiblesse et l'inorganisation des associations de protection de la nature les conduisent à abandonner le terrain de la négociation pour celui de l'action juridique, alors que la forte organisation interne des intérêts agricoles leur permet de préparer des positions communes avant les réunions plénières des commissions.

- La représentation institutionnelle des irrigants par les chambres départementales d'agriculture ne reflète pas forcément la diversité de leurs intérêts (individuels ou association, irrigation à partir d'eau de surface ou souterraine), ce qui peut faire craindre une remise en cause des accords conclus en leur nom par certains de ces agriculteurs.

- Le mode actuel de financement de la gestion de l'eau présente plusieurs ambiguïtés: la participation financière des usagers au fonctionnement du système de gestion n'est acquise que sur les affluents en gestion maîtrisée; pour ces derniers, la contribution directe des usagers agricoles via la redevance versée au gestionnaire coexiste avec l'aide à la gestion des étiages, qui représente la contribution des usagers non agricoles mutualisée au travers de la redevance versée à l'agence de l'eau; enfin, le partage de fait du financement entre d'une part les collectivités et l'agence pour les investissements, et d'autre part les

usagers pour le fonctionnement, ne repose sur aucun accord formalisé.

Cet exemple montre que le fait qu'il y ait concertation des acteurs et négociation des modalités de la réforme n'implique pas nécessairement que cette réforme soit acceptable. Pour cela, il faut que tous les acteurs concernés par l'issue de la négociation en acceptent les modalités de déroulement, pour éviter l'absence d'accord au bout du temps imparti ou la contestation ultérieure de la solution finalement retenue. Pour augmenter l'acceptabilité de la solution négociée, l'exemple du cas français suggère les recommandations suivantes (Faÿsse, 1998):

- un espace de négociation (variables de négociation et intervalles de variation) doit être clairement défini,

- les compétences des différents échelons de négociation et la reconnaissance des décisions prises aux niveaux décentralisés par les échelons supérieurs doivent être bien délimitées,

- tous les acteurs concernés à l'échelon considéré doivent participer à la négociation,

- les négociateurs doivent être représentatifs des acteurs au nom desquels ils prennent des décisions,

- des procédures formelles de négociation transparentes et acceptées par tous doivent être mises en place,

- des compensations financières entre les parties prenantes doivent être envisagées.

On ne saurait trop insister sur le fait que la négociation est un processus d'apprentissage pour les acteurs de la gestion de l'eau, de construction d'une vision commune, un de ses premiers objectifs étant de «*faire en sorte que les acteurs voient le monde suffisamment de la même manière pour accepter de coordonner leurs efforts*» (Barraqué, 1997). Par ailleurs, même si toutes les conditions ci-dessus sont réunies, la table de négociation n'en demeure pas moins un lieu de confrontation d'intérêts contradictoires d'où la persistance du risque de conflit.

## Conclusion

Dans le domaine de l'eau, la dernière décennie se caractérise par un mouvement de réforme généralisé des modes de gestion de la ressource, qui rencontre cependant des résistances fortes de la part de différents acteurs. Ces résistances n'ont pas toujours été anticipées par les promoteurs des réformes et en compromettent parfois la mise en application ou en atténuent le succès. Il nous est apparu important, pour identifier ces résistances, d'en analyser les causes et de proposer des solutions pour les diminuer, de représenter le processus de réforme de gestion de l'eau comme un processus dynamique. Sa décomposition en plusieurs phases n'interdit pas dans la pratique les remises en cause partielles des décisions prises aux étapes antérieures.

L'analyse plus approfondie de deux cas de réforme, l'un dans un pays en développement, le Pakistan, l'autre dans un pays développé, la France, montre que les résistances s'expriment à des stades différents du processus de réforme (respectivement phase de formulation de la politi-

que et phase de mise en œuvre) et prennent des formes variées selon que la réforme est décidée de manière centralisée ou au contraire s'appuie sur des procédures de décision concertée à un échelon local.

La comparaison, à la fois des difficultés identifiées et des solutions recommandées dans les deux cas, met en évidence les différences fondamentales entre les deux situations. La première de ces différences concerne la phase du processus de réforme à laquelle se pose le problème de l'acceptabilité: relativement en amont, lors de la phase de formulation de la politique, dans le cas d'une réforme top-down ou au contraire plus en aval, lors de la mise en œuvre de la politique, dans un processus plus décentralisé. Les deux situations se distinguent également par le rôle du décideur central: il demeure au cœur de la décision dans le premier cas, assurant la synthèse des différentes pressions qu'il subit, alors que, dans le deuxième cas, il laisse *a priori* plus de place aux affrontements directs entre les parties prenantes, bien qu'il reste présent dans le processus de négociation et qu'il puisse l'orienter en choisissant les participants à la table de négociation et en fixant les règles du jeu. Enfin, les caractéristiques des acteurs amenés à s'exprimer varient d'une situation à l'autre: dans le cas d'une décision de réforme centralisée, les acteurs intervenant dans l'arène politique pendant la phase de formulation, sont en général institutionnalisés (syndicats, partis) et bien organisés; au contraire, dans la phase de mise en œuvre, la table de négociation s'ouvre à des acteurs plus proches du terrain, plus en prise avec les questions spécifiques de l'eau, plus diversifiés aussi car ceux qui sont moins bien organisés ont plus facilement l'opportunité d'exprimer leur point de vue qu'à l'échelon central (même si leur poids politique demeure faible).

Au-delà de ces dissemblances, les deux types de situations présentent un certain nombre de similitudes. On soulignera notamment l'importance du choix des acteurs présents dans l'arène politique ou à la table de négociation, de leur poids politique et de leur légitimité. Dans tous les

cas, la mise en place d'institutions qui facilitent l'accès à l'arène politique ou à la table de négociation des acteurs favorables à la réforme, mais peu organisés ou de poids politique faible, est recommandée pour renforcer l'acceptabilité des réformes. Par ailleurs, le rôle crucial de l'information est mis en avant dans toutes les phases du processus de décision: au moment du diagnostic, pour l'identification des problèmes à résoudre et le choix des variables d'action; dans la phase de formulation, sur l'évaluation et la répartition des rentes actuelles et des bénéfiques attendus de la réforme; au stade de la mise en œuvre, sur l'espace de négociation et le choix des règles de décision. À tout moment, la circulation de l'information permet d'assurer une représentation commune du système ressource — acteurs, limitant les comportements stratégiques et réduisant les résistances ultérieures. Enfin, on retrouve, dans les deux phases de réforme, dans les deux modes de décision, une même notion de compensation accordée aux acteurs lésés par la réforme, à condition que les rentes qui justifient cette compensation soient considérées comme légitimes par l'ensemble des autres acteurs.

Au terme de cette analyse, des interrogations demeurent quant aux avantages comparés des procédures de réforme centralisée ou décentralisée en termes non seulement d'efficacité économique mais aussi d'acceptabilité. Le cas de la France montre qu'une procédure concertée ne garantit en rien l'absence de résistance. Un approfondissement de l'analyse des négociations dans le domaine de l'eau, utilisant notamment la théorie des jeux (Morardet *et al.*, 1998), est une voie possible de recherche. La mise en perspective des travaux théoriques sur la décentralisation et des observations empiriques dans le domaine de l'eau paraît également nécessaire.

Jean-Daniel RINAUDO • Sylvie MORARDET

CEMAGREF, Unité de recherche Irrigation, Montpellier

Remerciements: Les auteurs remercient l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne pour avoir participé au financement de cette recherche, ainsi que les deux référés anonymes pour leurs commentaires sur une version antérieure de cet article.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adams G., Rausser G., Simon L. *Modeling multilateral negotiations: an application to California water policy*. J. of Economic Behavior and Organization 1996, 30, pp. 97-111.
- Barraqué B. *Les politiques de l'eau en Europe*. La Découverte. Paris, 1995, pp. 165-201.
- Barraqué B. *Subsidiarité et politique de l'eau*. In Territoires et subsidiarité: l'action publique locale à la lumière d'un principe controversé. L'Harmattan, Paris, 1997, pp. 165-201.
- Becker G.S. *A theory of competition among pressure groups for political influence*. Quarterly J. of Economics, 1983, 98 (3), pp. 371-399.
- Carldart C.C., Ashford N.A. *Negotiation as a means of developing and implementing environmental policy*. MIT working paper, mai 1998.
- Crosby B.L. *Policy implementation: the organizational challenge*. World Development, 1996, 24 (9), pp. 1403-1415.
- Dinar A., Balakrishnan T. K., Wambia J. *Political economy and political risks of institutional reforms in the water sector*. Policy Working Paper, 1987, World Bank, Washington DC, 1998, 37 p.
- FAO. *Reforming water resources policy. A guide to methods, processes and practices*. Irrigation and Drainage Paper n° 52. FAO, Rome, 1994.
- Faÿsse N. *L'eau entre État et usagers dans le bassin de l'Adour: de la gestion réglementaire à la gestion concertée?* Mémoire de DEA. Université de Montpellier II, 1998.
- Faÿsse N., Morardet S. *La mise en place d'une gestion négociée de l'eau en France: l'exemple de la gestion*

- des étiages sur le bassin de l'Adour.* Actes du 17<sup>e</sup> congrès de la CIID, Grenade, sept. 1999, vol. 1F, 18 p.
- Grindle M.S., Thomas J.W. *Public choices and policy changes: the political economy of reform in developing countries.* John Hopkins University Press, Baltimore, 1991, 222 p.
- Haggard S., Kaufman R. *Institutions and economic adjustment.* Princetown Paperbacks, 1992.
- Kazmierczak R.F., Hughes D. *Reasonable value and the Role of Negotiation in agriculture's Use of the Environment.* Staff Paper, 96-09, Dept. of Agricultural Economics and Agribusiness, Louisiana State University, Baton Rouge, 1996.
- Krueger A.O. *The political Economy of the rent-seeking society.* American Economic Review 1974, 64 (3), pp. 291-303.
- Morardet S., Rio P., Thoyer S., Gleyses G., Claude D. *Les négociations autour de la gestion de l'eau dans le bassin de l'Adour: une approche par la théorie des jeux.* Journées de l'AFSE, Economie de l'environnement et des ressources naturelles, Toulouse, 11-12 mai 1998.
- OCDE. *Water resources management: integrated policies.* OCDE, Paris, 1989.
- Reisner M. *Cadillac desert: the American West and its disappearing water.* Penguin, New York, 1993.
- Rinaudo J.-D., Thoyer S., Strosser P. *Rent-seeking behaviour and water distribution: a Southern Punjab irrigation scheme, Pakistan.* In: Kay, Frank et Smith. Water: Economics, management and demand. E&FN Spon, London, 1997, pp. 81-89.
- Rinaudo J.-D., Tahir Z. *The political economy of institutional reform in Pakistan irrigation sector.* Working Paper WP 99-02. CEMAGREF, Montpellier, 1999, 14 p.
- Salles D., Zelem M.-C. *Les modalités de la décision publique dans le cadre des politiques de gestion de l'eau. Le cas des contrats de rivière dans le Bassin Adour-Garonne.* In Pivot J.-M., Gestion des territoires ruraux: connaissances et méthodes pour la décision publique. Actes du colloque, Clermont-Ferrand, 27-28 avril 1998, CEMAGREF Editions, 1998, pp. 39-53.
- Thoyer S. *The political economy of structural adjustment reforms in the context of non democratic countries: the case of the sugar sector in Morocco.* Ph.D. dissertation, Wye College, London, 1996, 373 p.
- Vermillion D. *Impact of irrigation management transfer: a review of evidences.* Colombo: IIMI, Research Report, 1997, 11.
- Wade, Robert. *The system of administrative and political corruption: canal irrigation in south India.* J. of Development. Studies 1982, 18 (3), pp. 287-328.
- World Bank. *Water resources management.* World Bank policy paper. Washington DC, 1993.
- World Bank. *Pakistan: irrigation and drainage issues and options.* Report n° 11884-PAK. World Bank, Washington DC, 1994.

# Fiabilité des résultats de la méthode d'évaluation contingente et modes d'interrogation

## Une application à la ressource en eau souterraine

Utilisée, dans le cadre d'une analyse coûts-bénéfices, pour évaluer les bénéfices liés à un programme environnemental, la méthode d'évaluation contingente (MEC) occupe, depuis une quinzaine d'années, une place quasi-centrale dans la définition des actions publiques en matière d'environnement. Cette méthode de valorisation des biens non-marchands a ainsi fait l'objet de nombreuses applications, en particulier aux États-Unis et en Europe du Nord (Navrud et Pruckner, 1997). L'objectif de la MEC est de créer et de simuler un marché afin de révéler les préférences des individus pour un changement qualitatif spécifié, de manière à parvenir à des évaluations proches de celles qui seraient obtenues sur un marché réel. Dans la pratique, les caractéristiques et les dimensions du marché hypothétique sont transmises à un échantillon d'individus, généralement dans le cadre d'une enquête, afin qu'ils expriment leur disponibilité à payer pour bénéficier de la modification de la qualité environnementale proposée. La méthode d'évaluation contingente, du fait de sa flexibilité, permet ainsi d'évaluer des biens de nature différente mais également d'estimer les bénéfices liés au non-usage de ces actifs. Néanmoins, bien que la MEC soit la technique d'évaluation des biens environnementaux la plus fréquemment utilisée, de vives controverses persistent remettant en cause la fiabilité des valeurs obtenues (Hausman, 1993; Amigues *et al.*, 1996). Une question fondamentale est de savoir si la méthode d'évaluation contingente permet de procurer des estimations des disponibilités à payer fiables, c'est-à-dire comparables, quelle que soit la procédure de révélation de la valeur ou le mode d'interrogation utilisé. Or, la fiabilité des résultats est, dans ce cas, cruciale puisqu'elle légitime l'utilisation de cette méthode pour fonder les décisions publiques dans le domaine de l'environnement.

Dans ce contexte, le *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) a réuni, en 1992, un comité d'experts afin de s'interroger sur la fiabilité des valeurs contingentes, notamment lorsque des valeurs de non-usage sont estimées. Cette commission a élaboré un guide, regroupant un ensemble de recommandations, pour concevoir et mener une évaluation contingente de manière à ce que les résultats fournissent une information fiable (Arrow *et al.*, 1993). Nous nous intéressons, dans ce

papier, à l'une de ces recommandations: la préconisation de l'utilisation d'interviews en «face à face». Le comité note alors que: «... il est peu probable que des estimations fiables des valeurs puissent être obtenues avec des enquêtes postales. Les interviews en «face à face» sont d'ordinaire préférables, bien que les interviews par téléphone aient des avantages en termes de coûts et de supervision centralisée» (Arrow *et al.*, op. cit.). Deux difficultés inhérentes à l'utilisation d'enquêtes postales sont soulignées par les auteurs: d'une part, un problème d'échantillonnage résulte de l'utilisation de listes ne couvrant qu'une partie de la population; d'autre part, des taux de non-réponse élevés ne permettent pas de garantir une sélection aléatoire des ménages interrogés. Dans ce cadre, des traitements statistiques permettant de minimiser et de compenser ces deux types de biais ont depuis longtemps été développés (Mitchell et Carson, 1989).

Pourquoi, dès lors, privilégier le mode d'interrogation par interviews au détriment des enquêtes postales et ceci d'autant plus que les études menées, depuis le début des années 70, sur les effets du mode d'administration sur la qualité des données collectées ne permettent pas de corroborer ce choix? S'appuyant sur la comparaison des distributions des réponses à des questions similaires posées soit par voie postale, soit par interviews en «face-à-face» ou téléphoniques, ces travaux ont en effet permis d'identifier les avantages et inconvénients des différents modes d'administration (Ornstein, 1998). Ainsi, il est largement reconnu que les enquêtes par interviews permettent de parvenir à des taux de non-réponse relativement faibles mais engendrent un biais, lié au comportement ou au physique de l'enquêteur, pouvant affecter de manière significative les réponses des personnes interrogées (Aquilino, 1994). Ce type de biais peut toutefois être minimisé en formant les enquêteurs de manière à ce qu'ils conduisent leurs interviews de manière uniforme. Une vérification *ex post* de l'absence d'un tel biais peut par ailleurs être faite en comparant les réponses obtenues par chacun des enquêteurs auprès d'échantillons équivalents. Les enquêtes postales permettent, pour leur part, d'éviter les problèmes d'interaction sociale provoqués lors des interviews par la présence d'un enquêteur (Krysan *et al.*, 1994). Elles sont également moins onéreuses mais, comme le souligne

le rapport du NOAA, posent des problèmes d'échantillonnage et de non-réponse.

Face aux avantages et inconvénients de chacun des modes d'interrogation, de nombreux praticiens de l'évaluation contingente ont exprimé leur opposition à la préconisation du panel NOAA, tout en soulignant la nécessité de mener des travaux complémentaires afin de confronter les valeurs contingentes obtenues par enquête postale et par interrogations directes (voir, par exemple, McClelland *et al.*, 1993; Carlin, 1994). À notre connaissance, aucune confrontation de ce type n'a en effet été à ce jour réalisée.

Dans cette optique, ce papier se propose d'apprécier la fiabilité des résultats d'une évaluation contingente en estimant la sensibilité des valeurs obtenues au mode d'interrogation utilisé: interviews directes ou enquête postale. Pour tester l'hypothèse d'indépendance des réponses au mode d'interrogation utilisé, nous comparerons les résultats de deux études d'évaluation contingente menées pour évaluer les bénéfices associés à la préservation de la qualité de la ressource en eau souterraine de la plaine de Bièvre-Liers (Isère). Parce que près de 60 % des personnes interrogées par enquête postale refusent de répondre à la question de révélation de leur disponibilité à payer, nous nous intéressons dans une première section aux biais liés aux non-réponses, et aux techniques proposées pour les résoudre. La section 2 présente le site d'étude et les protocoles d'évaluation utilisés lors de ces enquêtes. Les résultats des tests relatifs aux biais de non-réponse, effectués pour les deux échantillons, sont présentés dans la section 3. Dans la dernière section, nous analysons les résultats de la comparaison des disponibilités moyennes à payer calculées pour les deux échantillons.

### Méthode d'évaluation contingente et biais de non-réponse

Parce que les taux de non-réponse obtenus dans les études d'évaluation contingente sont souvent élevés, de nombreux auteurs se sont intéressés aux biais potentiels qu'ils pouvaient engendrer (voir, par exemple, Edwards et Anderson, 1987; Loomis, 1987). En particulier, deux types de biais de non-réponse susceptibles de fausser les estimations des disponibilités à payer ont été identifiés.

Le premier résulte du fait qu'une partie de l'échantillon ne répond pas au questionnaire, soit parce que les personnes interrogées refusent de renvoyer le questionnaire, soit parce qu'elles sont absentes de leur domicile au moment de l'enquête. Dès lors, il est possible que l'échantillon enquêté ne soit pas représentatif de la population dans son ensemble, tant au regard des caractéristiques socio-économiques que de la valeur attribuée au bien évalué<sup>1</sup>. Pourtant, il est difficile d'estimer l'ampleur de ce biais, puisque l'on ne dispose généralement pas de l'information

1. En effet, comme le notent Mitchell et Carson (1989), il est probable que les personnes qui ne répondent pas à l'enquête sont celles qui sont le moins intéressées par le bien évalué et qui lui attribuent une valeur moindre.

relative aux personnes qui n'ont pas répondu. Il est néanmoins possible de déterminer si un biais d'échantillonnage résulte d'un taux élevé de non-réponse. La procédure consiste à vérifier la représentativité de l'échantillon utilisé pour l'analyse en comparant les données obtenues aux principales caractéristiques socio-économiques de la population. Si un biais d'échantillonnage est mis en évidence, il convient de le corriger en pondérant les données de l'échantillon enquêté.

Le deuxième type de biais de non-réponse résulte du fait qu'une partie de la population ayant renvoyé le questionnaire ne répond pas à la question de révélation de la disponibilité à payer. Ce problème est rencontré dans la plupart des études d'évaluation contingente, des taux de non-réponse à la question d'évaluation situés entre 15 et 30 % étant fréquemment observés. Ce type de biais est généralement appelé «biais d'auto-sélection», les individus s'excluant eux-mêmes de l'échantillon utilisé pour l'analyse (Desaigues et Point, 1993). Toutefois, un biais d'auto-sélection n'apparaît que si la probabilité d'obtenir une réponse à la question d'évaluation est liée à la disponibilité à payer des individus pour le bien évalué. Un moyen de tester l'existence d'un tel biais est d'utiliser la procédure d'estimation en deux étapes développée par Heckman (1979). Ce dernier propose de définir le biais d'auto-sélection par un modèle à deux équations et un échantillon aléatoire de  $N$  observations.

Appliquées à l'estimation du consentement à payer, les équations pour chaque individu s'écrivent:

$$(1) \text{ modèle de régression: } CAP_i = \beta x_i + \varepsilon_i$$

$$(2) \text{ mécanisme de sélection: } BID_i = \gamma w_i + \mu_i \quad (i = 1, \dots, N)$$

où  $x_i$  et  $w_i$  les vecteurs des régresseurs exogènes correspondant respectivement aux coefficients  $\beta$  et  $\gamma$ ,  $\varepsilon_i$  et  $\mu_i$  les vecteurs des résidus,  $(\mu_i, \varepsilon_i) \sim N [0,0,1,\sigma_\mu, \rho]$  où  $\rho$ , coefficient de corrélation,

$CAP_i$  le consentement à payer de la  $i$  personne,

$BID_i$  une variable muette, avec, par exemple  $BID = 1$ ,

si le  $CAP > 0$ , et  $BID = 0$  sinon.

Pour les individus ayant révélé un  $CAP$  positif, l'équation (1) s'écrit:

$$E[CAP_i / x_i, BID_i = 1] = \beta x_i + E[\varepsilon_i / BID_i = 1] \\ = \beta x_i + \rho \sigma_\varepsilon \lambda_\gamma(\gamma w_i)$$

$$\text{avec } \lambda_\gamma(\gamma w_i) = \frac{\phi(\gamma w_i)}{\Phi(\gamma w_i)} \text{ et } \rho \sigma_\varepsilon = \beta_\lambda$$

et  $\phi(\gamma w_i)$ , fonction de densité de la loi normale centrée réduite

$\Phi(\gamma w_i)$ , fonction de répartition de la loi normale centrée réduite

Il existe un biais d'auto-sélection si  $\varepsilon_i$  et  $\mu_i$  sont dépendants. Dans le cas contraire, l'espérance conditionnelle de  $\varepsilon_i$  est nulle et la fonction de régression pour la population dans son ensemble est identique à l'équation de régression [1] estimée pour le sous-échantillon d'individus ayant révélé un consentement à payer positif.

En s'appuyant sur ce modèle, Heckman propose une procédure en deux étapes pour tester l'existence du biais d'auto-sélection. Dans un premier temps, il s'agit d'estimer, en utilisant un modèle probit, les coefficients de l'équation [2], c'est-à-dire de la probabilité que les individus révèlent un CAP positif, pour l'ensemble des observations. On calcule alors à partir des résultats précédents une estimation de  $\lambda_i$  lequel est une fonction monotone décroissante de la probabilité qu'une observation soit sélectionnée dans l'échantillon. L'estimation de  $\lambda_i$  peut ensuite être utilisée comme régresseur dans l'équation [1], ce qui revient à estimer, en utilisant uniquement les observations pour lesquelles les consentements à payer sont positifs, l'équation suivante:

$$CAP_i = \beta x_i + \beta_\lambda \lambda_i + \omega_i \text{ avec } E(\omega_i) = 0$$

Si  $\beta_\lambda$  n'est pas significativement différent de zéro, il n'existe pas de biais d'auto-sélection et l'équation de régression [1] est représentative de la population dans son ensemble. Par contre, s'il existe un biais d'auto-sélection, l'estimation des erreurs standard de la régression est incorrecte et des méthodes de correction doivent être utilisées pour obtenir des estimations non-biaisées (Greene, 1981).

La procédure en deux étapes développée par Heckman permet ainsi non seulement de tester l'existence d'un biais d'auto-sélection mais également d'estimer les disponibilités à payer des individus qui ont refusé de répondre à la question d'évaluation. Elle est donc appropriée pour traiter les résultats des études d'évaluation contingente pour lesquelles des taux élevés de non-réponse à la question de révélation du consentement à payer ont été obtenus.

## Evaluation monétaire de la préservation de la ressource en eau souterraine

La méthode d'évaluation contingente a été peu utilisée pour évaluer les bénéfices liés à un changement qualitatif de la ressource en eau souterraine. Une quinzaine d'études seulement peut ainsi être recensée<sup>2</sup> dont deux en France (Stenger-Letheux, 1994; Rozan *et al.*, 1997). Pourtant, ce type d'estimation permet, dans le cadre d'une analyse coûts-bénéfices, de s'assurer de l'acceptabilité des programmes d'amélioration ou de préservation de la qualité des eaux souterraines envisagés.

### 1. Le site d'étude

L'objectif de l'étude d'évaluation contingente menée est d'évaluer la disponibilité à payer des ménages de la plaine de Bièvre-Liers pour la préservation de la qualité de la nappe phréatique. Cette zone, située à une quarantaine de kilomètres au nord-ouest de Grenoble, est caractérisée par l'existence de sols fertiles et filtrants et la présence d'un aquifère souterrain puissant, mais d'une grande fragilité au niveau de la qualité des eaux. Le problème de la pollu-

tion de la nappe phréatique par les nitrates est, depuis le milieu des années soixante-dix, croissant. Cette dégradation de la qualité de la ressource en eau souterraine est imputable pour les trois quarts aux pratiques agricoles intensives, les pollutions domestiques, industrielles et celles liées à la présence des forêts n'y contribuant respectivement que pour 12 %, 2,5 % et 10,5 %. L'eau potable distribuée dans cette zone provenant en grande partie de la nappe phréatique, l'absence de toute action correctrice conduirait à un déséquilibre croissant entre l'offre et la demande des usagers pour une eau d'une qualité donnée. Aussi, la mise en œuvre d'un programme de lutte contre les pollutions nitriques, permettant de préserver la qualité de la ressource en eau souterraine à long terme, est envisagée. Ce programme implique une modification des pratiques culturelles actuelles, notamment par la gestion de l'azote et de l'interculture. Une simulation de l'application de ces scénarios à l'ensemble de la plaine de Bièvre-Liers, en fonction des risques de pollution associés à chacune des pratiques culturelles, a permis d'évaluer la faisabilité technique et le coût annuel de ce programme de préservation de la qualité de la nappe phréatique à 458 F par ménage<sup>3</sup> (Vachaud, Mollard, 1998).

### 2. Le protocole d'évaluation

Pour estimer la sensibilité des valeurs contingentes au mode d'interrogation utilisé, nous avons mené, à six mois d'intervalle, deux enquêtes – l'une par interviews directes et l'autre par enquête postale – auprès de deux échantillons représentatifs de la population. Le questionnaire contingent, utilisé pour les deux enquêtes, présentait le scénario servant de base à l'évaluation avant de demander à la personne interrogée de révéler sa disponibilité à payer pour éviter le risque d'une augmentation des quantités de nitrates dans l'eau de la nappe phréatique. Ce questionnaire a également permis de collecter des données concernant l'opinion des individus enquêtés sur la qualité et sur le prix de l'eau qu'ils reçoivent à leur robinet, et d'obtenir les caractéristiques socio-économiques des personnes interrogées.

Le scénario contingent retenu était le suivant. Après une phase de présentation de la ressource en eau souterraine de la plaine de Bièvre-Liers, les individus sont informés de la dégradation de la qualité de l'eau de cette nappe constatée depuis une vingtaine d'années, de l'origine de cette pollution et des conséquences futures sur l'approvisionnement en eau potable. La possibilité que l'eau souterraine devienne dans dix ans<sup>4</sup> impropre à la consommation, si les pratiques agricoles actuelles ne changent pas, leur est ensuite annoncée. Face au risque d'une augmentation importante des teneurs en nitrates de l'eau de la nappe phréatique, il leur est proposé de mettre en place un programme de préservation de la qualité de la ressource en

3. Cette partie du travail de terrain a été conduite par A. Lacroix, C. Poulat, et F. Bel, de l'équipe R&A, avec l'aide de C. Armand.

4. Le choix d'une échéance de 10 ans résulte de l'évolution prévisible de la qualité de l'eau de la nappe phréatique de la plaine de Bièvre-Liers.

2. Voir, par exemple, Boyle *et al.* (1995), Sukharomana et Supalla (1998).

eau souterraine. Ce programme est brièvement décrit, le coût annuel par ménage de sa mise en œuvre étant alors précisé<sup>5</sup>.

La phase de révélation de la disponibilité à payer de la personne interrogée et de compréhension des réponses à la question d'évaluation intervient alors. Le véhicule de paiement retenu est une augmentation de la facture d'eau pour une année. La question d'évaluation est une question ouverte [cf. annexe 1]. Ce type de question consiste à demander directement à la personne interrogée combien elle serait prête à payer au maximum pour bénéficier du changement qualitatif du bien. Le choix du format de la question d'évaluation a été fait en s'appuyant sur de récents résultats de l'expérimentation en laboratoire. En effet, aucun des formats de question d'évaluation existants n'apparaît limiter le biais hypothétique résultant du fait que les individus interrogés ne sont pas confrontés à un marché réel mais à un marché hypothétique, ceux-ci modifiant largement leurs réponses lorsque des transactions monétaires effectives sont introduites (voir la synthèse de Foster *et al.*, 1997). D'autre part, des expériences récentes ont montré que le mécanisme de révélation de la disponibilité à payer le plus fréquemment utilisé dans le cadre d'une MEC – la méthode du référendum – conduisait les personnes interrogées à surestimer leur disponibilité à payer (Brown *et al.*, 1996; Lunander, 1998). Au contraire, les questions ouvertes apparaissent limiter ce type de biais. Neill *et al.* (1994) ont ainsi montré, en comparant les distributions des CAP obtenus dans un cadre d'hypothétique au moyen d'une question ouverte et d'un mécanisme de révélation incitatif (enchère de Vickrey), que ce format de question incite les individus à révéler leur véritable préférence pour le bien évalué. Les questions d'évaluation ouvertes permettent, de plus, de réduire de manière significative la taille de l'échantillon d'individus devant être interrogé.

### 3. Le protocole d'enquête

Afin d'assurer l'acceptabilité du questionnaire retenu, sept enquêtes approfondies de pré-test ont, dans un premier temps, été effectuées. L'enquête par interviews en «face à face» a été réalisée en octobre 1997 auprès d'un échantillon représentatif de 108 ménages constitué selon deux caractéristiques: le caractère rural ou urbain ( $\geq 2000$  hab.) de la commune où habitent les ménages et la catégorie socioprofessionnelle de la personne interrogée. Dans cette configuration, 100 questionnaires se sont révélés exploitables. Dans une seconde phase, une enquête postale a été réalisée de juin à octobre 1998 auprès d'un échantillon de 1100 ménages tirés aléatoirement dans l'annuaire téléphonique. Le taux de réponse obtenu est de 16,4 %, en tenant compte du nombre de questionnaires qui ne sont pas parvenus à leur destinataire (46), soit 173 questionnaires.

5. Cette information a été fournie aux personnes interrogées de manière à ce que les résultats de ces deux études d'évaluation contingente puissent être mis en parallèle avec ceux d'une série d'expériences de valorisation menées en complément des ces enquêtes.

## Résultats des tests relatifs aux biais de non-réponses

Avant de tester l'existence de biais liés aux non-réponses, à la fois pour l'enquête directe et pour l'enquête postale, une comparaison des taux de consentement à payer (CAP) positifs et des taux de non-réponse à la question d'évaluation obtenus dans les deux enquêtes est effectuée afin d'apprécier les différences entre les résultats de ces deux échantillons.

### 1. Comparaison des taux de non-réponse et de CAP positifs observés pour les deux échantillons

Les taux de non-réponse à la question d'évaluation et de CAP positifs, calculés pour les deux échantillons d'individus enquêtés, sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Taux de non-réponse à la question d'évaluation et de CAP positifs selon le mode d'interrogation

	Interviews en face à face	Enquête postale
Questionnaires exploitables	100	173
Taux de CAP positif	81 %	31,21 %
Taux de CAP nuls (en excluant les zéro de protestation)	7 %	10,41 %
Taux de non-réponse à la question d'évaluation ou zéro de protestation	12 %	58,38 %

La confrontation de ces caractéristiques met en évidence le taux extrêmement élevé des refus de répondre à la question d'évaluation ou des zéros de protestation exprimés lors de l'enquête postale: 58,38 % des personnes ayant renvoyé le questionnaire. Ce taux de non-réponse est nettement supérieur à ceux observés dans les études d'évaluation contingente existantes portant sur la ressource en eau souterraine, généralement proches de 15 % (Edwards, 1988; Jordan et Elnagheeb, 1993). Deux explications de la proportion importante de refus de répondre à la question d'évaluation observée dans notre étude peuvent être avancées. La première concerne la procédure d'identification des refus de répondre et des protestations. Dans cette étude, les individus avaient le choix entre exprimer un consentement à payer, refuser de répondre ou indiquer qu'ils ne savaient pas répondre à cette question. Un ensemble de questions permettant de comprendre ce choix leur était ensuite posé. L'analyse des réponses à ces deux catégories de questions montre que 23,7 % des personnes ayant renvoyé l'enquête refusent de répondre à la question d'évaluation et 27,2 % déclarent «ne pas savoir». D'autre part, 37,8 % des personnes ne répondant pas à la question d'évaluation ou exprimant un CAP nul déclarent que «c'est aux pollueurs de payer» et 63,2 %, que leur ménage ne devrait pas avoir à payer pour la préservation de la qualité de l'eau souterraine. Nous avons identifié les refus de répondre et les CAP nuls de protestation en croisant ces deux variables. Or, dans les études d'évaluation contingente, il apparaît que l'identification des réponses de protestation et des refus est généralement basée sur les seules questions de compréhension du CAP révélé, les

individus ne pouvant pas directement refuser de répondre. En laissant ce choix aux personnes enquêtées, nous les avons sans doute incité à refuser le principe de l'évaluation<sup>6</sup>.

La deuxième explication concerne la définition des droits de propriété de la ressource en eau souterraine qui découle implicitement du scénario contingent proposé. En effet, les individus sont informés que la pollution nitrique de la nappe phréatique est essentiellement d'origine agricole. Aussi, il est normal que certains considèrent qu'ils ne devraient pas avoir à payer pour une pollution dont ils ne sont pas responsables. Toutefois, l'attribution des droits de propriété de la ressource en eau aux consommateurs, et non aux agriculteurs, nécessiterait d'estimer le consentement à recevoir des usagers pour qu'ils acceptent une dégradation de la qualité de l'eau. Or, ce type d'évaluation pose de nombreux problèmes conduisant, notamment, à une surestimation des bénéfices de la préservation de la qualité environnementale (Morrison, 1998).

6. Peu d'études ont été menées sur l'effet sur les résultats d'une MEC de l'ajout de l'item «refus de répondre» à la question d'évaluation. Carson *et al.* (1995) ont étudié l'effet de l'adjonction de ce type de choix sur les réponses à une question d'évaluation de type référendum lors d'une MEC sur la prévention contre la pollution pétrolière des côtes américaines. Ils montrent que la possibilité de refuser explicitement de répondre ne modifie pas la distribution des réponses à la question d'évaluation et l'estimation du CAP moyen.

## 2. Test de l'erreur d'échantillonnage lié aux non-réponses au questionnaire

Afin de s'assurer de la représentativité des deux échantillons ayant répondu au questionnaire, des tests de student et d'ajustement des fréquences observées et attendues ont été effectués. Ces résultats montrent que les deux échantillons sont représentatifs de la population considérée en termes de catégories socio-professionnelles, d'âge, de sexe et du nombre de personnes par ménage.

## 3. Test de l'existence d'un biais d'auto-sélection

Comme nous l'avons souligné dans la section 1, le biais d'auto-sélection résulte du fait qu'une partie de la population ayant renvoyé le questionnaire ne répond pas à la question d'évaluation. Le taux de refus de répondre à la question d'évaluation ou de zéro de protestation étant de 12 % dans l'enquête par interviews en «face à face» et de 58 % dans l'enquête postale, il y a donc un biais potentiel d'auto-sélection pour les deux échantillons. Afin de tester l'existence d'un tel biais, nous avons utilisé la procédure d'estimation en deux étapes d'Heckman, développée dans la section 1. Pour chaque échantillon, nous avons estimé, dans un premier temps, la variable  $\lambda$  en utilisant un modèle probit sur l'ensemble des données collectées. Nous avons ensuite estimé, par la méthode des moindres carrés et en intégrant la variable  $\lambda$ , l'équation de régression permettant d'expliquer les consentements à payer positifs obtenus. Le tableau 2 présente les modèles retenus pour les deux échantillons, seules les variables significatives au seuil de 16 % ayant été conservées.

Tableau 2. Résultats de la procédure d'estimation pour les deux échantillons

Variables	Enquête par interviews				Enquête postale			
	Modèle probit		Régression linéaire		Modèle probit		Régression linéaire	
	Coeff	Prob > $\chi^2$	Coeff	Prob > t	Coeff	Prob > $\chi^2$	Coeff	Prob > t
Intercept	0,843	0,216	-84,401	0,258	1,336	0,007	544,410	0,001
Age de la personne interrogée*	-0,014	0,148			-0,030	0,001		
Nombre d'adultes*					-0,448	0,011		
Achat eau bouteilles si dégradat*qualité					-0,012	0,007		
Type d'habitat = maison individuelle					-0,674	0,029		
Montant facture eau/an*							0,162	0,005
Part consommation eau dans budget							-141,863	0,086
Profess° person. interrogée = agriculteur							1 389,114	0,001
Nombre personnes dans le ménage	0,181	0,155					-99,352	0,002
Coopération personne interrogée	0,571	0,093						
Revenu mensuel du ménage*			0,008	0,027				
Perception qualité eau du robinet			253,158	0,001				
Nombre enfants dans ménage*			56,007	0,001				
Niveau d'éducation*			9,776	0,072				
Action devant être menée pour lutte contre pollution			86,816	0,028				
Volontaire pour participer à expérience			48,424	0,152			135,243	0,096
$\lambda$			115,45	0,325			-63,10	0,517
n	100		79		172		54	
R <sup>2</sup> ajusté			0,42				0,49	
F value			8,998				9,622	
log likelihood	-44,09				-90,48			
Concordance	72,5 %				72,2 %			
Discordance	27,1 %				27,2 %			

Les variables quantitatives sont notées avec un astérisque. Les variables qualitatives sont des variables muettes (cf. annexe 2 pour le codage).

Les modèles probit retenus pour les deux échantillons nous permettent tout d'abord de déterminer et de comparer les variables qui influent sur la probabilité que les individus révèlent une disponibilité à payer positive. L'âge, la seule variable commune aux deux modèles, apparaît diminuer cette probabilité. Pour le modèle concernant l'enquête directe, deux autres variables apparaissent augmenter la probabilité que les personnes répondent positivement à la question d'évaluation du CAP: le nombre de personnes constituant le ménage et la coopération satisfaisante de l'individu lors de l'interview. Pour l'enquête postale, il apparaît que les personnes qui logent dans une maison individuelle ont une probabilité plus forte d'exprimer un CAP positif. Au contraire, le nombre d'adultes dans le ménage et le fait d'envisager l'achat d'eau en bouteille en cas de détérioration de la qualité de l'eau du robinet diminuent cette probabilité.

Pour s'assurer que les disponibilités à payer révélées par les individus ne sont pas liées à cet ensemble de variables, c'est-à-dire pour tester l'absence d'un biais d'auto-sélection, nous nous intéressons aux coefficients de  $\lambda$ . Ce coefficient apparaît ne pas être significativement différent de zéro dans les deux modèles linéaires estimés. Aussi, pour les deux enquêtes, nous pouvons conclure qu'il n'existe pas de biais d'auto-sélection et donc que les observations correspondant à un refus de répondre ou à une protestation sont tirées aléatoirement des échantillons des individus ayant répondu au questionnaire. Dans ce cas, l'équation de régression estimée pour le sous-échantillon ayant révélé un consentement à payer positif est équivalente à la fonction de régression pour la population dans son ensemble<sup>7</sup>. Nous pouvons donc estimer la disponibilité à payer moyenne pour les deux enquêtes à partir des deux équations de régression linéaire retenues.

### Comparaison des disponibilités à payer moyennes estimées pour les deux échantillons

Afin d'apprécier la sensibilité des valeurs contingentes au mode d'interrogation utilisé, nous avons estimé, en utilisant les fonctions de régression retenues pour les deux enquêtes, les disponibilités à payer annuelles moyennes par ménage et les CAP médians pour les deux échantillons.

**Tableau 3. Comparaison des CAP estimés pour les deux échantillons**

	Interviews en face à face	Enquête postale
Taille de l'échantillon	97	173
CAP moyen estimée, en F	251,08	402,29
Écart-type, en F	123,97	319,51
Cap médian, en F	243,77	357,52

7. Notons que l'utilisation de la procédure d'estimation d'Heckman revient à reconstituer les consentements à payer non-observés. D'autres traitements des non-réponses pourraient être envisagés.

Un test de Student de comparaison de deux moyennes permettant de tester l'hypothèse d'égalité des CAP moyens obtenus a été réalisé. Les résultats montrent qu'il y a une différence significative au seuil de 5 % entre les disponibilités à payer moyennes estimées pour les deux enquêtes [ $t_{(278)} = -3,98$ ]. En particulier, il apparaît que le CAP moyen estimé à partir des observations de l'enquête postale est nettement supérieur à celui obtenu pour l'enquête directe. Afin d'interpréter cette différence, il est nécessaire de s'assurer que les deux échantillons sont comparables, notamment au regard des variables socio-démographiques et d'attitudes mises en évidence dans les modèles de régression. Nous avons, pour cela, réalisé des tests de Student ou du  $\chi^2$  sur les fréquences pour l'ensemble de ces variables (cf. annexe 3).

Ces résultats montrent que les deux échantillons ne sont pas directement comparables, le revenu et le niveau d'éducation moyen des personnes interrogées étant statistiquement différents au seuil de signification de 5 %. Afin de s'assurer que l'écart entre les disponibilités à payer moyennes estimées pour les deux enquêtes résulte de l'utilisation de deux modes d'interrogation différents, une analyse complémentaire des données a été menée. Puisqu'il n'y a pas de biais de non-réponse résultant des non-réponses à la question d'évaluation, il est possible de regrouper les observations des deux échantillons d'individus ayant révélé un CAP positif. Nous pouvons ainsi estimer une fonction de régression afin d'identifier les variables expliquant les CAP révélés positifs. Afin de tester l'hypothèse d'indépendance des valeurs estimées au mode d'interrogation, une variable «type d'enquête» a été créée et intégrée au modèle.

Les résultats du modèle linéaire permettent de corroborer l'hypothèse selon laquelle les disponibilités à payer révélées par les individus sont sensibles au mode d'interrogation utilisé, le coefficient de la variable «type d'enquête» étant significativement différent de 0. Le signe négatif de ce coefficient confirme, de plus, l'effet négatif de l'utilisation d'interviews en face à face sur la disponibilité à payer révélée par les individus<sup>8</sup>. Ce modèle montre, d'autre part, que les variables explicatives les plus significatives sont le montant de la facture d'eau (effet positif), la perception de la qualité de l'eau du robinet (les personnes pas du tout satisfaites consentent à payer des montants plus élevés), le nombre d'adultes constituant le ménage (effet négatif) et le fait que la personne interrogée exerce la profession de cadre moyen (effet positif), de commerçants (effet négatif) ou d'agriculteurs (effet positif). Sauf pour la dernière variable, ces résultats sont communément observés dans les études d'évaluation contingente.

Bien que les résultats de notre étude montrent que le mode d'interrogation influe significativement sur les disponibilités à payer révélées par les individus, le CAP moyen estimé étant 1,6 fois plus élevé pour l'enquête postale que

8. Notons que l'introduction des variables «revenu mensuel du ménage» et «niveau d'éducation» dans le modèle ne modifie pas l'estimation du coefficient de la variable «type d'enquête», celui restant significativement différent de 0 (prob = 0,027).

Tableau 2. Résultats de la procédure d'estimation pour les deux échantillons

Variables	Régression linéaire		Statistiques (a)		Test de la différence	
	Coeff	Prob > t	Interviews	Postale	t/ $\chi^2$ statistics	Prob
Intercept	300,972	0,0001				
Type d'enquête	- 161,174	0,0004				
Montant facture eau/an*	0,153	0,0002	1 203,52 (570,04)	1 082,64 (620,35)	t = - 1,59	0,113
Nombre d'adultes*	- 54,958	0,0885	2,01(0,76)	2,17 (0,82)	t = 1,62	0,105
Perception qualité eau du robinet	169,213	0,0440	7 %	5,2 %	$\chi^2 = 0,371$	0,542
Profession = agriculteur	398,822	0,0001	5 %	5,2 %	$\chi^2 = 0,005$	0,942
Profession = artisan ou commerçant	- 143,526	0,1041	9 %	8,67 %	$\chi^2 = 0,009$	0,926
Profession = cadre moyen	178,678	0,0023	15 %	17,34 %	$\chi^2 = 0,252$	0,615
R <sup>2</sup> ajusté	0,274					
F value	8,17					

Les variables quantitatives sont notées avec un astérisque.

(a) Sont reportées, pour les variables quantitatives, la moyenne ( *a* ) et, pour les variables qualitatives, les fréquences observées (variable = 1).

pour l'enquête en «face à face», il est difficile d'expliquer une telle différence. Résulte-t-elle de biais inhérents à chacun des modes d'interrogation étudiés ou à des comportements différents des personnes interrogées? Si, pour l'enquête par interviews en «face à face», l'absence d'un biais lié à la présence d'enquêteurs a été testée en comparant la distribution des consentements à payer obtenus par chacun des enquêteurs<sup>9</sup>, les biais engendrés par les questionnaires postaux sont plus difficiles à appréhender. Dans ce type d'enquête, les personnes interrogées ont, en effet, non seulement la liberté de revenir sur les questions posées mais également de choisir l'ordre de réponses, ces deux facteurs pouvant influencer sur les valeurs annoncées. Les individus peuvent également adopter des comportements différents, plus ou moins stratégiques, selon le mode d'interrogation. Parce que posant le problème de la fiabilité des résultats d'une MEC, les effets du type d'enquête utilisé sur les valeurs contingentes estimées nécessiteraient d'être davantage étudiés, notamment afin de choisir le mode d'interrogation le plus approprié à une révélation sincère des disponibilités à payer individuelles.

9. Nous avons pour cela réalisé un test non-paramétrique de Kolmogorov-Smirnov (K = 0.120; prob = 0.839).

## Conclusion

L'application de la méthode d'évaluation contingente à l'estimation des bénéfices de la préservation de la qualité de la ressource en eau souterraine a permis de mettre en évidence la sensibilité des valeurs obtenues au mode d'interrogation. En particulier, il a été montré que le consentement à payer moyen estimé à partir des observations de l'enquête postale est nettement supérieur à celui obtenu pour l'enquête directe. Toutefois, il est impossible, à partir de ces résultats, de déterminer si les enquêtes postales conduisent à une surestimation des disponibilités à payer individuelles ou, si au contraire, ce sont les interviews en «face à face» qui incitent les individus à sous-estimer les valeurs qu'ils révèlent. Des travaux complémentaires permettant de déterminer le «véritable» consentement à payer des individus, notamment dans le cadre d'expériences impliquant des transactions réelles, devraient être menés pour répondre à cette question.

Corinne GRAPPEY • Doctorante, INRA-ESR,  
Université Pierre Mendès-France, Grenoble

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amigues J.-P., Desaignes B. *et al.* *L'évaluation contingente : controverses et perspectives*. In Cahiers d'économie et sociologie rurales, 1996, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> trimestres (39-40), pp. 123-150.
- Aquilino W. S. *Interview mode effects in surveys of drug and alcohol use. A field experiment*. Public Opinion Quarterly, 1994, 58(2), pp. 210-240.
- Arrow K., Solow R. *et al.* *Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation*. US Federal Register, 1993, 58(10), pp. 4602-4614.
- Boyle K.J., Bergstrom J.-C. *et al.* *A Framework for Measuring the Economic Benefits of Ground Water*. Final Report, EPA-230-B-95-003, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C., October 1995, 64 p.
- Brown T. C., Champ P.A. *et al.* *Which Response Format Reveals the Truth about Donations to a Public Good*. In Land Economics, 1996, 72(2), pp. 152-166.
- Carlin A. *EPA Comments on Proposed NOAA/DOI Regulations on Natural Resource Damage Assessment*. Final Report, Office of Policy Analysis, Planning and Evaluation US, Economy and Environment Division, Environmental Protection Agency, Washington, D.C., October, 1994, 122 p.
- Carson R.T., Hanemann W.M. *et al.* *Referendum Design and Contingent Valuation: The NOAA Panel's No-Vote*

- Recommendation.** Discussion Paper, Resources for the Future, Washington D.C., November 1995, n° 96-05, 27 p.
- Desaigues B., Point P. *Economie du patrimoine naturel. La valorisation des bénéfices de protection de l'environnement.* Economica, Paris, 1993, 317 p.
- Edwards S.F. *Option Prices for Groundwater Protection.* Journal of Environmental Economics and Management, 1988, 12, pp. 475-487.
- Edwards S.F., Anderson G.D. *Overlooked Biases in Contingent Valuation Surveys: Some Considerations.* Land Economics, 1987, 63(2), pp. 168-178.
- Foster V., Bateman I.J. *et al. Real and Hypothetical Willingness to Pay for Environmental Preservation: A Non-Experimental Comparison.* Journal of Agricultural Economics, 1997, 48(2), pp. 123-138.
- Greene W.H. *Sample Selection Bias as a Specification Error: Comment.* Econometrica, 1981, 49, pp. 153-161.
- Hausman J.A. *Contingent Valuation: a critical assessment.* Hausman J.A., North-Holland, 1993, 503 p.
- Heckman J.J. *Sample Selection Bias as a Specification Error.* Econometrica, 1979, 47(1), pp. 153-161.
- Jordan J.L., Elnagheeb A.H. *Willingness to pay for Improvements in Drinking Water Quality.* Water Resources Research, 1993, 29(2), pp. 237-245.
- Krysan M., Schuman H. *et al. Response rates and response content in mail versus face-to-face surveys.* Public Opinion Quarterly, 1994, 58(3), pp. 381-399.
- Loomis J.B. *Expanding Contingent Value Sample Estimates to Aggregate Benefit Estimates: Current Practice and Proposed Solutions.* Land Economics, 1987, 63, pp. 396-402.
- Loomis J.B., Brown T.C. *et al. Improving Validity Experiments of Contingent Valuation Methods: Results of effort to Reduce the Disparity of Hypothetical and Actual Willingness to Pay.* Land Economics, 1996, 72(4), pp. 450-461.
- Lunander A. *Inducing Incentives to Understate and to Overstate Willingness to Pay within the Open-Ended and the Dichotomous-Choice Elicitation Formats: An Experimental Study.* Journal of Environmental Economics and Management, 1998, 35(1), pp. 88-102.
- McClelland G.H., Schulze W.D. *et al. Additional Explication of Methods for Measuring Non-use Values: A Contingent Valuation Study of Groundwater Cleanup: Memorandum to the Science Advisory Board Environmental Economics Advisory Committee.* Center for Economic Analysis, University of Colorado, Boulder, Colorado, 1993, 102 p.
- Mitchell R.C., Carson R.T. *Using Surveys to Value Public Goods. The Contingent Valuation Method.* Resources for the Future, Washington D.C., 1989, 463 p.
- Morrison G.C. *Understanding the disparity between WTP and WTA: Endowment effect, substitutability, or imprecise preferences?* Economics Letters, 1998, 59(2), pp. 189-194.
- Navrud S., Pruckner G.J. *Environmental Valuation - To Use or Not to Use? A Comparative Study of the United States and Europe.* Environmental and Resource Economics, 1997, 10(1), pp. 1-26.
- Neill H.R., Cummings R.G. *et al. Hypothetical Surveys and Real Economic Commitments.* Land Economics, 1994, 70(2), pp. 145-154.
- Ornstein M. *Survey Research.* Current Sociology, 1998, 46(4), pp. 1-135.
- Rozan A., Stenger A. *et al. Valeur de préservation de la qualité de l'eau souterraine: une comparaison entre usagers et non-usagers.* Cahiers d'économie et sociologie rurales, 4e trimestre 1997, (45), pp. 62-79.
- Stenger-Letheux A. *Evaluation contingente des actifs environnementaux. Application à la valeur de préservation de la qualité des eaux souterraines.* Thèse pour le Doctorat de Sciences économiques, Université Louis Pasteur, Faculté des Sciences économiques et de gestion, Strasbourg 1, 1994, 312 p.
- Sukharomana R., Supalla R.J. *Effect of Risk Perception on Willingness to Pay for Improved Water Quality.* Selected Paper, American Agricultural Economics Association Meetings, Salt Lake City, Utah, August 2-5, 1998, 11 p.
- Vachaud G., Mollard A. *Agriculture durable, protection du sol et des ressources en eaux souterraines: une approche interdisciplinaire.* LTHE/CNRS-INRA/R&A, 1998, 102 p.

## ANNEXES

### ANNEXE 1

#### Enoncé de la question d'évaluation posée lors des deux enquêtes

« Imaginez que si rien n'est fait, la quantité de nitrates dans l'eau de la nappe phréatique de la plaine de Bièvre-Liers continue à augmenter et que dans dix ans l'eau souterraine devienne impropre à la consommation. Il sera alors nécessaire de la traiter pour éliminer les nitrates.

Un programme de préservation de la qualité de l'eau de la nappe phréatique peut, au contraire, dès aujourd'hui être

mis en place afin d'inciter les agriculteurs à adopter des pratiques agricoles moins polluantes. Le risque d'une augmentation importante des quantités de nitrates dans l'eau de la nappe phréatique devient dans ce cas pratiquement nul. Ce programme ne devrait toutefois être mis en place que s'il y a un intérêt pour la population de la plaine de Bièvre-Liers à préserver la qualité de l'eau souterraine,

*c'est-à-dire si les avantages de cette préservation sont supérieurs au coût du programme (soit 458 francs par ménage et par an). Dans cette question, nous souhaiterions évaluer l'intérêt pour votre ménage à protéger ou non la qualité de l'eau de la nappe phréatique.*

*Compte tenu de cette information, et des revenus et des dépenses courantes de votre ménage, quel est le montant maximum que votre ménage serait prêt à payer cette année, en plus de votre facture d'eau actuelle, pour éviter le risque d'augmentation des quantités de nitrates dans l'eau de la nappe phréatique ?*

*Pour répondre à cette question, vous vous baserez sur le budget actuel de votre ménage et sur les autres usages que vous pourriez faire de vos revenus. Inscrivez le montant maximum que votre ménage serait prêt à payer cette année pour éviter le risque d'augmentation des quantités de nitrates dans l'eau de la nappe phréatique à l'emplacement prévu.»*

Réponse: ..... Francs

- Je ne sais pas       Je refuse de répondre

## ANNEXE 2

### Définition des variables quantitatives et qualitatives retenues dans les modèles

#### Variables quantitatives

- Age de la personne interrogée: variable discrète
- Nombre d'adultes, d'enfants, de personnes, dans le ménage: variables discrètes
- Montant annuel de la facture d'eau: variable continue
- Revenu mensuel du ménage: centre de classes
- Niveau d'éducation: nombre d'années d'études depuis la fin de l'école primaire

#### Variables qualitatives

- Action devant être menée pour résoudre le problème de pollution: 1 = actions préventives, 0 sinon
- Achat d'eau en bouteille si détérioration de la qualité de l'eau du robinet: 1 = oui, 0 sinon

- Coopération de la personne interrogée: 1 = excellente ou bonne coopération, 0 sinon
- Part de la consommation d'eau dans le budget du ménage: 1 = dépense très importante ou importante, 0 sinon
- Perception de la qualité de l'eau du robinet: 1 = pas du tout satisfait, 0 sinon
- Personne acceptant de participer à une expérience d'évaluation menée en prolongement de cette étude: 1 = volontaire, 0 sinon
- Profession de la personne interrogée = CSP: 1 = CSP, 0 sinon
- Type d'enquête: 1 = enquête directe, 0 = enquête postale
- Type d'habitat: 1 = maison individuelle, 0 sinon

## ANNEXE 3

### Résultats des tests de Student et de Pearson sur les variables retenues dans les modèles

Variables	Statistiques (a)		Test de la différence	
	Interviews	Postale	t/ $\chi^2$ statistics	Prob
Montant facture eau/an	1 203,52 (570,04)	1 082,64 (620,35)	t = - 1,59	0,113
Nombre de personnes	2,97 (1,35)	2,98 (1,25)	t = 0,04	0,966
Nombre d'enfants	0,89 (1,09)	0,75 (1,02)	t = - 1,05	0,294
Revenu mensuel du ménage	10 475 ( 5 192)	13 027 (5 596)	t = 3,68	0,001
Niveau d'éducation	5,57(3,29)	6,72 (3,03)	t = 2,91	0,004
Perception qualité eau du robinet	7 %	5,2 %	$\chi^2 = 0,371$	0,542
Profession = agriculteur	5 %	5,2 %	$\chi^2 = 0,005$	0,942
Part consommation eau dans budget	41 %	38,73 %	$\chi^2 = 0,137$	0,712
Action pour lutter contre la pollution	79 %	86,13 %	$\chi^2 = 2,338$	0,126
Volontaire pour l'expérimentation	35 %	35,26 %	$\chi^2 = 0,002$	0,965

(a) Sont reportées, pour les variables quantitatives, la moyenne ( $\sigma$ ) et, pour les variables qualitatives, les fréquences observées (variable = 1).

# Évolutions comparées de l'emploi dans les exploitations agricoles irriguées et non irriguées

## Motivations

L'irrigation permet essentiellement un accroissement de la valeur de la production agricole et une baisse des fluctuations de cette dernière (puisqu'un des intrants est soumis à des aléas moins forts). En conséquence, elle a été financièrement aidée en France, dans le but de permettre d'assurer l'autonomie alimentaire de la nation. Toutefois, cette autonomie n'est plus, pour le moment, une priorité nationale. En revanche, le chômage est au centre des préoccupations des politiques. Il est alors logique de tenter d'évaluer l'impact sur l'emploi de l'irrigation, toujours aidée financièrement.

On peut en effet émettre l'hypothèse qu'à court terme l'irrigation peut être destructrice d'emplois, parce qu'elle pourrait permettre de substituer un input à un autre, en l'occurrence l'eau au travail. Il y aurait alors diminution des emplois agricoles, une diminution qui pourrait être soit conjoncturelle, avant que la main-d'œuvre ainsi libérée puisse trouver une meilleure valorisation, éventuellement sur l'exploitation elle-même, soit structurelle, si les rigidités sont trop fortes (Woirol, 1996). Inversement il serait possible que la pratique de l'irrigation nécessite directement une augmentation de la main-d'œuvre employée sur l'exploitation, par un changement des itinéraires techniques pratiqués, nécessitant plus de présence de l'exploitant sur ses parcelles, ou en permettant de nouvelles cultures, auquel cas elle aurait immédiatement un impact positif sur l'emploi.

Par ce travail exploratoire, en utilisant des données nationales pour les années 1988 et 1995 pour comparer les évolutions des exploitations pratiquant ou non l'irrigation<sup>1</sup>, nous tentons de valider l'hypothèse que l'irrigation a un impact sensible sur l'emploi agricole, et déterminer le sens de cet impact. Nous ne prenons en compte ici que les emplois agricoles directs. Bosio (1997) indique, par une approche utilisant les tableaux entrées-sorties type LEONTIEF, que lorsqu'un emploi direct est créé en agriculture, alors 0.6 emploi indirect est induit sur le plan national. Incidemment, on notera avec Bosio que cette approche par tableau entrées-sorties ne permet pas de répondre à cette question de l'impact de l'irrigation sur l'emploi, car les résultats obtenus dépendent trop fortement des hypo-

thèses nécessairement arbitraires permettant de définir une situation de référence.

Nous ne présentons ici que des résultats exploratoires, de nature qualitative, sur un point très particulier de l'intérêt social de l'irrigation (voir sur d'autres points Janin, 1996). Nous n'évoquons pas en particulier ses impacts environnementaux positifs et négatifs, ni les conséquences sur les autres branches à l'amont et à l'aval de la filière agro-alimentaire.

Les données utilisées sont originaires du SCEES (Service central des enquêtes et études statistiques) du ministère de l'Agriculture. Elles sont stratifiées par départements et par activités (OTEX: Orientation technique et économique des exploitations<sup>2</sup>). Plus de détails sont donnés dans Terreaux et Gleyses (1998).

## Résultats

### *Les exploitations qui irriguent emploient plus de main-d'œuvre*

Nous étudions en premier lieu la répartition des UTA (Unité de travail annuel) par exploitation, en 1995, en fonction de la pratique ou non de l'irrigation.

Nous présentons ces données (une donnée par OTEX) dans la partie gauche de la figure ci-après, qui représente ces données par quartile. Le diagramme montre la localisation de  $x_{25}$ ,  $x_{50}$  (médiane) et  $x_{75}$ , les valeurs limites séparant les quartiles (ordonnées des cotés des rectangles), ainsi que  $x_{25} - 1.5y$  et  $x_{75} + 1.5y$ , avec  $y = x_{75} - x_{25}$ . Les valeurs situées hors de ces zones sont symbolisées par des losanges. Il est clair à la vue de ce graphique, que globalement les exploitations qui irriguent (colonne de gauche), pour une activité (une OTEX) donnée, sont plus denses en UTA que celles n'irriguant pas (colonne de droite). D'autres représentations graphiques (Terreaux et Gleyses, 1998) montrent de plus que cela est vrai OTEX par OTEX, c'est-à-dire pour chaque système de production considéré indépendamment.

2. Liste des OTEX (17 postes): céréales; grandes cultures; maraîchage; fleurs et horticulture diverse; vins de qualité; autre viticulture; fruits et autres cultures permanentes; bovins lait; bovins viande; bovins lait et viande; autres herbivores; granivores; polyculture; herbivores et divers; granivores et herbivores; herbivores et agriculture; autres cultures-élevage.

1. Définition: on considère comme irrigant tout exploitant ayant pratiqué au moins une fois l'irrigation pour l'année considérée.

### **Irrigation et emploi aux 100 ha**

Partant du fait que le foncier est facteur limitant, on peut reprendre la même représentation pour la main-d'œuvre employée aux 100 ha. Le résultat (partie droite de la figure 1 ci-après) est plus difficile à interpréter: la représentation par quartiles pour les exploitations irriguées n'est pas fondamentalement différente de celle des exploitations non-irriguées. L'effet de l'irrigation sur l'emploi aux 100 ha est différent selon les Otex considérées. D'autres représentations graphiques ainsi qu'une analyse économétrique (Gleyses et Terreaux, *op. cit.*) confirment cette difficulté d'interprétation et ne permettent pas d'obtenir une conclusion plus précise.

### **L'emploi par exploitation baisse chez les non-irrigants et augmente chez les irrigants**

En revanche, une analyse économétrique (même source) apporte différents résultats significatifs sur la dynamique d'évolution des exploitations.

- Premièrement si l'on compare les UTA par exploitation en 1988 et 1995, on constate une légère baisse de cette variable, par l'ensemble des exploitations. Toutefois cette baisse a lieu uniquement chez les non-irrigants, et n'est pas compensée par la hausse chez les irrigants.

Pour cela nous avons utilisé différentes régressions en moindre carrés pondérés (Maddala, 1993), à cause de la différence significative d'effectifs entre les Otex. On montre aussi dans le document cité que l'emploi des moindres carrés ordinaires conduirait à des résultats erronés et sensiblement différents. Cela entraîne en particulier qu'il n'est pas possible d'envisager l'utilisation directe de tests simples, comme le test de Chow (Maddala, *op. cit.*), pour estimer le degré de validité de la différence entre les paramètres issus des régressions menées pour les exploitations irriguées d'une part et non irriguées d'autre part.

### **Main-d'œuvre aux 100 ha**

- Deuxièmement, on peut montrer par la même méthode que les évolutions de la main-d'œuvre aux 100 ha sont significativement différentes selon les cas: la diminution des UTA/100 ha a été plus forte entre 1988 et 1995 si les exploitations considérées pratiquaient l'irrigation. Cela n'est pas en contradiction avec une augmentation des UTA par exploitation induite par l'irrigation, car comme nous le verrons l'évolution de la surface des exploitations est différente, selon qu'elles irriguent ou non.

### **Augmentation des surfaces cultivées chez les irrigants**

- Troisièmement, des analyses économétriques montrent sans ambiguïté que si entre 1988 et 1995 les surfaces cultivées (SAU/exploitation) augmentent à la fois chez les irrigants et les non irrigants, elles augmentent significativement plus chez les premiers, ce qui est un bon indicateur de dynamisme de ces exploitations.

### **Irrigation et dynamique d'évolution des exploitations**

Nous avons vu que les exploitations qui pratiquent l'irrigation ont une évolution significativement différente des autres. De plus, constatant qu'il y a plus de main-d'œuvre employée dans les exploitations qui pratiquent l'irrigation, que cet emploi y trouve une évolution plus favorable, que s'il n'y a pas de différence sensible en ce qui concerne l'emploi aux 100 ha, celui-ci baisse plus chez les irrigants que chez les non-irrigants, et enfin que l'irrigation conduit à une plus grande augmentation des surfaces cultivées par exploitation, nous sommes enclins à préférer la première des hypothèses émises en introduction, à savoir que l'irrigation conduirait à la substitution d'un input par un autre, ce qui à terme permettrait une meilleure valorisation de la main-d'œuvre.

Cependant, les bons résultats obtenus par les tests économétriques ne nous permettent pas de pouvoir affirmer que l'irrigation est le facteur explicatif de ces évolutions plus favorables de certaines exploitations. Il se pourrait en effet qu'il y ait une autre variable explicative, bien que pouvant être difficile à quantifier; ce pourrait être le dynamisme de certains agriculteurs, plus enclins à investir dans l'irrigation et à accroître le développement de leur exploitation.

Cette hypothèse est corroborée par le fait que les exploitants qui irriguent sont en moyenne plus jeunes que ceux qui n'irriguent pas: sur les données relatives à l'âge des exploitants, un test du  $\chi^2$  nous permet de rejeter cette hypothèse d'indépendance de l'âge des exploitants et de la pratique de l'irrigation, avec une précision meilleure que un pour mille (Terreaux et Gleyses, *op. cit.*). De même, on montre aisément que les irrigants ont plus souvent recouru à la main-d'œuvre salariée, permanente et non permanente, que les non-irrigants, ce qui peut aussi être interprété comme un indicateur de plus grande réactivité vis-à-vis de l'évolution du contexte économique de ces exploitations.

En résumé, les deux populations sont significativement différentes, vis-à-vis des variables que nous avons analysées, et ont des trajectoires d'évolution elles aussi différentes, en général plus favorables pour les exploitations irriguantes que pour les autres. Aller plus en avant dans les conclusions nécessiterait de disposer de données complémentaires permettant de valider ou d'invalider des hypothèses sur l'écheveau des interdépendances entre les variables.

Enfin ce travail exploratoire nécessiterait d'être prolongé par une étude de l'emploi induit par l'irrigation dans l'ensemble de la filière agro-alimentaire, ainsi que dans les branches concernées en amont. Il serait utile aussi de travailler sur les différentes voies de maîtrise du risque en agriculture, en tenant compte de leurs impacts positifs et négatifs sur l'environnement.

**Jean-Philippe TERREAUX • Guy GLEYSSES**  
CEMAGREF, UR Irrigation, Montpellier

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bosio G. *Essai d'évaluation de l'impact de l'irrigation sur l'emploi: la méthode de l'équivalent travail*. Université de Montpellier I, mémoire de DESS Ingénierie économique et financière de projets régionaux, 1997, 96 p.

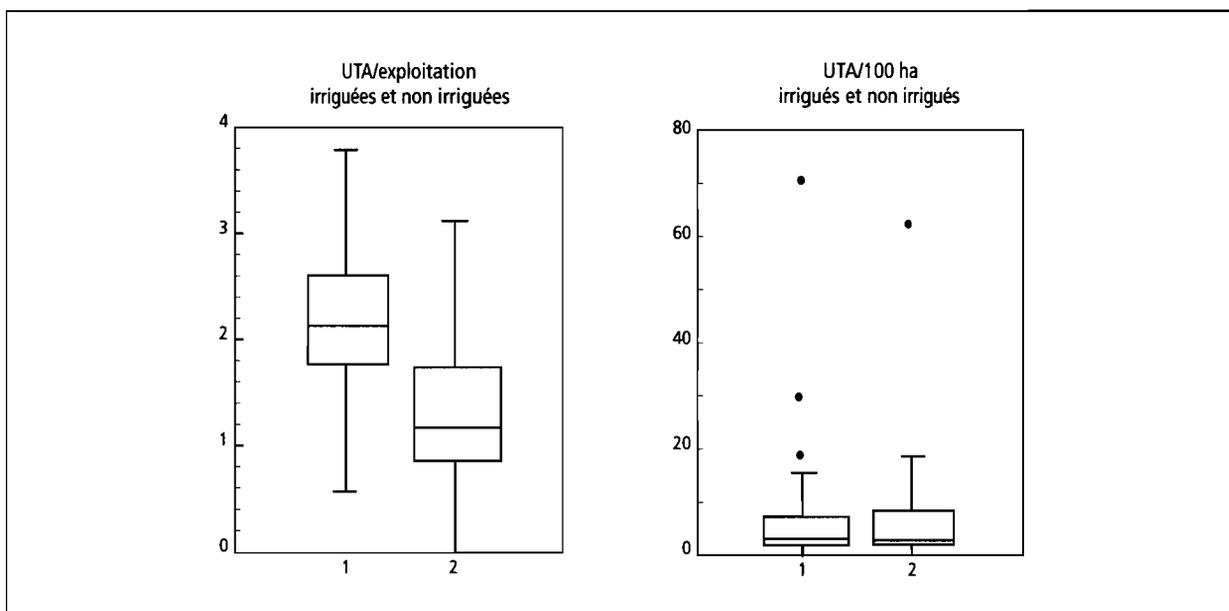
Janin J.-L. *L'irrigation en France depuis 1988*. La Houille Blanche, 1996, 8, pp. 27-34.

Maddala G.S. *Introduction to econometrics*. Mc Millan, New York, 1993.

Terreaux J.-P., Gleyses G. *Irrigation, emploi et dynamisme des exploitations agricoles en France*. Working Paper, CEMAGREF, division Irrigation, 1998, 98-03, 15 p.

Woirol G.R. *The technological unemployment and structural unemployment debates*. In *Economics and Economic History*, Greenwood Press, London, 1996, n° 173, 208 p.

### Statistiques comparées sur les UTA exploitations irriguées et non-irriguées



# Modèle d'équilibre général calculable distribué et gestion de l'eau

L'irrigation s'est développée de façon très importante ces dernières années en France. Les surfaces irriguées ont été multipliées par quatre entre 1955 et 1995 atteignant 1,62 million d'hectares. L'observation des 20 dernières années révèle une accélération du développement de cette technique puisque l'augmentation des surfaces irriguées a été d'environ 5 % par an entre 1988 et 1995 contre seulement 3 % par an entre 1975 et 1988 (Paoli et Rieu, 1992; Janin, 1996). L'agriculture est ainsi un des principaux usagers de l'eau, avec 2,4 milliards de m<sup>3</sup> d'eau consommés en 1990, soit 42,1 % des consommations totales (Montginoul et Rieu, 1996).

Cette progression importante de l'irrigation exerce une pression croissante sur la disponibilité de la ressource en eau. Des conflits entre usagers apparaissent régulièrement, notamment en période d'étiage. Une gestion de la ressource en eau doit alors être mise en place. Des instruments économiques de régulation, tels que taxes, subventions ou quotas, permettent, dans une certaine mesure, d'assurer cette gestion. Le présent travail vise à contribuer à l'étude de ces instruments en mesurant l'impact de ceux-ci sur la répartition et le niveau des usages de l'eau à l'échelle d'un espace de gestion de grande dimension (Département, Région, bassin versant). L'objectif est ainsi de fournir aux décideurs des éléments de comparaison de l'efficacité de ces différents instruments en fonction des objectifs de gestion qu'ils se sont fixés, afin de les aider dans leurs choix de mise en place d'une gestion de la ressource en eau.

On s'attache dans une première partie à montrer en quoi une méthodologie basée sur un Modèle d'équilibre général calculable (MEGC) peut constituer une approche originale et pertinente pour répondre à cet objectif. La deuxième partie présente la philosophie générale du modèle ainsi que les données nécessaires à son fonctionnement, et insiste plus particulièrement sur la prise en compte de la dimension spatiale dans le modèle. Enfin, une troisième partie permet de discuter de certaines limites ou améliorations du modèle qui doivent constituer les pistes d'approfondissement de ce travail actuellement toujours en cours.

## Justification de l'approche méthodologique

### 1. Les enjeux de la gestion de l'eau

Le choix de l'instrument de régulation de type taxes, subventions ou quotas, le mieux adapté à la gestion de la ressource en eau peut s'avérer une tâche complexe car celle-ci présente notamment deux particularités qui engendrent des contraintes fortes pour le gestionnaire.

En premier lieu, l'eau est une ressource aux usages multiples. En tant que bien économique, elle peut être en effet tour à tour utilisée comme un facteur de production (en agriculture, dans les industries, en particulier agro-alimentaires), comme un bien de consommation (eau potable, eau à usage récréatif) et, de plus en plus, comme un bien présentant un enjeu écologique (en tant que milieu de vie faunistique et floristique). Sa gestion doit de ce fait être envisagée à une échelle suffisante pour que ces différents usages s'expriment et puissent être pris en compte.

Il peut alors s'agir d'un grand bassin versant (celui du fleuve Charente, par exemple) ou bien d'une entité administrative décisionnelle équivalente (Département, Région). C'est ainsi que la loi sur l'eau de 1992 préconise l'échelle du bassin versant pour la mise en place des SDAGE/SAGE.

Par ailleurs, ces usages expriment souvent des préoccupations à la fois en termes de quantité d'eau disponible et/ou de qualité de cette eau. Or ces deux caractéristiques de la ressource ne sont pas des données *a priori* mais se construisent «au fil de l'eau» et peuvent donc présenter une variabilité spatiale importante – ce qui se passe en amont influe sur ce qui se passe en aval, aussi bien d'un point de vue quantitatif que qualitatif. Il ne suffit donc pas d'identifier les différents usages de l'eau sur un espace de gestion défini selon l'échelle évoquée ci-dessus. Une connaissance de l'arrangement spatial de ces usages au sein de cet espace apparaît nécessaire pour comprendre comment ceux-ci participent à la construction de la qualité *sensu largo* (quantité + qualité) de la ressource en eau, c'est-à-dire connaître les interrelations qu'ils entretiennent les uns avec les autres.

## 2. L'apport des modèles d'équilibre général calculable

Un MEGC repose sur des fondements théoriques microéconomiques et vise à déterminer le système de quantités et de prix qui permet d'obtenir simultanément un équilibre sur l'ensemble des marchés d'une économie. Le calcul de ce système de variables endogènes est obtenu par la réalisation simultanée des programmes optimisateurs des différents agents considérés: maximisation des profits pour les producteurs sous la contrainte d'une fonction de production; maximisation de l'utilité des consommateurs sous la contrainte d'un revenu issu de la rémunération de leurs dotations en facteurs de production.

La résolution de ces programmes se traduit par l'écriture de leurs conditions d'équilibre du premier ordre, déterminant un système carré d'équations non linéaires dont la théorie a démontré qu'il admet une solution unique et optimale au sens de Pareto, le point d'équilibre général (Ginsburgh et Keyser, 1997).

Le fondement théorique même des modèles d'équilibre général est ainsi de représenter l'ensemble des usages d'une ressource ou d'un bien au sein d'une économie (dotation, production, consommation, échanges) et de modéliser de façon explicite les relations entre ces différents usages. Dans leur version de modèles dits «calculables» ou «appliqués», la mise en œuvre des MEG a jusqu'à maintenant principalement été tournée vers des applications nationales ou internationales. Néanmoins, des techniques de régionalisation de ces données, notamment inspirées de celles utilisées dans les modèles Input/Output (Miller et Blair, 1985; en particulier le chapitre VIII), permettent d'atteindre des échelles infra nationales tout en conservant une validité statistique suffisante. L'échelle de gestion de la ressource en eau envisagée plus haut (Département, Région, grand bassin versant) est donc compatible avec la mise en œuvre d'un MEGC et permet donc d'assurer la prise en compte des différents usages.

Par ailleurs, en s'inspirant de certains modèles d'équilibre partiel (Heady et Srivastava, 1975) ou des modèles Input/Output (Isard, 1951; Moses, 1955), il est possible de construire des MEGC multi- ou interrégionaux<sup>1</sup> permettant d'intégrer au modèle la dimension spatiale évoquée dans la section précédente.

Dans une telle approche, l'espace de travail est divisé en mailles élémentaires reliées entre elles, chacune étant caractérisée par une dotation en facteurs de production et des spécificités techniques de production et de consommation. Le modèle permet alors de déterminer le niveau optimal des différents usages (production, consommation) dans chacune des mailles, ainsi que celui des échanges éventuellement nécessaires entre mailles.

1. Dans la littérature des modèles Input/Output, une approche interrégionale modélise de façon plus précise les échanges entre régions qu'une approche multi-régionale: la première explicite non seulement la région de destination d'un bien échangé, mais également l'activité vers laquelle a lieu cet échange alors que la seconde ne détaille pas ce second point (Hartwick, 1971).

## Description du modèle

### 1. Principales caractéristiques

L'objectif de la recherche en cours est donc la mise au point un modèle d'équilibre général calculable multi-régional statique permettant d'étudier l'impact d'instruments économiques de régulation de la ressource en eau sur la répartition spatiale des différentes activités économiques au sein d'un espace de gestion pertinent. Grâce aux simulations qu'il permet, ce modèle doit aider à déterminer l'outil ou la combinaison d'outils les mieux adaptés à l'objectif de gestion que l'on se fixe.

La complexité d'un MEGC multi-régional et de sa résolution dépend pour partie de ses «dimensions», c'est-à-dire du nombre de mailles, de facteurs de production, d'activités et d'agents de consommation considérés. Dans notre cas, la nomenclature devra être adaptée à l'objectif d'étude, c'est-à-dire la gestion de la ressource en eau agricole, et pourrait donc être celle présentée au tableau ci-dessous. Les motivations qui président au choix d'une telle nomenclature sont avant tout de pouvoir prendre en compte fidèlement les différents usages de l'eau au sein de l'économie, en particulier les usages agricoles, et représenter précisément les différents instruments économiques étudiés.

**La nomenclature envisagée. La désagrégation des activités agricoles est ici la plus exhaustive possible et correspond à la matrice de Comptabilité sociale nationale qui a été construite; elle peut être simplifiée en fonction des contextes locaux d'application du modèle**

Régions	Les mailles élémentaires (selon le cas, cantons, petites régions agricoles ou sous-bassins versants)
	Reste de la France
	Reste du monde
Facteurs de productions	Capital, travail, terre, eau
Activités agricoles	Productions végétales : blé, maïs sec, maïs irrigué, autres céréales, oléo-protéagineux, autres cultures industrielles, vigne, autres cultures permanentes, maraîchage en sec, maraîchage irrigué, jachère
	Productions animales : bovins viande, bovins lait, ovins et caprins, porcins, volaille, autres produits animaux
Industries agro-alimentaires	Industries de la viande, industries du lait, industries des céréales, industries des boissons, autres IAA
Autres activités	Pêche, sylviculture, chimie de base, parachimie, distribution d'eau, autres industries, transport, commerce, autres services
Consommateurs	Agent représentatif de consommation privé Gouvernement national «Gouvernement» local (en fait, représentant le gestionnaire de la ressource en eau)

Les technologies de production sont modélisées par un emboîtement plus au moins complexe de fonctions à Élasticité de Substitution Constante (ou CES pour *Constant Elasticity of Substitution*) et de fonctions linéaires dites de Leontief. Une telle structuration permet de modéliser avec

un réalisme suffisant les fonctions de production des différentes activités. Les fonctions CES sont utilisées lorsqu'on fait l'hypothèse de substituabilité entre intrants, sinon, on utilise les fonctions de Leontief. On trouvera une discussion intéressante des différentes représentations des technologies agricoles de production dans la littérature des MEGC chez Gohin (Gohin, 1998, chapitre III).

La consommation finale est quant à elle modélisée par une fonction de type Cobb-Douglas. Les revenus du consommateur représentatif et des administrations proviennent de la rémunération des facteurs de production qu'ils détiennent respectivement, éventuellement augmentée du revenu des taxes qu'ils perçoivent et diminués du montant des subventions qu'ils distribuent.

Les instruments de régulation à modéliser sont introduits dans le modèle sous forme de paramètres, et peuvent éventuellement être combinés: une taxe ou une subvention à la production est exprimée sous la forme d'un taux affectant le prix de production du bien concerné (en positif ou en négatif selon le cas); un quota sur un facteur de production équivaut à une limitation de la dotation initiale en cette ressource.

## 2. La modélisation de la désagrégation spatiale

Il est désormais relativement traditionnel dans les MEGC multi-régionaux de modéliser les échanges entre régions selon l'hypothèse dite d'Armington de différenciation des biens selon leur origine: un bien produit dans une région donnée est considéré comme imparfaitement substituable au même bien produit dans une autre région.

Le bien consommé dans une région est ainsi un agrégat entre le bien domestique et ses différents homologues importés, produit selon une fonction CES; de même, un bien produit dans une région est affecté soit au marché domestique soit à l'export selon une fonction CET (*Constant Elasticity of Transformation*, fonction équivalente à une fonction CES mais dans ce cas se sont les outputs qui sont substituables entre eux).

Les avantages de cette hypothèse sont multiples, à la fois en termes de calcul (en raison de la «flexibilité» des fonctions de type CES) et de représentation de la réalité. En effet, elle permet de rendre compte de la non homogénéité de certains biens (les fraises espagnoles et françaises ou les vins français et californiens en sont des exemples...) et d'observer alors des flux à la fois entrant et sortant pour une région et un bien donnés. L'hypothèse de substituabilité parfaite, ou hypothèse de Heckscher-Ohlin, ne permet pas de mettre ceci en évidence (dans ce cadre, une région est soit importatrice nette, soit exportatrice nette pour un bien donné).

Toutefois, l'hypothèse d'Armington présente le défaut majeur de figer les possibilités d'échange aux relations constatées pour l'année de référence. Ainsi, deux régions qui n'étaient pas en relation ne pourront pas le devenir, et, réciproquement, un lien existant ne pourra pas totalement s'annuler<sup>2</sup>. Ceci revient donc à faire une hypothèse sur la

structure spatiale de l'espace étudié et à conserver cette structure inchangée au cours des simulations.

Or, dans le cadre de cette étude, tous les liens possibles entre mailles élémentaires ne sont pas actifs dans les données de l'année de référence. Figer ces liens nous semble abusif puisque cela reviendrait à contraindre la structuration de l'espace, alors que notre but est justement d'étudier la localisation des différentes activités et son évolution. La modélisation des relations d'échange que l'on retient s'articule alors en trois points:

1. Certains biens, en particulier le facteur de production «Terre», sont immobiles dans l'espace.
2. Les échanges entre mailles, c'est-à-dire à l'intérieur de l'espace de travail, sont régis par l'hypothèse de substituabilité parfaite. Un coût de transport est néanmoins associé à ces échanges, ce qui permet une certaine différenciation, explicite, des origines et permet la recherche de la structure «optimale» de l'espace de travail, c'est-à-dire celle minimisant les coûts de transport totaux.
3. Les échanges avec le «reste de la France» et le «reste du monde» suivent l'hypothèse de substituabilité imparfaite.

## 3. Les données nécessaires

Les équations du MEGC font appel à de nombreux paramètres qu'il est nécessaire de connaître afin de pouvoir résoudre le système qu'elles constituent. La mise en œuvre d'un MEGC passe ainsi par une phase de calibrage qui permet de déterminer ces paramètres à partir des statistiques d'une année de référence en équilibre. Cette phase consiste à résoudre le modèle de façon inverse afin de déterminer le système de paramètres qui permet de reproduire l'équilibre de référence<sup>3</sup>.

Il est donc nécessaire de connaître, pour l'année de référence, les valeurs de toutes les variables endogènes correspondant à la nomenclature définie précédemment. Une solution classiquement utilisée est d'organiser ces données sous la forme d'une matrice de comptabilité sociale (MCS ou SAM en anglais pour *Social Accounting Matrix*. Pyatt, 1988). Une telle matrice représente les flux en valeur (quantités multipliées par des prix) entre les différents comptes de l'économie, les emplois étant représentés en ligne, les ressources en colonnes. L'équilibre général est réalisé lorsque chacun des totaux en ligne est égal à son homologue en colonne.

2. Ceci est dû à la forme mathématique même des fonctions de type CES qui ne sont pas définies en 0. Ce problème ne se pose pas dans le cadre de l'hypothèse de Heckscher-Ohlin puisque les fonctions utilisées sont de type linéaire, donc définies en 0.

3. En fait, une seule classe de paramètre doit être spécifiée de façon totalement exogène, les élasticités de substitution. Ces paramètres sont difficiles à mesurer de façon empirique de sorte qu'il existe très peu d'études économétriques permettant de connaître ces élasticités avec une validité statistique suffisante; la plupart du temps, les modélisateurs ont alors recours à des "guesstimates", c'est-à-dire des valeurs arbitraires réalistes. C'est une des critiques majeures des MEGC, d'autant que les résultats sont en général sensibles à ces paramètres. Des tests de sensibilités plus ou moins complexes et complets sont maintenant en général fournis dans la littérature spécialisée.

C'est une des phases les plus délicates de la mise en œuvre d'un MEGC, tant ces statistiques sont parfois inexistantes ou difficiles à obtenir de façon exhaustive et cohérente selon la nomenclature retenue, les sources disponibles, l'échelle de travail... Ceci est d'autant plus vrai lorsque l'on souhaite travailler à une échelle infra nationale, comme on l'a évoqué plus haut. Le parti pris dans ce travail, afin de pouvoir disposer «rapidement» de données réalistes et opérationnelles, est de construire une MCS à l'échelle nationale grâce aux données de la comptabilité nationale de l'INSEE puis de régionaliser à l'échelle de l'espace de gestion retenu les données ainsi recueillies, en utilisant une méthode de ratios appliqués à chacune des colonnes «ressources», ratios calculés à partir d'autres sources statistiques, locales cette fois<sup>4</sup>.

Cette méthode mériterait d'être présentée plus en détail, ce qui n'est pas l'objet de cette note. Précisons simplement ici qu'elle présente l'inconvénient majeur de faire l'hypothèse que les fonctions de production et d'utilité utilisées pour chacune des mailles élémentaires de l'espace de travail sont les mêmes que les fonctions nationales: les paramètres de ces fonctions restent inchangés puisqu'un ratio donné s'applique à l'ensemble de la colonne correspondante et que les fonctions utilisées sont toutes homogènes d'ordre 1. Des techniques plus complexes de régionalisation devraient être testées pour étudier leur éventuel apport d'un plus grand réalisme (Léon *et al.*, 1999).

## Discussion

### 1. Gestion de l'eau, risque et dynamique temporelle

L'objectif de ce paragraphe n'est pas d'énumérer dans le détail les limites des MEGC. On pourra à ce sujet se référer aux articles d'autres auteurs déjà parus dans les colonnes de cette revue (cf. en particulier le n° 251 d'*Économie Rurale*).

La principale limite que l'on se bornera à évoquer ici est l'absence de dynamique temporelle dans le modèle tel qu'il est envisagé actuellement. En effet, on n'envisage pour l'instant qu'un modèle statique permettant la comparaison, à structure constante, d'états d'équilibre différents suite à la modification de certains paramètres du modèle. Or, l'irrigation, une des sources principales de consommation d'eau en agriculture, est étroitement liée à des notions de risques puisque, en sécurisant les apports d'eau aux cultures, elle vise principalement à lutter contre les aléas liés à une variabilité climatique interannuelle. Ces notions ne peuvent être prises en compte de façon satisfaisante que dans un contexte dynamique, par exemple de type récursif (Boussard et Christensen, 1999).

4. Les Données nationales sont notamment les tableaux Entrées-Sorties et les équilibres Ressources-Emplois; les données locales sont notamment issues des Abrégés de bases de données communales ou cantonales, ou encore le Recensement général agricole, bien que ce dernier remonte à 1988, en attendant la mise à jour actuellement en cours.

Toutefois, l'introduction d'une telle dynamique dans notre modèle représenterait un degré de complexité supérieur et il a été choisi de privilégier pour l'instant la dimension spatiale du problème plutôt que sa dimension temporelle.

### 2. La maille élémentaire «idéale»

Un des avantages du modèle consiste en sa modularité: une fois les équations posées, l'intégration de nouvelles mailles ou de nouvelles activités ne pose fondamentalement pas de problème tant que les mécanismes modélisés ne sont pas remis en cause; seuls le recueil des données et le temps de calcul sont pénalisés.

Lors de la mise en œuvre concrète du modèle, il est cependant nécessaire de choisir précisément la maille élémentaire sur laquelle repose la modélisation. Les premiers essais déjà réalisés, dont on ne rapporte pas ici les résultats, se sont basés sur des découpages administratifs, principalement les cantons, à l'échelle du département de la Charente et de la région Poitou-Charentes, en raison de la disponibilité des statistiques nécessaires à la désagrégation des données de calibrage.

Néanmoins, une telle maille ne nous semble pas pertinente du point de vue de notre problématique de gestion de l'eau. En effet, comme on l'a évoqué plus haut, il nous semblerait plus adapté d'étudier un grand bassin versant, avec une désagrégation à l'échelle de ses sous-bassins, ce qui serait plus en accord avec une pertinence thématique. Se pose alors le problème de la disponibilité statistique à l'échelle de telles entités.

Plus généralement, une réflexion doit être menée sur la définition de cette maille. Celle-ci doit en effet répondre à plusieurs exigences parfois contradictoires, qui sont selon nous de trois ordres:

- économique: la maille élémentaire doit représenter un «marché», c'est-à-dire un «lieu» d'une taille suffisante pour que se confrontent offre et demande pour différents biens;
- statistique: les données nécessaires à l'élaboration de la MCS multi-régionale doivent être facilement disponibles à l'échelle de cette maille pour les différents éléments de la nomenclature retenue;
- thématique: la maille doit représenter une entité géographique réaliste vis-à-vis de la problématique étudiée; dans notre cas, il s'agit de concilier un découpage pertinent du point de vue de l'hydrologie avec un zonage pertinent du point de vue de la production agricole.

Aussi, une première piste intéressante nous semble être de construire un découpage d'un grand bassin versant (celui de la Charente) en agrégeant des communes au plus près des sous-bassins versants. On préserve ainsi la disponibilité des données statistiques tout en s'approchant au maximum de la pertinence thématique. Pour continuer ce travail, une piste de recherche serait l'utilisation de techniques de géostatistique (krigeage) pour mettre au point une méthodologie générale de désagrégation-agrégation permettant de disposer des données nécessaires sur un découpage quelconque.

## En guise de conclusion Vers un couplage avec un modèle hydrologique?

Le MEGC proposé dans ce travail constitue, pour résumer, un modèle économique spatialement distribué: on ne s'intéresse pas seulement au fonctionnement économique d'un espace de travail, mais on cherche également à comprendre en détail les mécanismes «internes» à cet espace, comment les interactions entre mailles élémentaires participent à la construction de la résultante totale.

Cette démarche peut être rapprochée de la tendance actuelle en modélisation hydrologique. Deux types de modèles coexistent en effet jusqu'à maintenant: d'un côté, on dispose de modèles complexes nécessitant la connaissance de nombreux paramètres physiques, limitant leur utilisation à de petits espaces (parcelles, petit bassin versant) mais permettant une compréhension précise des mécanismes en jeu; d'un autre côté, on dispose de modèles construits sur des espaces plus grands, adaptés à une gestion globale, mais fonctionnant souvent comme des «boîtes noires» puisque reposant sur le calibrage de paramètres parfois sans signification physique.

Les orientations actuelles de recherche visent à concilier ces deux approches en mettant au point des modèles reposant sur des bases théoriques physiques solides mais ne

nécessitant qu'un nombre limité de paramètres ce qui permettrait leur application sur de vastes espaces.

Le travail présenté ici constitue une démarche similaire dans le domaine de l'économie: il s'agit en effet de mettre au point, pour un espace de gestion adapté, un modèle fondé sur les acquis théoriques de la microéconomie, permettant donc une compréhension des mécanismes économiques en jeu, mais reposant sur des représentations simplifiées de ceux-ci (les comportements des agents pourraient être modélisés de façon plus réaliste dans le cadre de la nouvelle microéconomie par exemple, comme cela est maintenant parfois fait à l'échelle d'une ou quelques exploitations agricoles) autorisant une application relativement facile à l'échelle de travail retenue.

Une perspective de poursuite de ce travail à moyen terme consiste donc en un couplage de ces deux approches. Une telle collaboration entre économistes et hydrologues permettrait d'obtenir une représentation plus pertinente, dans le modèle économique, des phénomènes liés à la circulation de la ressource entre mailles (notamment les flux de polluants ou l'évolution des quantités d'eau disponible). D'autre part, l'approche économique fournirait à l'hydrologue un modèle explicatif des différents usages de l'eau «en surface». Une démarche intégrée, alliant les aspects techniques à la dimension socio-économique des problèmes, pourrait ainsi être mise en place pour une meilleure gestion de la ressource en eau.

Laurent PIET • CEMAGREF, Bordeaux

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Boussard J.-M., Christensen A. K. *Modèles calculables d'équilibre général, risque et place de l'agriculture dans l'économie nationale*. Économie Rurale, 1999, 250, pp. 3-10.
- Ginsburgh V., Keyser M. *The Structure of Applied General Equilibrium Models*. Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, 1997, 555 p.
- Gohin A. *Modélisation du complexe agro-alimentaire français dans un cadre d'équilibre général*. Thèse de Doctorat en Sciences économiques. Université Paris I, 1998, 294 p.
- Hartwick J. M. *Notes on the Isard and Chenery-Moses interregional Input-Output models*. Journal of Regional Science, 1971, 11 (1), pp. 73-86.
- Heady E. O., Srivastava U. K. *Spatial sector programming models in agriculture*. Ames (Iowa), Iowa State University Press, 1975, 500 p.
- Isard W. *Interregional and regional Input-Output analysis: a model of space economy*. Review of Economics and Statistics, 1951, 33 (4): 318-328.
- Janin J.-L. *L'irrigation en France depuis 1988*. La houille blanche, 1996, (8), pp. 27-34.
- Léon Y. et al. *The use of maximum entropy to estimate Input-Output coefficients from regional farm accounting data*. Journal of Agricultural Economics, 1999.
- Miller R. E., Blair P. D. *Input-Output analysis: foundations and extensions*. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 1985, 464 p.
- Montginoul M., Rieu T. *Instruments économiques et gestion de l'eau d'irrigation en France*. La houille blanche, 1996, (8), pp. 47-54.
- Moses L. N. *The stability of interregional trading patterns and Input-Output analysis*. American Economic Review, 1955, 45 (5), pp. 803-822.
- Paoli D., Rieu T. *La situation de l'eau en France*. Économie et statistique, 1992, n° 258-259, pp. 95-104.
- Pyatt G. *A SAM approach to modeling*. Journal of Policy Modeling, 1988, 10 (3), pp. 327-352.

# SFER

Société française d'économie rurale



Fondée en 1948, la SFER est une association loi 1901. Elle a pour objet de promouvoir des études scientifiques d'économie, de sociologie et plus généralement de sciences humaines appliquées au domaine agricole, rural et agro-alimentaire.

La SFER est un lieu de rencontres et de discussions entre théoriciens et praticiens. Plusieurs fois par an, elle organise des sessions d'étude ou des colloques et publie la revue *Économie rurale*.

## BUREAU

*Président:* **Philippe LACOMBE**

*Vice-Présidents:* **André NEVEU, Michel PETIT**

*Secrétaire général:* **Lucien BOURGEOIS**

*Trésorier:* **Philippe BOULLET**

*Trésorier-adjoint:* **Magali DEMOTES-MAINARD**

*Secrétaires adjoints:* **Jean-Christophe BUREAU,**

**Jean-Christophe KROLL, Egizio VALCESCHINI,**

*Membres*

Ali AÏT ABDELMALEK • Michel BENOIT-CATTIN

Bernard BERTHELIER • Alain BLOGOWSKI

Jean-Marie BOISSON • Isabel BOUSSARD

Jean-Philippe BOUSSEMART • Jean-Pierre BUTAULT

François COLSON • Isabelle COUTURIER

Hélène DELORME • Sophie DEVIENNE • Georges DUVAL

François FACCHINI • Gérard GHERSI • Michel GRIFFON

Anne HALLER • Louis LAGRANGE • Vincent MAGDELAINE

Franck MICHEL • Robert MOREAU • Catherine MOREDDU

Simone NIDENBERG • Anne PACQUET • Philippe PILOT

Catherine PIVOT • Xavier POUX • Alain REVEL

Thierry RIEU • Thierry RUF • Hélène WEHRLIN

## *Invités permanents*

Le président de l'ARF,

Association des ruralistes français ;

Le président de la SFEA, Société française d'économie alimentaire et agro-industrielle.

## ANCIENS PRÉSIDENTS

M. AUGÉ-LARIBÉ †, *Président fondateur*

MM. MASPÉTIOL †, CÉPÈDE †, CHOMBART DE LAUWE,

CRAMOIS †, MALASSIS, MAINIÉ, BERGMANN †, CLERC,

KLATZMANN, SIMANTOV, BOUSSARD



*Toute personne physique peut être membre de la SFER moyennant le règlement d'une cotisation annuelle.*

*Cette cotisation donne droit au service de la revue, au bulletin interne ECHOSFER et à des réductions sur le prix des colloques.*

**SFER, 16 rue Claude Bernard, 75231 PARIS CEDEX 05**  
**TEL 01 47 07 47 86. CCP 7 101 51 J PARIS**  
**Email : sferinapg.inra.fr**

# Économie rurale



## *Dans ce numéro*

L'allocation et la gestion des ressources en eau constituent l'un des enjeux majeurs du XXI<sup>e</sup> siècle.

Dans ce numéro, les articles et notes d'avancement de la recherche donnent une idée des pistes actuellement poursuivies, des outils mis en œuvre et des premiers résultats. Par exemple :

- Réflexions sur les aspects méthodologiques de la modélisation des systèmes irrigués.
- La tarification de l'eau et, en particulier, les marchés de l'eau. Étude d'un cas concret en Tunisie.
- Quels sont les problèmes posés par les réformes des politiques de gestion de l'eau ?
- Dans le cadre de la gestion d'une eau souterraine, comment évaluer les coûts environnementaux ?



*Au sommaire  
du prochain numéro*

**Le Cinquantenaire de la SFER**

