

Comment évaluer les services rendus par les réseaux d'irrigation ? Application au cas de la recharge de nappe

Les réseaux d'irrigation gravitaires du Sud de la France sont souvent confrontés à des difficultés pour assurer la pérennité de leurs infrastructures et fournir un service d'irrigation acceptable. Ils contribuent par ailleurs à la production de services pour lesquels ils sont rarement rémunérés : assainissement pluvial, recharge des nappes... Une méthode d'évaluation économique des externalités produites par ces réseaux est ici proposée afin d'estimer leur potentielle valeur d'échange.



Initialement introduits en milieu rural aux fins de développer l'agriculture, les réseaux d'irrigation se sont vus attribuer au fil des siècles par la population locale des fonctions non agricoles : assainissement pluvial, recharge des nappes, lutte contre les inondations et

feux de forêts, support d'activités récréatives (Ladki, 2010). Ces fonctions peuvent être classées, selon Aznar *et al.* (2006), en fonction de l'intentionnalité du service et l'existence de coûts de production, en deux catégories : les services-externalités et les services-prestations. En économie de l'environnement, un service-externalité correspond à une externalité positive de production. Il est caractérisé par une relation non intentionnelle entre deux agents (un émetteur de l'externalité et un récepteur), ne générant aucun coût de production supplémentaire par rapport à l'activité principale de l'émetteur et ne faisant l'objet d'aucune compensation de la part du récepteur final (Aznar, 2002). Selon Despres (2006), un service-prestation est « produit ou fourni d'une façon intentionnelle en réponse à une demande et qui vise le maintien en l'état ou l'amélioration des attributs d'un bien de nature (eau, sol) ».

Par exemple, la recharge de nappe ou l'évacuation d'eau pluviale sont des services-externalités car ils sont involontairement produits lors du fonctionnement des canaux d'irrigation gravitaire. Mais, lorsque la recharge de nappe est réalisée de manière intentionnelle, à la suite d'une demande des communes ou des propriétaires de forages individuels, elle correspond à un service-prestation.

Or, le contexte actuel remet en question la capacité des canaux à fournir durablement ces services. En effet, les associations d'irrigants gérant les réseaux d'irrigation font face à deux problèmes majeurs : la déprise agricole

et l'urbanisation des périmètres irrigués. Ces deux phénomènes fragilisent et remettent en cause la durabilité de ces institutions d'irrigation. Cette fragilité est d'autant plus forte que les irrigants éprouvent des difficultés à trouver une rentabilité économique à des productions dont les filières sont régulièrement en crise, et que la pratique de l'irrigation gravitaire est particulièrement contraignante et coûteuse en temps de travail.

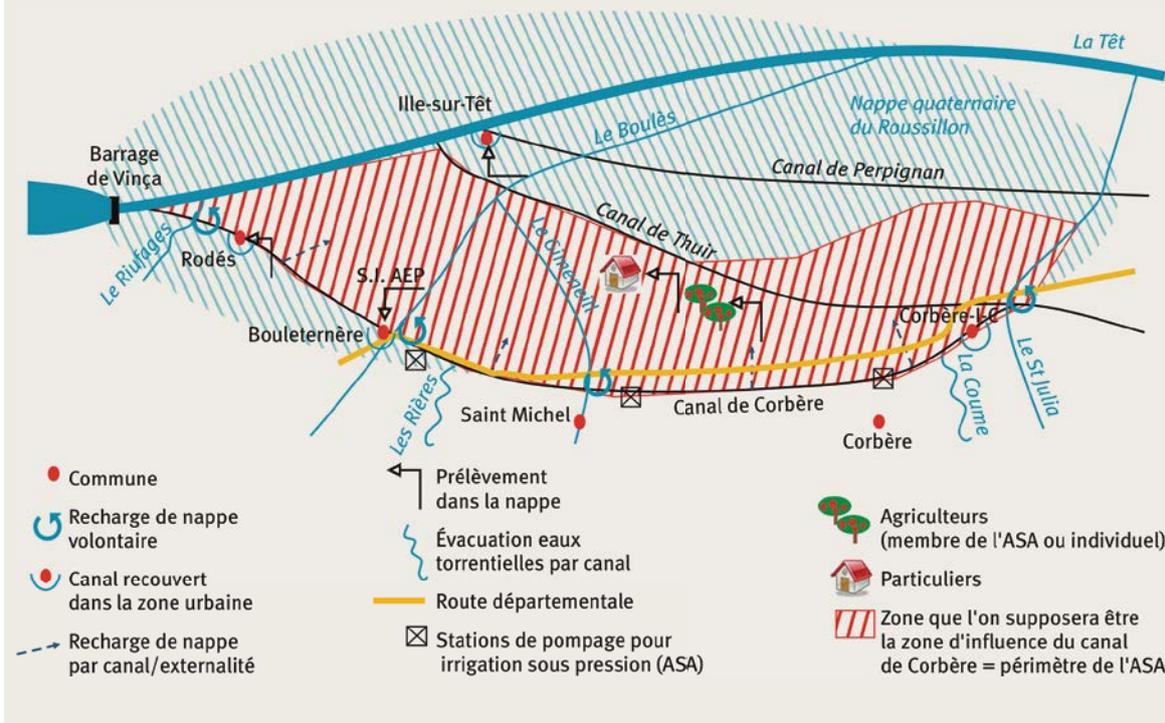
Afin de pérenniser les institutions d'irrigation gravitaire et ainsi les services rendus par ce mode d'irrigation, une solution peut être de mutualiser les coûts de ces services avec les bénéficiaires (Ladki, 2010). Cette solution représente une opportunité de consolidation et de diversification du revenu des associations d'irrigants à travers une rétribution de ces services qui auparavant étaient fournis gratuitement ou moyennant des compensations en nature (prêt de locaux ou de matériels par la mairie, par exemple).

D'un point de vue idéologique, cette vision s'oppose à celle de la directive cadre européenne sur l'eau qui demande aux États membres de veiller à ce que soient mises en places des tarifications incitatives à l'économie d'eau d'une part et d'inciter les gestionnaires à accroître leur niveau de récupération des coûts auprès des usagers. Or, l'approche de Ladki (2010) a pour objectif principal de réduire le niveau de la tarification pour les usagers agricoles afin que ceux-ci – qui, dans la très grande majorité des cas, gèrent également le réseau – trouvent toujours un intérêt économique à la pratique de l'irrigation sans laquelle aucun « service-externalité » ou « service-prestation » ne serait rendu.

Ainsi, certaines associations syndicales autorisées (ASA) fournissant ces services et éprouvant des difficultés financières souhaitent les développer ou les maintenir moyen-

❶ Principe de fonctionnement du canal de Corbère.

Recharge de nappe et évacuation des eaux pluviales par le canal de Corbère :
représentation schématique



nant compensation financière lorsqu'ils répondent à la demande sociale. Parmi ces services, on trouve la recharge de nappe, l'assainissement pluvial, la fourniture d'eau brute à des usagers non agricoles, la lutte incendie...

Si un accord de mutualisation peut être trouvé sur la base de négociations bipartites entre bénéficiaires et gestionnaires de réseaux (Ladki, 2010), nous proposons ici une méthode permettant de définir un cadre de travail pour faciliter le déroulement de ces négociations. Afin d'illustrer la méthode, celle-ci est appliquée tout au long de l'article au service de recharge de nappe fourni par l'Union d'ASA du canal de Corbère.

Présentation du cas d'étude

Le canal gravitaire de Corbère est situé en aval du barrage de Vinça sur la Têt (Pyrénées-Orientales). Le principe de fonctionnement du canal de Corbère est décrit sur la figure ❶.

Lors du fonctionnement du réseau pour l'irrigation, l'eau s'infiltré, sans volonté particulière des gestionnaires du canal, le long du linéaire principal et secondaire et par la pratique de l'irrigation gravitaire (infiltrations aux champs). Ces infiltrations ont pour conséquence de faire remonter le niveau de la nappe pendant la saison d'irrigation, c'est-à-dire l'été. Cette variation du niveau de la nappe est observable sur les relevés piézométriques.

Or, l'alimentation en eau potable des communes locales provient de cette nappe dont le niveau moyen a largement baissé suite aux faibles pluviométries de ces dernières années. Celles-ci ont alors fait appel aux gestionnaires du canal de Corbère pour qu'ils réalisent des opérations volontaires de recharge de nappe, en déchar-

geant de grands volumes d'eau dans les cours d'eau à sec passant à proximité des forages communaux. Ces décharges, ainsi que les infiltrations involontaires liées à l'activité agricole de l'ensemble des irrigants du périmètre, bénéficient non seulement aux communes, mais également à l'ensemble des propriétaires de forages, agricoles ou domestiques, situés sur le périmètre du canal.

La méthode utilisée ici nous permet de proposer un intervalle au sein duquel un accord pourrait être trouvé, directement entre émetteurs et bénéficiaires, sur le montant d'une rémunération de ces services. Elle est basée sur le principe de l'analyse coûts-bénéfices. Il s'agit d'un outil d'aide à la décision destiné à faciliter la négociation d'une éventuelle rémunération des services en proposant des bornes minimales et maximales de ce montant, acceptables par les deux parties.

Aperçu général de la méthode utilisée

Si l'on souhaite fixer le montant d'une rémunération, il faut, d'une part, qu'il couvre les coûts de production sans quoi la production du service n'est pas rentable et, d'autre part, qu'il ne dépasse pas le consentement à payer des usagers sans quoi ces derniers ne feront pas appel au réseau d'irrigation pour leur fournir le service. Ce consentement à payer des usagers est supposé être au maximum égal aux bénéfices qu'ils perçoivent du service. L'analyse coûts-bénéfices du service permet donc d'identifier des bornes minimales et maximales de rétribution de ces services, acceptables par les parties prenantes. Tout l'enjeu de cette analyse est de donner une valeur monétaire à chacune de ces bornes. Les principales étapes proposées sont présentées sur la figure ❷.

► Nous allons maintenant détailler les étapes qui mènent à l'estimation de la borne basse de l'intervalle de négociation, correspondant à la colonne gauche de la figure 2, puis dans un second temps l'estimation de sa borne haute, soit la colonne droite de la figure 2, pour finalement proposer des intervalles de négociations d'une rémunération pour chaque couple émetteur/bénéficiaire.

Estimation des coûts supportés par un émetteur pour la production du service

Afin d'estimer le coût moyen annuel de production d'un service produit par l'Union d'ASA, nous nous basons sur une analyse des coûts passés au cours des années où le service a effectivement été produit par l'émetteur.

Les coûts totaux supportés par les producteurs du service, au cours d'une année, peuvent être décomposés en trois types de coûts :

- des coûts d'investissement,
- des coûts de maintenance,
- des coûts d'exploitations.

Ces trois types de coûts sont observables car enregistrés annuellement par l'ASA, principal émetteur du service

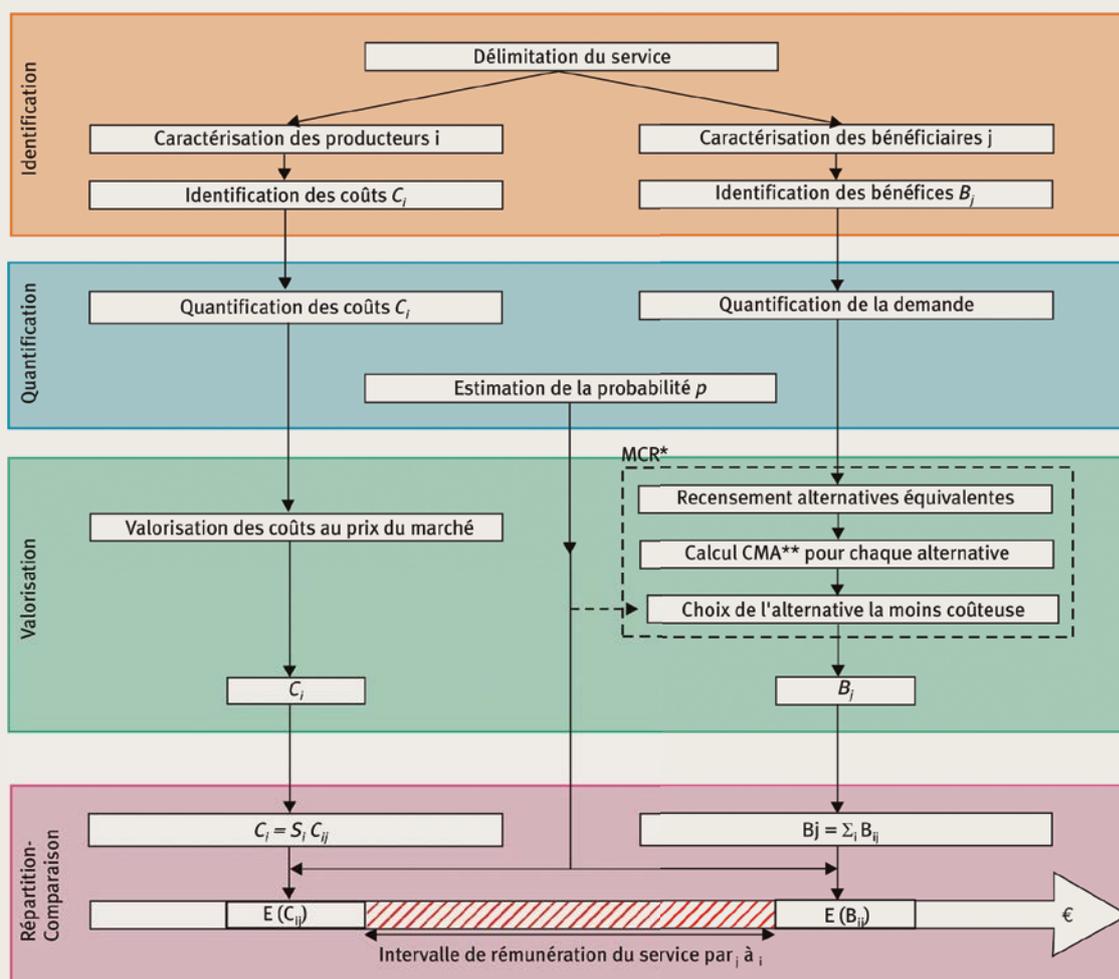
de recharge de nappe dans notre exemple. Une part de chacun de ces coûts est de fait liée à la production du service.

Les valeurs des coûts de fonctionnement, c'est-à-dire les coûts de maintenance et d'exploitation, sont extraites de la comptabilité. Pour chacun des coûts de fonctionnement supporté par l'émetteur, on estime le coût moyen annuel attribuable au service produit par la moyenne actualisée des coûts supportés chaque année par l'émetteur, pondérée par la part du coût attribuable à la production du service.

En ce qui concerne les coûts d'investissements, nous utilisons le coût moyen annuel actualisé des investissements réalisés et attribuables à la production du service. À noter que dans le cas d'externalités, telles que définies dans l'introduction, les coûts de production sont nuls.

L'analyse de la comptabilité de l'Union d'ASA, complétée par des entretiens avec les gestionnaires du réseau, nous ont permis d'estimer un coût moyen annuel de production du service de recharge de nappe volontaire de 9175 euros entre 2004 et 2007. Ce coût inclut le temps de travail du personnel de l'Union d'ASA, ses déplacements, la part de la redevance de l'agence de

2 Principales étapes pour l'évaluation économique des fonctions externes assurées par les réseaux d'irrigation.



* Méthode des coûts de remplacement
** CMA : Coût Moyen Annuel

l'eau et la maintenance du réseau proportionnelles aux volumes déchargés. La recharge de nappe involontaire n'engendre quant à elle aucun coût spécifique à l'Union d'ASA ou aux irrigants.

Estimation des bénéfices perçus par un bénéficiaire

En l'absence de valorisation par le marché des services produits par les canaux d'irrigation, nous utilisons la méthode des coûts de remplacement afin de calculer le bénéfice produit par ces services. La méthode des coûts de remplacement consiste à évaluer le coût qu'aurait un dispositif technique équivalent qui pourrait se substituer à l'externalité pour produire les mêmes effets (Commisariat général au développement durable, 2010).

La méthode des coûts de remplacement s'applique sous trois conditions (Pagiola *et al.*, 2004). Il faut :

- que le service de remplacement soit équivalent en qualité et en ampleur ;
- que l'alternative retenue soit la moins coûteuse parmi les solutions de remplacement ;
- que la collectivité soit effectivement consentante à payer le coût de remplacement pour obtenir le service s'il n'existait pas.

Cette méthode est basée sur la supposition que si les individus supportent des coûts pour remplacer le service, alors ces services doivent valoir au moins ce que ces personnes ont payé pour les remplacer¹. L'alternative retenue représente donc le consentement à payer des bénéficiaires. Il s'agit donc de la valeur maximale que peut avoir la rémunération du service.

Les alternatives envisageables sur la zone d'étude sont recensées pour chaque type de service et chaque bénéficiaire de la manière la plus exhaustive possible. Le calcul de leur coût moyen annuel permet de définir l'alternative dont le coût est minimum.

Ce coût moyen annuel est donc une estimation du bénéfice moyen annuel du service produit pour un usager. Le bénéfice total produit par le service est égal à la somme des bénéfices perçus par chacun des usagers.

Les alternatives équivalentes au service de recharge de nappe fourni par le canal de Corbère et ses irrigants qui ont été retenues sont indiquées dans le tableau 1.

Finalement, et afin de pouvoir calculer l'espérance de bénéfice et l'espérance de coûts liés à la fourniture du service, nous avons pondéré les coûts et les bénéfices moyens annuels de production du service par la probabilité d'occurrence de la production du service. Cette probabilité correspond à la fréquence à laquelle les usagers feront appel au canal pour leur fournir le service, ou dans le cas d'une externalité (production involontaire), à la fréquence à laquelle elle sera significative pour les bénéficiaires. En l'absence de certitude sur la fréquence des épisodes de sécheresse futurs pendant lesquels les communes feront appel à l'ASA ou au cours desquels la recharge de nappe involontaire est indispensable à la fourniture d'eau potable dans les communes voisines, nous avons étudié deux cas : une année sur cinq et une année sur deux.

1 Estimation des bénéfices moyens annuels (BMA) pour chacun des bénéficiaires du service de recharge de nappe volontaire (€ 2007).

Bénéficiaires	Alternative prise en compte	Bénéfices moyens annuels minimum	Bénéfices moyens annuels maximum
Commune Rodés	Forage dans la nappe pliocène	6 500 €	8 090 €
Commune Ile	Forage dans la nappe pliocène	6 500 €	8 090 €
Propriétaires forages domestiques non reliés à l'alimentation en eau potable	Raccordement au réseau communal d'alimentation en eau potable	3 600 €	38 000 €
Propriétaires forages domestiques reliés à l'alimentation en eau potable	Raccordement au réseau de l'association syndicale autorisée	8 150 €	46 220 €
Propriétaires forages domestiques	Forage dans la nappe pliocène	8 400 €	27 870 €
Total		33 150 €	128 270 €

2 Bilan des volumes attribuables à la recharge de nappe à partir du système canal-irrigation (millions de m³).

Type de recharge de nappe	Hypothèse haute	Hypothèse basse
Décharges volontaires (moyenne 2006-2008)	7,30	
Infiltrations dans canal principal (hypothèse basse : 5 % ; hypothèse haute : 10 %)	1,9	3,8
Infiltrations par pratique de l'irrigation gravitaire à la parcelle (efficacité gravitaire 50 %)	1,5	
Infiltrations par pratique de l'irrigation gravitaire dans réseau secondaire (hypothèse basse : 10 % ; hypothèse haute : 15 %).	0,3	0,5
Total	11	13,1

Définition des intervalles de négociation à partir des coûts et des bénéfices estimés

Grâce aux paragraphes précédents, nous pouvons estimer l'espérance de coût moyen annuel de production du service évalué pour chaque émetteur ainsi que l'espérance de bénéfice moyen annuel perçu par chaque bénéficiaire.

Nous pouvons alors établir un intervalle de négociation d'une rétribution pour chaque « paire » d'acteurs émetteur/bénéficiaire. Pour cela, il nous faut savoir :

- en quelles proportions chaque émetteur participe au bénéfice total (afin de savoir à quelle part du bénéfice total il peut prétendre) ;
- quelle part du bénéfice issu de la recharge de nappe perçoit chaque bénéficiaire (afin de savoir à quelle hauteur chacun doit participer au financement de la rétribution).

1. www.ecosystemvaluation.org/cost_avoided.htm

► Dans le cas des services de recharge de nappe (service volontaire et externalité involontaire), la répartition de la rétribution entre émetteurs peut se baser sur plusieurs facteurs : le volume consacré par l'émetteur à la recharge de nappe, le bénéfice qu'il procure à la collectivité, le nombre de bénéficiaires de son service ou ses coûts de production du service. Nous retenons comme clé de répartition de la rétribution entre émetteurs, la contribution relative en volumes d'eau de chaque émetteur à la recharge de nappe, cette donnée étant facilement accessible et relativement fiable. On obtient ainsi les volumes indiqués dans le tableau 2.

Quant à la part des coûts de production des services attribuable à chaque bénéficiaire, elle peut être basée sur le bénéfice relatif qu'il perçoit. Ce bénéfice peut être estimé en fonction de la part des volumes que le bénéficiaire prélève dans la nappe. Ainsi, les prélèvements dans la nappe sont indiqués dans le tableau 3.

Nous obtenons donc, à partir des coûts estimés précédemment et des bénéfices estimés dans le tableau 1, et en prenant en compte ces volumes (tableaux 2 et 3), un intervalle dont les bornes correspondent aux montants minimaux et maximaux d'une rémunération du service de recharge de nappe produit par un ensemble d'émetteurs et dont bénéficie un ensemble d'acteurs, au sein duquel une négociation « gagnant-gagnant » peut être envisagée (tableau 4).

Tout d'abord, on peut noter que dans le cas des services-externalités qui n'ont pas de coûts de production propres, la borne inférieure de l'intervalle proposé est bien 0. C'est le cas de la recharge de nappe par les irrigants gravitaires et de la recharge de nappe par infiltrations dans le canal principal. On constate également que, si l'Union d'ASA et la commune 2 souhaitent négocier une rémunération de l'Union pour les services de recharge de nappe qu'elle rend à la commune, alors l'intervalle que l'on propose pour cadrer ces négociations (figure 3) est situé entre 738 euros et 6844 euros par an avec une estimation large, ou entre 1743 euros et 4720 euros par an pour une estimation plus restreinte. Si les parties prenantes arrivent à s'entendre sur une rémunération du service au sein de cet intervalle, alors le montant de la rétribution est inférieur au consentement à payer des usagers et supérieur aux coûts de production supportés par les producteurs du service. Il est donc acceptable pour les deux parties.

Dans ce travail, nous avons uniquement intégré à l'estimation des intervalles de négociation les coûts et bénéfices monétaires qui peuvent être retirés de la production de ces services. Or, d'autres facteurs peuvent motiver la fourniture de ce service pour une rémunération moindre (altruisme des associations d'irrigants envers la population des communes auxquelles ils appartiennent) ou qui peuvent justifier une rémunération plus élevée de la part des usagers (volonté de maintenir les réseaux d'irrigation gravitaire qui peuvent avoir une valeur patrimoniale pour la population locale). Ces chiffres sont donc à considérer avec prudence, et comme un simple indicateur d'un intervalle de valeurs *a priori* acceptables et permettant de pérenniser les systèmes d'irrigation gravitaire en compensant au minimum les coûts engendrés par la fourniture de ces services additionnels.

3 Prélèvements dans la nappe alimentée par le canal de Corbère.

Bénéficiaire	Prélèvements
Commune 1 *	40 700 m ³
Commune 2	725 000 m ³
Forages agricoles **	1 800 à 2 750 m ³ par forage
Forages domestiques (particuliers), reliés à l'alimentation en eau potable communale	100 à 150 m ³ par forage
Forages domestiques (particuliers), non reliés à l'alimentation en eau potable communale	150 à 200 m ³ par forage

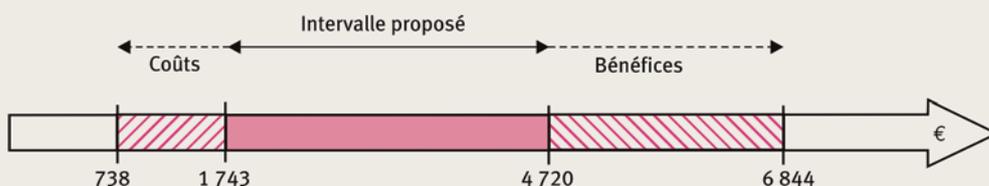
* Prélèvements déclarés à l'agence de l'eau (moyenne 1996-2006).

** Donnée de la chambre d'agriculture des Pyrénées-Orientales.

4 Intervalles bilatéraux de négociation d'une rémunération pour le service de recharge de nappe.

Émetteur	Bénéficiaire	Coûts annuels estimés		Bénéfice annuel estimé	
		Min	Max	Min	Max
Union d'ASA	Commune 1	78 €	179 €	5 791 €	7 581 €
Irrigants gravitaires	Commune 1	0 €	0 €	509 €	709 €
Union d'ASA	Commune 2	738 €	1 743 €	4 720 €	6 844 €
Irrigants gravitaires	Commune 2	0 €	0 €	1 246 €	1 780 €
Union d'ASA	Propriétaires forages domestiques reliés à l'alimentation en eau potable	1 013 €	2 552 €	4 886 €	33 622 €
Irrigants gravitaires	Propriétaires forages domestiques reliés à l'alimentation en eau potable	0 €	0 €	3 263 €	12 599 €
Union d'ASA	Propriétaires forages domestiques non reliés à l'alimentation en eau potable	0 €	73 €	2 271 €	26 760 €
Irrigants gravitaires	Propriétaires forages domestiques non reliés à l'alimentation en eau potable	0 €	0 €	1 329 €	11 240 €
Union d'ASA	Propriétaires forages agricoles	5 €	40 €	5 504 €	21 771 €
Irrigants gravitaires	Propriétaires forages agricoles	0 €	0 €	2 904 €	6 097 €

3 Intervalle proposé pour une rémunération de l'Union d'ASA pour le service de recharge de nappe rendu à la commune 2.



Conclusions

Les canaux d'irrigation gravitaires sont à l'origine d'effets externes modifiant le bien-être de la collectivité qui les entoure, notamment en rechargeant les nappes phréatiques. Actuellement, la pérennisation et/ou le développement de ces services joints dépend de la coordination mise en place entre émetteurs et bénéficiaires. Si cette coordination est possible par la concertation et la négociation entre les parties prenantes, la méthode proposée permet de cadrer ce processus en évaluant la valeur socio-économique donnée par chacun à ces services. Ce cadre peut faciliter l'atteinte d'un accord sur le montant d'une rémunération permettant de pérenniser la fourniture des services par les irrigants.

L'analyse coûts-bénéfices de leur production nous a en effet permis de définir les bornes d'un intervalle de rémunération dont la borne inférieure est l'espérance de coût de production, et la borne supérieure l'espérance de bénéfice. Dans le cas de services-externalités, le coût de production étant nul, la borne inférieure l'est également. L'application numérique des méthodes développées nous a permis de cerner la valeur d'un de ces services, fourni à la fois de manière intentionnelle (service-prestation) et involontaire (service-externalité) dans le cas du canal de Corbère dans les Pyrénées-Orientales : la recharge de nappe. Ce service est produit par plusieurs émetteurs et bénéficie à un grand nombre d'acteurs locaux. Nous proposons donc une clé de répartition des coûts entre usagers, explicitant le taux de participation de chaque acteur à une potentielle rémunération des émetteurs pour les services produits. De même, nous proposons une clé d'attribution des bénéfices produits aux émetteurs afin de répartir la rémunération entre ces derniers. Il est important de souligner qu'il s'agit de valeurs spécifiques à cette étude de cas, les coûts de production et ceux des alternatives envisagées pour évaluer les bénéfices perçus par la collectivité ne sont pas directement transférables à d'autres zones d'études. De plus, ces résultats sont basés sur des hypothèses qui peuvent être modifiées, telles que l'occurrence de la demande en recharge de nappe, le nombre de forages individuels, le taux d'infiltration réel dans les canaux, etc. Ils sont donc à prendre avec précaution, mais peuvent indiquer un ordre de grandeur des services rendus par l'irrigation

gravitaire par le canal de Corbère, pouvant servir de base à une éventuelle négociation entre les acteurs locaux.

Cependant, l'étude du cas du canal de Corbère nous a permis de mettre en évidence que les services de recharge de nappe représentent un avantage réel pour l'ensemble des usagers de cette ressource. La mise en place d'une rétribution des services étudiés et son montant éventuel seront finalement le résultat d'un processus de discussion entre les acteurs concernés.

La méthode ainsi développée a également été appliquée au service d'évacuation d'eaux pluviales par les réseaux de canaux et à la production de service incendies et de fourniture d'eau brute sur des réseaux d'irrigation sous pression (Kuhfuss *et al.*, 2009). Sur ces derniers, la méthode se révèle être particulièrement adaptée à l'aide au choix d'investissements, car l'estimation des coûts de production des services permet de proposer un montant de rémunération minimum qui peut être comparé au consentement à payer des bénéficiaires. Lorsque le consentement à payer pour ce service se révèle être inférieur à l'estimation de ses coûts de production, les résultats permettront d'argumenter le renoncement au projet. Au contraire, lorsque les coûts restent inférieurs au consentement à payer, alors l'intervalle estimé peut permettre de cadrer la tarification du service. Ceci est d'autant plus intéressant que les ASA ont généralement des difficultés à établir une tarification pour ces nouveaux services, pour lesquels peu de références existent. ■

Les travaux présentés dans l'article ont été réalisés dans le cadre d'une convention de recherche Irstea-Onema 2008.

Les auteurs

Laure KUHFUSS et Sébastien LOUBIER

Irstea, centre de Montpellier, UMR G-EAU
Gestion de l'eau, acteurs et usages
361 rue J.F. Breton, BP 5095
34196 Montpellier Cedex 5

✉ kuhfuss@supagro.inra.fr

✉ sebastien.loubier@irstea.fr

EN SAVOIR PLUS...

- 📖 **AZGAR, O.**, 2002, *Services environnementaux et espaces ruraux. Une approche par l'économie des services*, thèse de doctorat, Université de Bourgogne, UFR de Sciences Économiques, 305 p.
- 📖 **AZGAR, O., BRETIERE, G., HERVIOU, S.**, 2006, Agriculture de service et services environnementaux : lien avec les politiques agricoles et rurales, *Ingénieries-EAT*, n° spécial FEADER, p. 79-89.
- 📖 **Commissariat Général au Développement Durable (CGDD)**, 2010, *Évaluation économique des services rendus par les zones humides*, Études et documents n° 23, juin 2010, 54 p.
- 📖 **DESPRES, C.**, 2006, *Une approche néo institutionnelle de la fourniture de services environnementaux : Le cas du service d'épandage agricole des boues d'épuration et ses formes d'organisation territoriale*, Université de Bourgogne, UFR de Science économique et de gestion.
- 📖 **KUHFUSS, L., LOUBIER, S., GARIN, P.**, 2009, *Évaluation économique des fonctions externes assurées par les réseaux d'irrigation*, Convention de Partenariat ONEMA- Cemagref 2008, 120 p.
- 📖 **LADKI, M.**, 2010, *Canaux d'irrigation ou canaux de distribution d'eau brute ? Arrangements institutionnels et stratégies organisationnelles autour de la multifonctionnalité des systèmes irrigués gravitaires*, thèse de doctorat, Université Montpellier 2, ED SIBAGHE, AgroParisTech, Montpellier, France.
- 📖 **PAGIOLA, S., VON RITTER, K., BISHOP, J.**, 2004, *Assessing the Economic Value of Ecosystem Conservation*, The World Bank Environment Department, paper n° 101, 66 p.