

Comment réduire à moindre coût les prélèvements en eau d'irrigation ? Résultats d'une analyse prospective et économique dans deux bassins versants languedociens

Laure Maton

Dans le Sud de la France, les prélèvements d'eau pour l'agriculture irriguée, nombreux en période de sécheresse, ont des impacts conséquents sur la durabilité de la ressource. Ces prélèvements représentent une menace pour le bon état écologique exigé par les instances européennes. Les gestionnaires de l'eau doivent donc programmer des mesures pour économiser la ressource de façon significative et au moindre coût. À partir des résultats d'une analyse prospective et économique dans deux bassins versants languedociens, les auteurs nous démontrent la nécessité de l'analyse coût-efficacité pour identifier un plan d'action permettant, au moindre coût, une gestion quantitative équilibrée des ressources en eau.

La directive cadre européenne sur l'eau (DCE) impose de proposer des programmes de mesures garantissant que le bon état écologique des milieux aquatiques soit restauré en 2015 pour les masses d'eau à risque sans dérogation et en 2021 ou 2027 pour les masses d'eau à risque en dérogation de délai (directive 2000/60/CE). En France, après la réalisation d'un état des lieux pour chaque grand bassin hydrographique entre 2003 et 2005, la définition des programmes de mesures a été amorcée dès 2006. Un premier programme de mesures a été établi en 2009 pour la période 2010-2015. Ce processus de planification devrait être renouvelé dans chaque district hydrographique pour les cycles de six ans à venir.

Pour établir les programmes de mesures, la DCE demande de réaliser une analyse économique permettant d'identifier les mesures qui permettront d'atteindre l'objectif environnemental de la directive *au moindre coût*. Cette démarche, relativement inédite dans le cadre de la politique de l'eau, implique, dans un premier temps, d'établir un scénario tendanciel, décrivant quelles seront les pressions sur la ressource à l'horizon visé sans mise en œuvre de mesures autres que celles déjà engagées, puis de mener une analyse coût-efficacité (ACE) des différentes mesures possibles afin d'identifier une combinaison de mesures « coût-efficace », permettant de réduire l'écart entre le scénario tendanciel et l'objectif de bon état au moindre coût (Herivaux *et al.*, 2006).

À ce jour, ce type d'analyse économique n'a pas été mise en œuvre de manière systématique dans les districts. Il a été parfois utilisé récemment à l'échelle locale dans le cadre des schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE), mais cela reste très marginal. Pour les programmes de mesures permettant d'améliorer la qualité de l'eau, l'application de ce type d'analyse s'est heurtée à la difficulté de définir l'efficacité des mesures. Plus généralement, l'absence d'études économiques est liée au fait que les démarches proposées sont conceptuelles et éloignées des préoccupations des décideurs (Turpin *et al.*, 2007). Il manque des études de références pouvant jouer le rôle de démonstrateurs, susceptibles d'aider les donneurs d'ordre, notamment à l'échelle locale, à structurer leur demande et élaborer des cahiers des charges, mais aussi les bureaux d'études à développer des méthodologies opérationnelles pour répondre à cette demande.

Cet article propose une illustration susceptible de répondre en partie à cette demande. Il s'appuie sur les résultats d'une étude économique pilote, réalisée en 2007 à l'échelle d'une petite région de 5 000 km² environ, regroupant deux bassins versants côtiers du littoral languedocien. La méthodologie est développée pour l'atteinte du bon état quantitatif des masses d'eau. S'intéresser au bon état quantitatif présente un double intérêt : d'une part, l'atteinte du bon état quantitatif est un enjeu majeur dans le contexte méditerranéen (Comité de bassin Rhône-Méditerranée, 2005) et

Les contacts

BRGM, Bureau de recherches géologiques et minières, Service eau, Cellule économie, 1039 rue de Pinville, 34000 Montpellier

d'autre part, l'efficacité des mesures de gestion quantitative de l'eau est plus facilement quantifiable que celle des mesures de gestion de la qualité de l'eau.

Dans le Sud de la France, l'atteinte du bon état quantitatif pose en particulier des questions sur l'avenir de l'agriculture irriguée. Le durcissement des contraintes réglementaires en matière d'environnement pose un nouveau défi à l'agriculture car la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) de 2006 et la DCE impliqueront probablement une réduction des prélèvements agricoles pour permettre l'augmentation des débits réservés à l'environnement. Ainsi, bien que le projet dans sa globalité ait porté sur l'ensemble des pressions quantitatives sur la ressource en eau (alimentation en eau potable, agriculture et industrie), cet article se concentre sur l'élaboration d'un programme de mesures pour le secteur agricole.

Le site d'étude et la démarche générale sont présentés dans la deuxième partie de l'article. La troisième partie présente l'estimation des prélèvements actuels et les résultats d'une réflexion prospective ayant conduit à l'élaboration de scénarios d'évolution de la demande en eau agricole à l'horizon 2020. La quatrième partie présente la méthode d'évaluation économique des mesures de gestion des prélèvements agricoles et les différentes stratégies identifiées. Les résultats sont enfin discutés et mis en perspective.

De quoi parle-t-on ?

La zone d'étude

La zone d'étude, appelée « zone Ouest-Hérault » dans la suite du texte, correspond à des masses d'eau situées à l'ouest du département de l'Hérault et identifiées comme risquant de ne pas atteindre le bon état écologique d'ici 2015. Il s'agit des masses d'eau situées dans les bassins versants du fleuve Hérault, de l'Orb et la nappe de l'Astien. La zone d'étude comprend les cantons alimentés en eau d'irrigation par ces trois ressources. Il s'agit de vingt-neuf cantons héraultais, six gardois et deux audois. Dans la suite de l'étude, les cantons sont regroupés en onze secteurs correspondant à des groupes de cantons homogènes du point de vue de la ressource en eau et des usages de l'eau. La figure 1 présente les différents secteurs : dans le bassin versant de l'Hérault, ils sont notés H1 de l'amont à H5 à l'aval, dans le bassin versant de l'Orb de O1 à O5 et celui situé dans le bassin versant du Libron L1.

L'alimentation en eau des périmètres irrigués est en grande partie réalisée à partir du réseau en concession d'État de la société d'aménagement rural (SAR) Bas Rhône Languedoc (BRL), mais il existe également des prélèvements individuels et de nombreuses associations syndicales autorisées (ASA) alimentant un réseau gravitaire à partir d'un béal (nom local désignant un petit cours d'eau) ou d'un canal sur l'Orb ou l'Hérault. L'irrigation est traditionnellement utilisée pour les cultures maraîchères et arboricoles, pour les fourrages et les grandes cultures, et également pour la vigne.

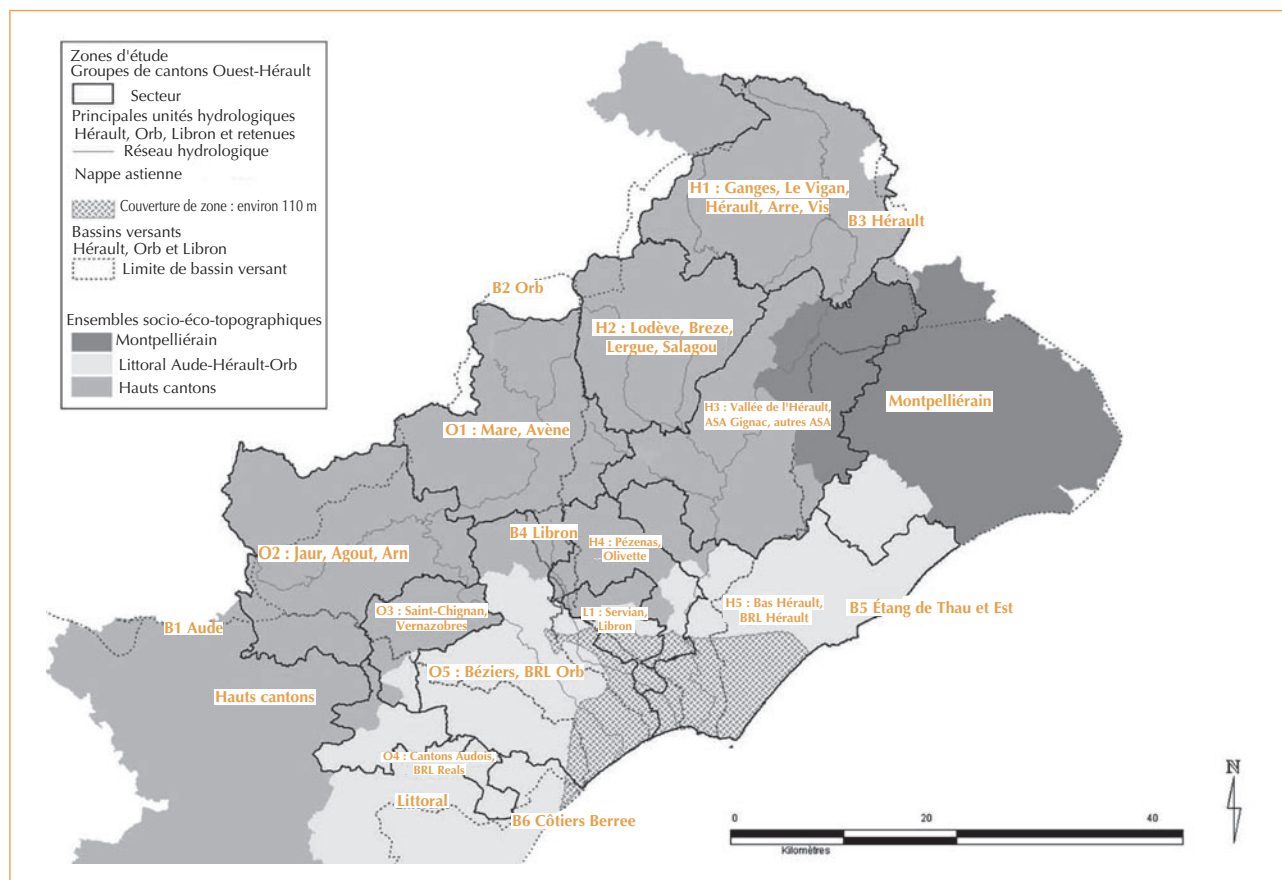
Méthodologie

La méthodologie mise en œuvre comporte trois étapes principales.

La première étape a consisté à estimer les prélèvements agricoles dans la situation de référence (année 2006) à partir d'un outil calculant les prélèvements nets en période d'étiage pour chaque groupe de cultures (grandes cultures, vigne, cultures maraîchères, vergers, fourrages et prairies, autres) à l'échelle des onze secteurs (encadré 1).

La seconde étape a consisté à construire un scénario tendanciel d'évolution des prélèvements agricoles à l'horizon 2020. L'évolution de la demande en eau agricole est particulièrement complexe à prévoir (Treyer, 2007). Il a donc été choisi d'établir plusieurs scénarios contrastés. L'analyse est inspirée de la « méthode des scénarios », classiquement utilisée en prospective (Godet, 1997). L'analyse est inspirée de la « méthode des scénarios » utilisée en prospective (Godet, 1997). Cette démarche consiste à identifier les facteurs de changement ayant le plus d'impact sur le système étudié et à balayer le champ des possibles pour ces facteurs. Des entretiens auprès d'une quinzaine d'experts du monde agricole et de la gestion de l'eau locale pendant l'été 2007 ont permis d'identifier cinq facteurs de changement majeurs et les tendances associées. Des scénarios ont ensuite été établis par combinaison des tendances selon leur cohérence et leur compatibilité. Le scénario dit tendanciel représente le prolongement des tendances passées. Il est choisi comme référence pour la suite de la démarche.

La troisième étape est une analyse coût-efficacité (ACE) de mesures permettant d'éviter l'augmentation tendancielle des prélèvements. Le principe de cette analyse est de comparer le coût de programmes de mesures alternatifs qui permettent tous d'atteindre le même objectif quantitatif. Dans le cadre de la mise en œuvre d'outils de planification locaux permettant de respecter



▲ Figure 1 – Présentation des onze secteurs de la zone d'étude.

Encadré 1

Comment les prélèvements nets sont-ils estimés ?

Les prélèvements nets en eau agricole en période d'été sont estimés en multipliant les surfaces irriguées par les besoins unitaires des plantes pour les mois de juin, juillet et août et un coefficient d'efficacité tenant compte du rendement des réseaux et des pertes qui surviennent à l'échelle de la parcelle.

Les surfaces irriguées par secteur sont données par le dernier inventaire exhaustif des surfaces irriguées du recensement général agricole (RGA) de 2000 qui fournit les surfaces irriguées à l'échelle du canton. Le scénario tendanciel permet d'estimer une évolution des surfaces entre 2000 et 2006.

Pour estimer les besoins unitaires en eau d'irrigation des plantes, deux zones sont distinguées : les secteurs des hauts cantons (O1, O2, H1, H2) et les secteurs littoraux (O3, O4, O5, L1, H3, H4, H5). L'estimation est réalisée pour chaque culture selon la zone considérée en utilisant :

- des coefficients culturaux standards (BRLi 2005, ENTECH 2004, SIEE 2006) ;
- un indice mensuel moyen d'évapotranspiration (ETP) variable selon la zone ;
- les précipitations moyennes mensuelles calculées à partir de quatre années de données météorologiques issues de seize stations situées dans la zone d'étude ;
- la réserve utile mensuelle moyenne des sols déterminée par expertise pour les deux zones.

Le coefficient d'efficacité agrégé à l'échelle cantonale puis par secteur est estimé à partir de paramètres décrivant les caractéristiques techniques des systèmes irrigués : la proportion de surface irriguée par type de matériel (goutte à goutte, aspersion, gravitaire), l'efficacité du matériel d'irrigation et le coefficient moyen de rendement du réseau pour chaque maître d'ouvrage. Ce dernier paramètre a été déterminé lors d'entretiens avec des gestionnaires d'ASA, de gros irrigants individuels et BRL.

la directive cadre sur l'eau (SAGE, contrats de rivières), des débits d'objectif d'étiage à respecter pour préserver les usages et le milieu naturel vont être définis. Pour cette étude pilote, il a été considéré que les débits d'étiage seront fixés à un niveau impliquant au moins le maintien des prélèvements au niveau actuel. Nous supposons donc que l'objectif à atteindre est d'éviter toute augmentation des prélèvements entre l'année de référence et l'horizon 2020.

Les résultats de ACE sont présentés à trois échelles d'analyse différentes : la zone Ouest-Hérault, les bassins versants et les secteurs (groupes de cantons). Cette démarche permet d'analyser l'impact de l'échelle d'analyse sur les résultats et de proposer une échelle d'analyse pertinente, qui tienne compte des contraintes de gestion et des orientations de la politique de l'eau.

Scénarios d'évolution des prélèvements en eau d'irrigation à l'horizon 2020

Estimation des prélèvements en eau d'irrigation de référence

Le tableau 1 présente, pour chaque secteur, le nombre et le type de préleveurs recensés, le coefficient moyen d'efficacité des prélèvements,

les surfaces pour chaque groupe de cultures irriguées et les volumes prélevés nets en période d'étiage en 2000.

Quarante-cinq ASA sont dénombrées ainsi que onze points de prélèvements pour le réseau géré par BRL. La vigne représente 48 % des surfaces irriguées, suivie par les grandes cultures (19 %) et les légumes (16 %). L'efficacité moyenne par secteur des systèmes irrigués est comprise entre 26 et 58 %. Les prélèvements nets entre juin et août représentent 34,4 millions de m³ répartis entre 18,6 Mm³ dans le bassin versant de l'Hérault, 15,1 Mm³ dans le bassin versant de l'Orb et 0,7 Mm³ dans le bassin du Libron. Ils sont de 36,7 Mm³ annuellement.

ÉLÉMENTS DE VALIDATION

Les prélèvements estimés ont été comparés à deux types de données :

- les données issues de documents de planification tels que le contrat de rivière de l'Orb et le SAGE du bassin versant de l'Hérault ;
- les estimations réalisées dans le cadre de l'étude AQUA 2020 (BRLi, 2006), qui a permis de dresser un bilan tendanciel de l'adéquation besoins/ressources en eau à l'horizon 2020 pour la région Languedoc-Roussillon.

Les prélèvements bruts annuels estimés dans le SAGE Hérault et le contrat de rivière Orb sont

▼ Tableau 1 – Caractéristiques des systèmes irrigués et du volume prélevé net en période d'étiage pour chaque secteur.

Secteurs	Nombre de préleveurs				Coefficient moyen R x E	Surfaces par groupe de cultures (Ha)						Surfaces Irriguées totales	Volume prélevé net période de pointe (m ³)
	ASA	ASL	Privé	SAR		Vergers	Légumes	Vignes	Fourrages	Grandes cultures	Autres		
H1	3				0,32	118	71	0	49	6	11	255	2 139 527
H2	5		1	1	0,45	14	6	92	31	29	25	197	699 058
H3	2				0,26	82	64	1000	227	229	172	1774	9 225 676
H4	1			1	0,58	13	74	242	0	267	39	635	1 964 691
H5	2	1	5	3	0,58	131	372	693	46	406	15	1661	4 629 763
L1	0		1	1	0,44	22	12	223	3	35	2	297	701 011
O1	12	2	1		0,36	38	8	157	30	73	43	349	1 456 328
O2	4		1		0,34	2	2	0	160	4	1	169	961 061
O3	9		1	1	0,49	15	15	750	0	22	4	806	1 010 839
O4				1	0,58	42	25	246	4	38	4	360	727 095
O5	7	4	3	3	0,53	282	881	1065	88	734	32	3082	10 926 363
O Ht	45	7	13	11	0,41	759	1530	4469	637	1843	348	9585	34 441 413

ASA : association syndicale autorisée ; ASL : association syndicale libre.

de 47 Mm³ (29 Mm³ dans l'Hérault et 18 Mm³ dans l'Orb), tandis que les prélèvements nets pour le département de l'Hérault dans l'étude AQUA 2020 sont de 33 Mm³. Ces estimations permettent de conclure que l'ordre de grandeur de notre estimation est comparable et logiquement encadré par ces données.

Des tendances d'évolution difficiles à identifier

L'analyse des entretiens avec des acteurs locaux permet de retenir cinq facteurs de changement principaux pour décrire l'évolution de la demande en eau agricole : la crise du secteur viticole, la concurrence euro-méditerranéenne, l'engagement de la France dans la production d'agro-carburants, l'évolution du prix des céréales et la mise en œuvre de la politique de l'eau. Ci-dessous, les tendances ou les incertitudes identifiées par les acteurs sont présentées pour chaque facteur.

LA CRISE DU SECTEUR VITICOLE

La crise du secteur viticole est un facteur de changement majeur. En effet, elle influence l'évolution des surfaces plantées en vigne et s'accompagne d'une évolution de la réglementation de l'irrigation de la vigne qui pourrait faire évoluer les pratiques d'irrigation pour cette culture¹.

Pour faire face à la crise agricole, la commission européenne a décidé de favoriser l'arrachage de surfaces non négligeables de vins de table dans l'Hérault et l'Aude. Dans le contexte actuel de déprise agricole et d'augmentation de la pression foncière, on peut supposer que ces surfaces seront en grande partie artificialisées. Néanmoins, des politiques régionales ayant pour but de limiter l'urbanisation et de maintenir des terres agricoles sont actuellement établies. Une part des terres pourraient donc rester agricole et être reconvertie pour d'autres productions.

L'irrigation de la vigne, interdite depuis 1964, est autorisée depuis 2006 pour les vins d'appellation, les vins de pays et les vins de table jusqu'au 15 août. Suite à ce changement et aux sécheresses du début du siècle, certains vignobles AOC² promeuvent l'irrigation auprès de leurs producteurs afin de sécuriser la qualité des vins. Les gestionnaires de l'eau ne savent cependant pas si ce genre de démarche va se généraliser ou non.

Enfin, la majorité des acteurs rencontrés s'attend à ce que l'évolution du marché du vin provoque une crise du secteur coopératif. Certaines caves

coopératives vont être amenées à disparaître, tandis que d'autres regrouperont la majorité de la production. Pour de nombreux petits viticulteurs, l'augmentation de la distance entre l'exploitation agricole et la cave pourrait mettre la viabilité économique de l'exploitation en péril.

LA CONCURRENCE EURO-MÉDITERRANÉENNE

La concurrence euro-méditerranéenne apparaît comme le deuxième grand facteur déterminant de l'évolution de l'agriculture. Cette concurrence pourrait fragiliser les exploitations de la zone d'étude. Mais il est très difficile d'anticiper l'évolution du marché. Certaines productions pourtant bien implantées à une période ont disparu assez rapidement de la zone (tomates) tandis que d'autres se sont vite développées (melon). En dehors du maintien de filières de « niches » bien implantées (par exemple, oignons doux des Cévennes, filières biologiques à circuits courts), il est difficile d'identifier une tendance nette d'évolution future.

L'ENGAGEMENT EUROPÉEN ET FRANÇAIS DANS LA PRODUCTION D'AGRO-CARBURANTS

L'engagement européen et français dans la production d'agro-carburants est également susceptible de modifier profondément la structure des systèmes de production agricole et la demande en eau dans la zone d'étude. Avec la directive 2003/30/EC de 2003, l'Europe impose en effet aux États membres à incorporer 5,75 % d'agro-carburants dans les carburants d'origine fossile d'ici à 2010. En France, le gouvernement s'est fixé un objectif de 7 % d'incorporation (plan de développement des agro-carburants), qui nécessiterait l'occupation de 10 % de la surface agricole utile. D'importantes incertitudes demeurent cependant par rapport à l'avenir de ces cultures (impact environnemental, progrès des technologies de deuxième génération...).

L'AUGMENTATION DU PRIX DES CÉRÉALES

L'augmentation du prix des céréales est une tendance lourde qui pourrait déclencher une conversion de certaines terres de la zone d'étude vers la production de blé dur. Ceci est d'autant plus probable que le découplage des aides PAC³ incite les agriculteurs à raisonner leur assolement en fonction du prix des cultures⁴. Le développement de la production de céréales se ferait probablement au détriment de la vigne mais aussi de surfaces maraîchères ou de surfaces toujours en herbe. Ceci pourrait conduire au développement

1. Bien que l'irrigation soit interdite sur la vigne jusqu'en 2006, 10 % des surfaces en vigne en zone littorale dans l'ouest de l'Hérault étaient irriguées par dérogation.

2. Appellation d'origine contrôlée.

3. Politique agricole commune.

4. Notons que la part des cultures irriguées éligibles aux aides PAC ne représente que 14 % de la surface agricole utile dans la zone d'étude.

d'une irrigation visant à sécuriser les rendements en année sèche, avec des volumes prélevés potentiellement importants lors des périodes de sécheresse marquée. Ainsi, selon le type de culture qui a été remplacé (irriguée ou non), la demande pourrait augmenter ou diminuer.

L'APPLICATION DE LA POLITIQUE DE L'EAU

Enfin, l'application de la politique de l'eau risque de générer deux nouvelles contraintes pour l'agriculture irriguée : la réduction des prélèvements afin d'atteindre l'objectif de bon état d'une part, et la réduction des aides publiques accordées à l'irrigation collective (ASA) accompagnée d'une augmentation des redevances afin d'appliquer le principe de récupération des coûts. Ces contraintes pourraient engendrer une diminution des activités agricoles si aucune politique régionale compensatoire n'est mise en place.

Présentation des trois scénarios

SCÉNARIO TENDANCIEL

La déprise agricole continue mais les surfaces irriguées ne sont pas touchées par celle-ci. Les démarches de planification de l'usage du foncier sont mises en œuvre à travers les SCOT⁵ et les dispositifs-types de la SAFER⁶ ; les reconversions des surfaces en vigne arrachées sont gérées dans l'objectif de favoriser des projets porteurs et respectant un aménagement du territoire équilibré. Si le vignoble de « vin de table » décline, le vignoble AOC reste dynamique. L'irrigation s'y développe et devient un outil de gestion de la qualité. Elle continue de se développer légèrement dans les vins de pays mais est de moins en moins utilisée dans les vins de table. Les filières fruits et légumes restent compétitives grâce au développement de certaines productions comme le melon et l'olivier qui se développent bien. Les circuits courts se développent par l'intermédiaire de petits réseaux locaux et d'initiatives collectives engagées par la profession agricole (chambre d'agriculture, CIVAM⁷, ADEAR⁸...). Les agro-carburants (colza, notamment sur jachère) se développent un peu, notamment sous l'influence de l'usine de production de Sète (250 000 T/an) qui s'alimente également à partir des productions d'huiles végétales du Maghreb. Les surfaces en céréales alimentaires augmentent légèrement sous l'effet des prix et du développement des agro-carburants dans les grands bassins céréaliers. Enfin, globalement, l'agriculture est considérée comme une priorité pour l'aménagement du ter-

ritoire (développement économique, maintien du tissu rural et des paysages, tourisme vert). L'effort requis pour restaurer le bon état des milieux aquatiques (directive cadre et LEMA) est réparti entre les différents usages de l'eau, n'imposant pas de contraintes trop fortes sur l'agriculture.

SCÉNARIO « DÉCLIN DE L'AGRICULTURE IRRIGUÉE »

Toutes les surfaces irriguées diminuent. Les terres en vigne arrachées sont majoritairement reconverties en surfaces urbanisées. Seuls les AOC se développent bien, avec un développement de l'irrigation techniquement maîtrisée et représentant des volumes limités par hectare. La concurrence euro-méditerranéenne et internationale s'accroît, conduisant à la disparition progressive des productions de fruits et légumes. Dans cette filière, seuls se maintiennent des agriculteurs développant des circuits courts. Le développement des agro-carburants n'a pas d'impact sur la zone (leur développement à l'échelle nationale est rapidement freiné en raison de leur mauvais bilan énergétique et écologique). Les surfaces en céréales irriguées diminuent. Enfin, les contraintes imposées par la nouvelle politique de l'eau sur l'agriculture conduisent à une réduction des prélèvements en eau, l'usage agricole n'étant pas considéré comme prioritaire par rapport à l'eau potable, et subissant l'essentiel des contraintes. Le prix de l'eau d'irrigation augmente notamment, du fait de l'application plus stricte du principe de récupération des coûts.

SCÉNARIO « REGAIN DE L'AGRICULTURE IRRIGUÉE »

Ce scénario est caractérisé par une politique régionale favorisant la transmission des exploitations et les nouvelles installations. Sous l'effet du développement des réseaux d'adduction d'eau brute et de subventions départementales et/ou régionales permettant de nouveaux investissements, les surfaces irriguées augmentent. Les surfaces en vigne arrachées sont reconverties essentiellement en surface agricoles cultivées en céréales irriguées ou dédiées au maraîchage/pépinières. Les surfaces en céréales et en légumes/fruits augmentent donc et l'irrigation est généralisée quelque soit le type de vignoble. Le développement des agro-carburants dans les grands bassins céréaliers se répercute localement en ouvrant une part de marché plus importante à la production locale de céréales alimentaires.

5. Schémas de cohésion territoriale.

6. Sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural.

7. Centres d'initiatives pour valoriser l'agriculture et le milieu rural.

8. Associations pour le développement de l'emploi agricole et rural.

L'évolution des prélèvements associés aux scénarios

L'estimation des volumes prélevés en 2020 dans chaque scénario est réalisée à partir d'une estimation de l'évolution annuelle des surfaces irriguées par groupe de cultures et par secteur. Pour cela, les hypothèses qualitatives décrivant chaque scénario sont traduites, pour chaque groupe de cultures excepté la vigne, en « types d'évolution », c'est-à-dire selon sept modalités traduisant une stabilité, un déclin ou une reprise plus ou moins importante. Le tableau 2 présente les valeurs affectées en pourcentage annuel et total entre 2006 et 2020 pour chaque type d'évolution.

Type d'évolution	Taux annuel	Évolution de 2006 à 2020
Déclin important	- 2 %	- 28 %
Déclin	- 1,5 %	- 21 %
Déclin modéré	- 1 %	- 14 %
Stabilité	- 0,5 %	- 7 %
Reprise modérée	+ 0,5 %	+ 7 %
Reprise	+ 1 %	+ 14 %
Reprise importante	+ 1,5 %	+ 21 %

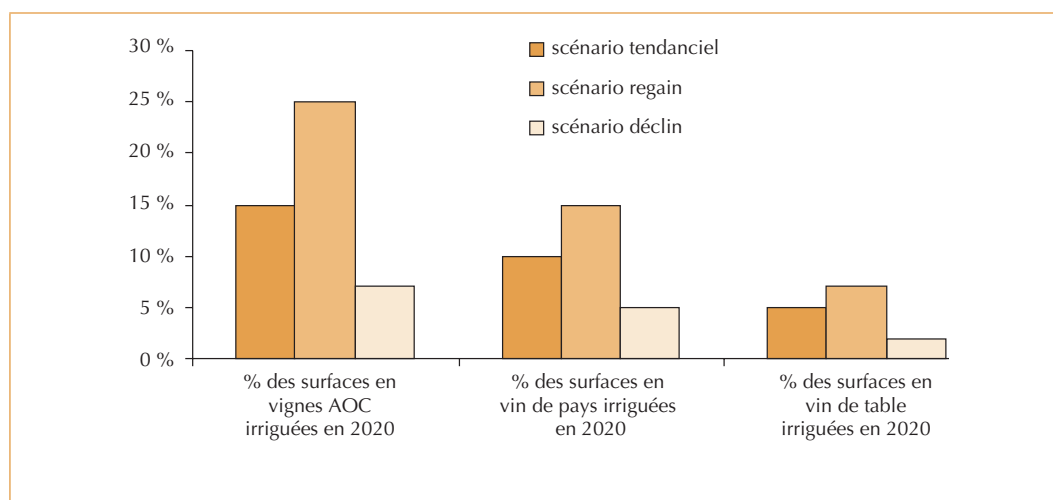
Ce code a été établi à partir des taux d'évolution des cultures irriguées observés entre 1979 et 2000 dans les RGA. Pour le scénario tendanciel, les types d'évolution choisis traduisent les tendances actuelles identifiées auprès des acteurs locaux. Quand aucune tendance n'a pu être dégagée, les surfaces sont supposées stables tout en traduisant la déprise agricole générale. Le taux annuel est donc fixé à - 0,5 %. Pour les scénarios « regain » ou « déclin », qui correspondent à des bornes haute et basse de ce qui peut arriver, les taux sont également choisis en fonction du niveau d'information disponible : si une tendance différente de la tendance actuelle a été identifiée comme possible par les acteurs locaux (exemple : « il y a beaucoup d'incertitude sur l'évolution des surfaces en vergers de cette zone, ils sont très dépendants des marchés et peuvent être reconvertis aussi vite qu'ils ont été développés »), celle-ci est traduite par un taux annuel d'évolution plus important (reprise importante ou déclin important) ; si aucune alternative particulière n'a été identifiée, le taux est fixé un cran au-dessus (scénario regain) ou en dessous (scénario déclin) du taux annuel tendanciel.

Pour la vigne, la démarche adoptée est différente. En effet, comme aucune vigne n'est irriguée en 2000 d'après le RGA et que l'on considère que le changement de réglementation concernant l'irrigation va provoquer une nette augmentation des surfaces en vigne irriguée, les taux annuels d'évolution ne peuvent être basés sur des observations de l'évolution passée. Ainsi, il est choisi de les déduire d'hypothèses fixant la part des surfaces irriguées de chaque type de vignoble (AOC, vins des pays, vins de table) atteinte en 2020 identifiées auprès d'acteurs locaux proches du monde viticole. Par exemple, dans le scénario « regain », les acteurs locaux pensent que 25 % des surfaces en vigne AOC seront irriguées (tableau 3). Il est par ailleurs supposé que les surfaces totales en vin de table diminuent de 20 % entre 2006 et 2020 pour les trois scénarios.

▲ Tableau 2 – Taux annuels d'évolution des surfaces irriguées pour les types d'évolution.

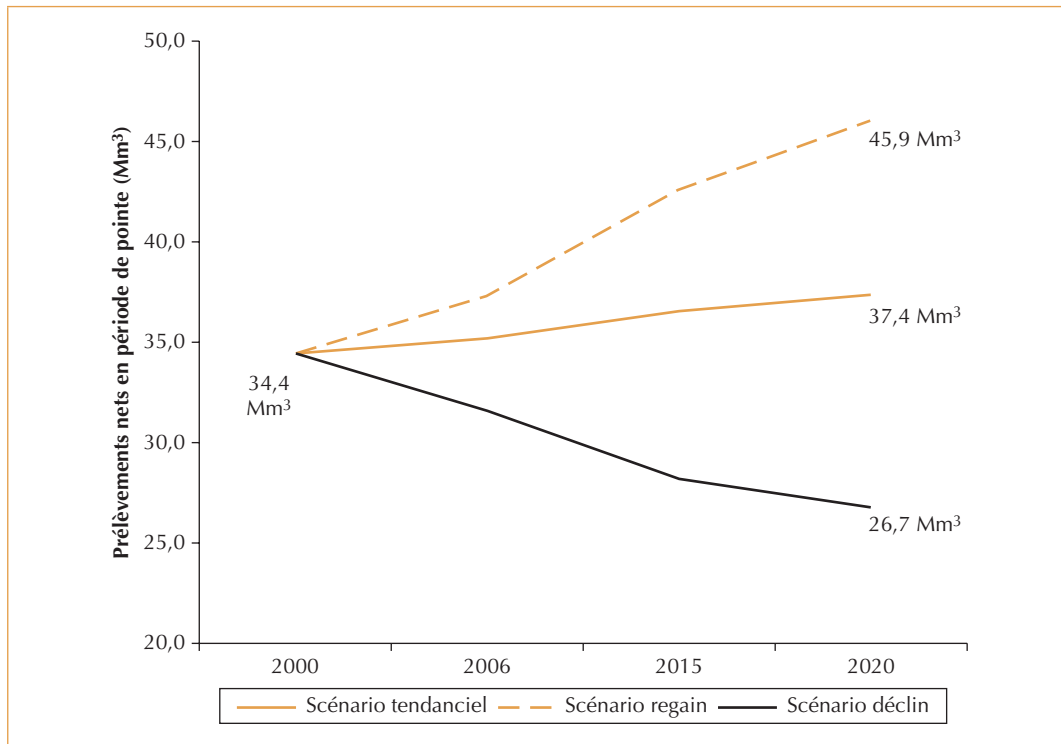
La traduction des trois scénarios en évolution quantifiée des surfaces irriguées donne trois estimations des prélèvements nets en période d'été en 2020 (figure 3) :

– avec le scénario tendanciel, les prélèvements nets en période d'été augmentent de trois millions de m³ entre 2000 et 2020, soit une aug-



◀ Figure 2 – Hypothèses sur les surfaces irriguées en vigne pour trois types de production selon le scénario.

► Figure 3 – Évolution des prélèvements nets en période d'été (Mm³) entre 2000 et 2020 selon les trois scénarios (tendanciel, regain, déclin).



mentation totale de 8,5 % et de 0,4 % par an en moyenne. On passe ainsi de 34,4 millions de m³ en 2000 à 37,4 millions de m³ en 2020. L'augmentation des prélèvements nets n'est pas homogène au sein de la zone Ouest-Hérault ;

– avec le scénario « regain de l'agriculture irriguée », la demande augmente de onze millions de m³ de 2000 à 2020, soit une augmentation de 33,4 % et de 1,7 % par an en moyenne. On passe ainsi à une demande estimée à 45,9 millions de m³ en 2020 ;

– avec le scénario « déclin de l'agriculture irriguée », la demande diminue de 22,3 % entre 2000 et 2020. La demande estimée atteint donc 26,7 millions de m³ en 2020.

9. Dioxyde de carbone.

Évaluation économique de mesures de gestion quantitative de la demande agricole

La démarche

L'analyse coût-efficacité est réalisée à partir des volumes prélevés futurs estimés dans le scénario tendanciel. Elle est composée de cinq étapes.

La première étape concerne l'identification des mesures de réduction de la demande en eau d'irrigation possibles pour la zone Ouest-Hérault en soumettant une liste de mesures potentielles à l'avis des experts interviewés.

Ensuite, les mesures sont caractérisées afin de définir le type de coûts à considérer et leur efficacité potentielle. Dans le but de recueillir des données de coûts les plus proches possibles de la zone d'étude, nous avons sollicité des experts des techniques d'irrigation et de la gestion de la demande en eau d'irrigation. Une base de données sur les coûts d'investissement unitaires, les coûts annuels, la durée de vie des équipements et la cible (type d'irrigant, type de culture...) de chaque mesure a ainsi été constituée. En dehors de coûts liés aux émissions de CO₂⁹, les coûts indirects ne sont pas pris en compte (externalités positives ou négatives potentielles liées aux mesures).

Dans la troisième étape, chaque mesure est dimensionnée. Selon le scénario d'évolution des prélèvements choisi, il s'agit de quantifier les surfaces irriguées, les types de cultures irriguées ou les préleveurs concernés par chaque mesure. Pour dimensionner les mesures ayant un impact sur l'efficacité des systèmes d'irrigation, l'état des

systèmes d'irrigation de chaque « préleveur » est traduit en classe d'état allant de « mauvais » à « très bon » et agrégé à l'échelle du secteur. Cette étape permet donc de calculer le coût d'investissement et d'entretien/opération de chaque mesure dans chaque secteur.

Ensuite, le ratio coût/efficacité (C/E) des mesures est calculé à l'échelle de chaque secteur. Il s'agit d'un ratio entre le coût moyen annualisé total (CMA_t) et le volume économisé en 2020 grâce aux mesures (Véco) : $C/E = CMA_t (\text{€/an}) / Véco (\text{m}^3/\text{an})$. Le CMA_t permet d'agréger des coûts d'investissements et des dépenses annuelles récurrentes. Il est égal à la somme des coûts moyens annualisés d'investissement (CMA_i) définis dans l'encadré 2 et des coûts récurrents annuels de fonctionnement.

Enfin, les mesures sont classées selon leur indice de coût-efficacité et des programmes de mesures sont établis selon la hiérarchie établie en combinant autant de mesures compatibles que nécessaires pour arriver à atteindre l'objectif quantitatif donné.

Les mesures étudiées

Les mesures retenues sont essentiellement des mesures portant sur l'amélioration de l'efficacité technique des systèmes d'irrigation. Il s'agit des six mesures suivantes :

– l'amélioration des réseaux gravitaires (AmGrav). Cette mesure consiste à récurer les canaux, à remédier à leurs défauts d'étanchéité afin de maximiser leur rendement, et à adopter une gestion en temps réel des volumes d'eau circulant dans les canaux. Le canal est alors rempli et fermé à l'aide d'un système de contrôle électronique ou mécanique ;

– l'optimisation des réseaux sous pression existants (OptPres). Seuls les coûts liés à la rénovation des canalisations (et non des stations de pompage) sont considérés. Les coûts énergétiques économisés par la diminution des volumes pompés sont pris en compte ;

– la modernisation des réseaux gravitaires selon deux modalités :

- la conversion à un réseau « basse pression » (ModGravBP). Cela consiste à créer des réservoirs surélevés à partir desquels l'irrigant peut brancher un dispositif de micro-irrigation. Cette mesure nécessite une rénovation du réseau dans son intégralité et l'installation d'un équipement d'irrigation à la parcelle ;

Encadré 2

$$CMA_t = CMA_i + C_f$$

avec :

$$CMA_i = \frac{\alpha I (1 + \alpha)^d}{(1 + \alpha)^d - 1}$$

où :

- I est le montant de l'investissement ;
- d est la durée de vie technique de l'équipement ;
- α est le taux d'actualisation (égal à 4 % dans toute l'étude, conformément aux recommandations de la Commission européenne).

- la conversion à un réseau « sous pression » (ModGravHP). Il s'agit du remplacement des canaux par des canalisations. Les coûts directs sont constitués d'un investissement initial pour la construction du réseau sous pression et des installations de pompage, d'un coût énergétique pour l'adduction de l'eau et d'un nouvel équipement à la parcelle (canons asperseurs, couverture totale, pivots) ;

– la conversion d'un système haute pression à un système goutte à goutte (PassGG). Le système d'adduction d'eau est modifié et le matériel haute pression est remplacé par des tuyaux perforés permettant la micro-irrigation. Cette mesure ne peut être appliquée que pour les cultures « en ligne » (arboriculture, maraîchage, vigne) et ne concerne donc pas les grandes cultures ;

– le développement du pilotage de l'irrigation ainsi que le diagnostic et réglage des canons, asperseurs et goutte à goutte (PilDiag). Il s'agit de l'installation et de l'utilisation de matériel de pilotage type tensiomètre en supposant que 5 % des irrigants adoptent cette technique. On considère que la mesure de diagnostic du matériel d'irrigation ne s'applique qu'aux surfaces en grandes cultures et vigne et qu'elle suppose le travail d'un technicien à mi-temps l'année de mise en place de la mesure et un mois par an les années suivantes.

Pour les cinq premières mesures, le volume économisé est calculé par modification des paramètres d'efficacité et de rendement des systèmes d'irrigation selon certaines conditions. Par exemple, pour l'amélioration des systèmes gravitaires, on considère qu'un réseau n'est intéressant à rénover que si l'investissement de rénovation est inférieur à 50 % de l'investissement à neuf. Pour

simuler l'effet de la mesure, le rendement de ces réseaux gravitaires est augmenté à une valeur maximale tandis que l'efficacité d'irrigation est maintenue à une valeur moyenne caractéristique de ce type de systèmes. Pour la sixième mesure, le volume économisé est calculé en supposant une économie d'eau de 10 % du volume prélevé net sur les surfaces concernées.

Résultats de l'analyse coût-efficacité à l'échelle de la zone Ouest-Hérault

Le tableau 3 présente la hiérarchisation des mesures selon le ratio C/E pour l'analyse menée à l'échelle de la zone Ouest-Hérault.

Les mesures les plus « coût-efficaces » sont les mesures portant sur l'optimisation des systèmes existants : amélioration des réseaux gravitaires et des réseaux sous pression. Le coût par m³ de telles mesures est respectivement de 0,58 €/m³ et 0,74 €/m³. Les mesures concernant des changements de systèmes sont moins coût-efficaces. Enfin, les mesures de pilotage et de diagnostic du matériel apparaissent comme les moins coût-efficaces (plus de 2 €/m³ économisé). Ces résultats obtenus à l'échelle de la zone Ouest-Hérault incitent donc à favoriser une optimisation des systèmes existants plutôt que des conversions de systèmes.

Une fois hiérarchisées, les mesures peuvent être combinées pour atteindre un volume d'eau à économiser donné. Les six mesures ne peuvent cependant pas être toutes mises en œuvre en même temps car elles présentent parfois une incompatibilité : les mesures consistant à optimiser un type de système ne peuvent pas être suivies par une conversion du même système. Nous proposons donc six combinaisons de

mesures (ou programmes) permettant d'atteindre l'objectif de maintien de la demande agricole à son niveau de référence d'ici 2020 en tenant compte de la hiérarchisation des mesures et des incompatibilités (figure 4).

La figure 5 présente les volumes économisés et le coût cumulé moyen annuel de chaque programme. Tous les programmes permettent très largement d'atteindre le volume tendanciel à économiser de trois millions de m³ à l'échelle de la zone d'étude, et ceci, excepté pour le programme 6, dès la mise en place de la première mesure. On remarque que les programmes 3 et 4, qui impliquent une reconversion des systèmes gravitaires, sont les programmes permettant d'économiser le plus important volume.

Ces premiers résultats permettent d'identifier des programmes de mesures coût-efficaces à l'échelle de la zone Ouest-Hérault et de conclure que globalement, ces mesures permettent de réduire le niveau des prélèvements à hauteur de ce qui pourrait être exigé dans le cadre de la DCE pour l'usage agricole de l'eau.

L'analyse à l'échelle de la zone entière présente l'avantage de fournir des ordres de grandeur. Elle a cependant des limites car elle suppose une application uniforme des mesures sélectionnées et ne tient donc pas compte de la localisation précise des déficits en eau. Ainsi, la mise en œuvre d'un programme de mesures établi à cette échelle conduirait à instaurer des mesures là où elles ne sont pas réellement nécessaires et obligerait à envisager des transferts d'eau. Ainsi, la mise en œuvre d'un programme de mesures établi à cette échelle conduirait à instaurer des mesures là où elles ne sont pas réellement nécessaires et obligerait à envisager des transferts d'eau.

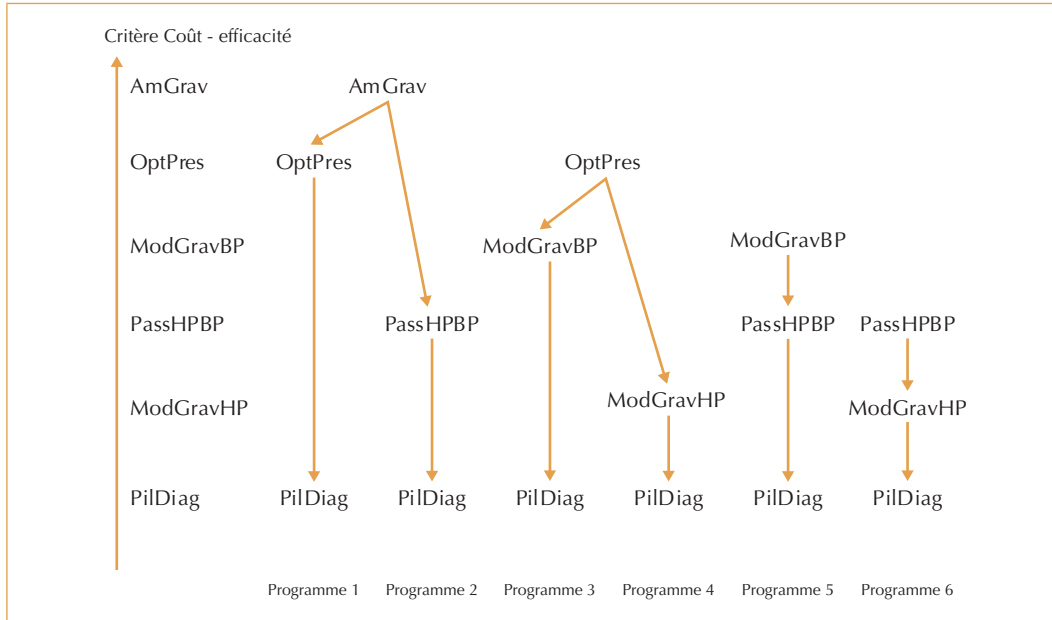
Résultats de l'ACE à l'échelle des bassins versants

L'ACE menée à l'échelle des bassins versants selon la même démarche permet de considérer des volumes à économiser directement liés au cours d'eau concerné. Le tableau 4 présente la hiérarchisation des mesures pour les bassins de l'Hérault et de l'Orb. Cette hiérarchisation, différente de celle obtenue à l'échelle de la zone entière, montre, par exemple, que la mesure d'amélioration des réseaux gravitaires est la mesure la plus coût-efficace dans le bassin versant de l'Hérault tandis que la mesure d'optimisation des réseaux sous pression est la plus coût-efficace dans le bassin versant de l'Orb.

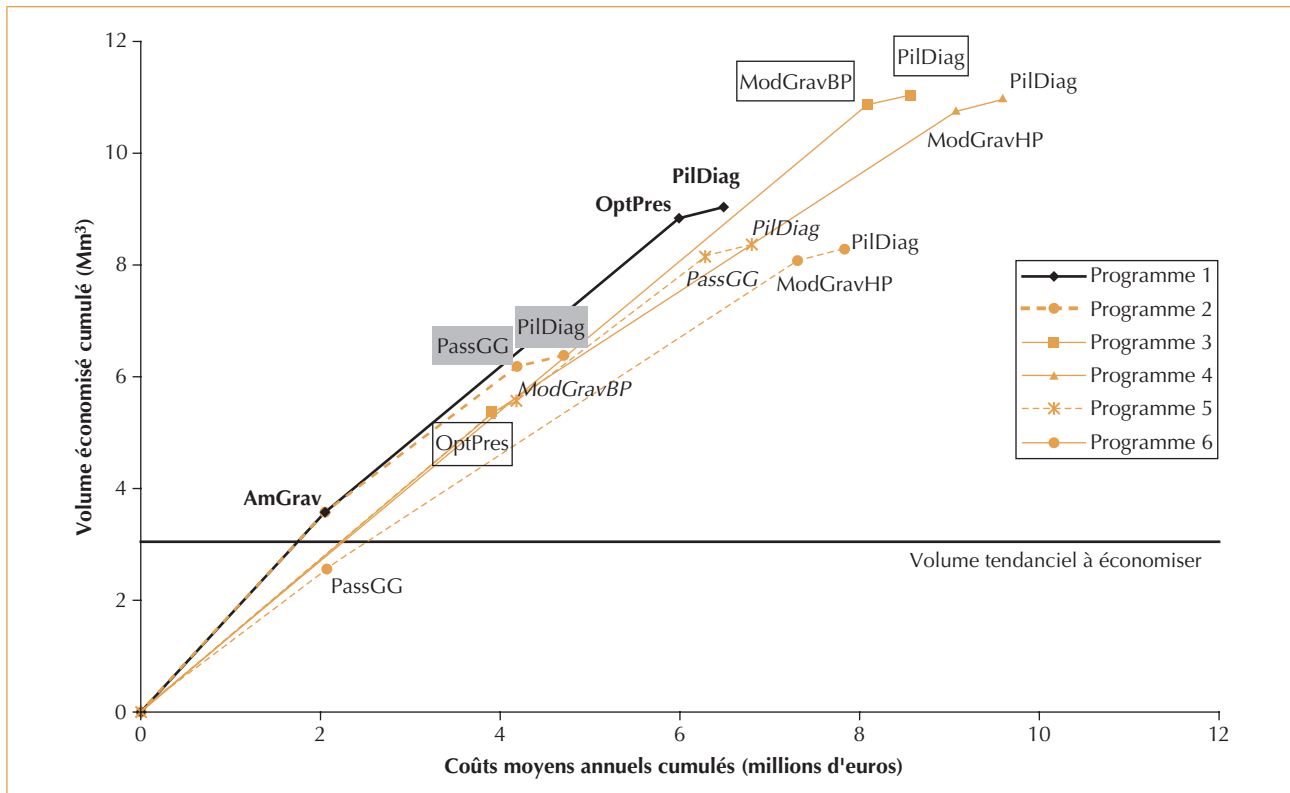
▼ Tableau 3 – Hiérarchisation selon le critère C/E des mesures de gestion de la demande en eau agricole étudiées sur la zone Ouest-Hérault pour une évolution tendancielle des prélèvements en eau d'irrigation.

Code mesure	Volume économisé (Mm ³ /an)	Coût actualisé annuel (M€/an)	Ratio C/E (€/m ³)	Rang
AmGrav	3,55	2,06	0,58	1
OptPres	5,30	3,92	0,74	2
ModGravBP	5,54	4,16	0,75	3
PassGG	2,62	2,14	0,82	4
ModGravHP	5,47	5,15	0,94	5
PilDiag	0,20	5,03	2,51	6

▼ Figure 4 – Présentation des six programmes de mesures possibles à l'échelle de la zone Ouest-Hérault. Par exemple, le programme 1 est constitué de la mesure la plus coût-efficace (AmGrav), suivie de la mesure la plus coût-efficace compatible suivante (OptPres), puis de la mesure PiIDiag car les autres mesures pourtant plus coûts-efficaces ne sont pas compatibles avec les deux premières.



▼ Figure 5 – Cumul des coûts moyens annuels actualisés et des volumes d'eau économisés pour les six programmes de mesures possibles à l'échelle de la zone Ouest-Hérault.



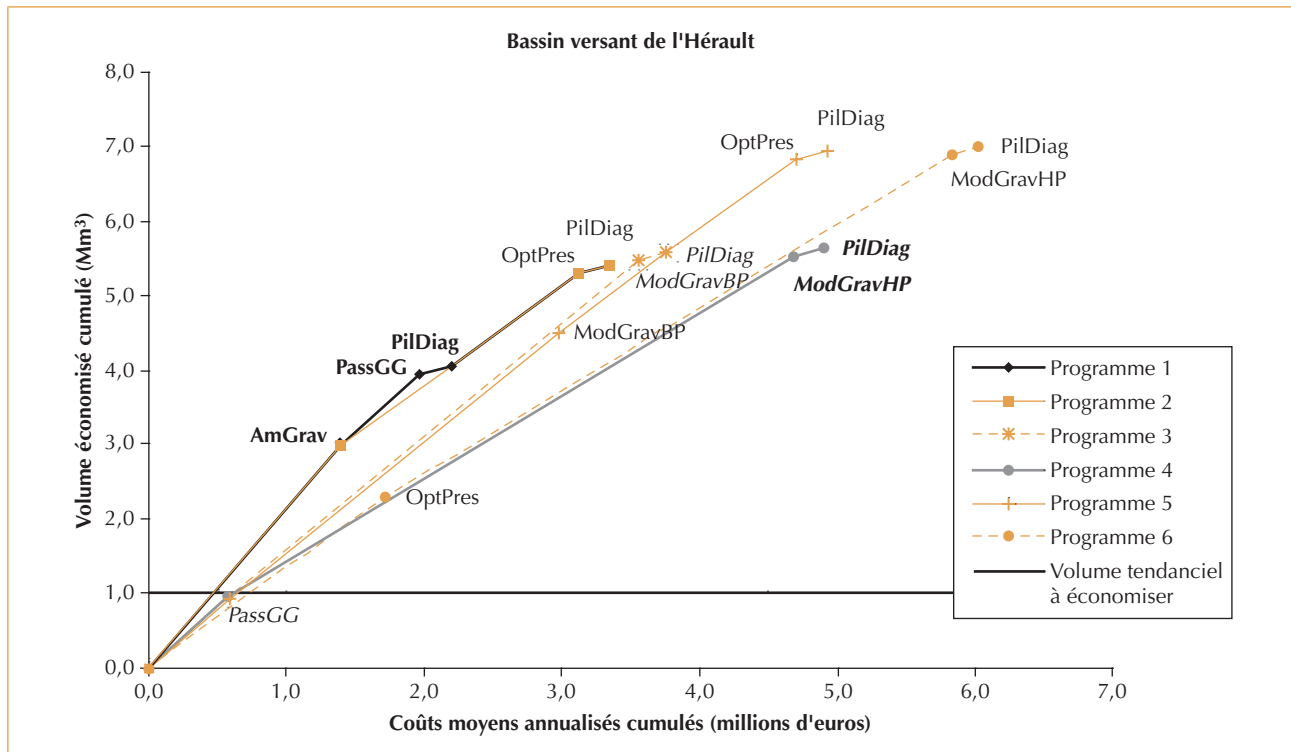
► Tableau 4 – Présentation des résultats de l'ACE à l'échelle des bassins versants de l'Hérault et de l'Orb.

Hérault				Orb			
	Volume économisé (m ³)	Coût actualisé annuel (€)	Rapport C/E (€/m ³)		Volume économisé (m ³)	Coût actualisé annuel (€)	Rapport C/E (€/m ³)
AmGrav	2 993 133	1 401 110	0,47	OptPres	2 798 068	2 059 842	0,74
PassGG	942 066	572 274	0,61	PassGG	1 609 564	1 479 094	0,92
ModGravBP	4 519 966	2 974 678	0,66	AmGrav	552 562	614 728	1,11
OptPres	2 303 935	1 726 934	0,75	ModGravBP	1 018 052	1 183 168	1,16
ModGravHP	4 576 773	4 114 721	0,90	ModGravHP	887 210	1 039 173	1,17
PilDiag	105 490	228 815	2,17	PilDiag	90 667	228 815	2,52

Six programmes ont été établis. Les volumes économisés cumulés et coûts moyens annualisés cumulés de chaque programme sont présentés sur les figures 6 et 7. Dans le bassin versant de l'Hérault, le programme le plus coût-efficace est l'optimisation des systèmes gravitaires, suivie du passage de systèmes « haute pression » au « basse pression » et la mesure de pilotage et de diagnostic. Dans le bassin versant de l'Orb, il s'agit de l'optimisation des réseaux sous pression existants, suivie de l'optimisation des réseaux gravitaires et de la mesure de pilotage/diagnostic.

Dans les deux bassins, la mise en œuvre de la première mesure du programme le plus coût-efficace suffit largement à atteindre l'objectif quantitatif (l'amélioration des réseaux gravitaires permet par exemple d'économiser 2,9 Mm³ pour un coût de 1,4 M€/an dans le bassin de l'Hérault). Il pourrait cependant être intéressant d'appliquer une mesure pourtant moins coût-efficace comme la conversion d'un système haute pression à un système goutte à goutte qui, pour un coût total plus faible de l'ordre de 0,57 M€/an, permettrait d'atteindre près de 90 % de l'objectif.

▼ Figure 6 – Cumul des coûts moyens annuels actualisés et des volumes d'eau économisés pour les six programmes de mesures possibles à l'échelle du bassin versant de l'Hérault.



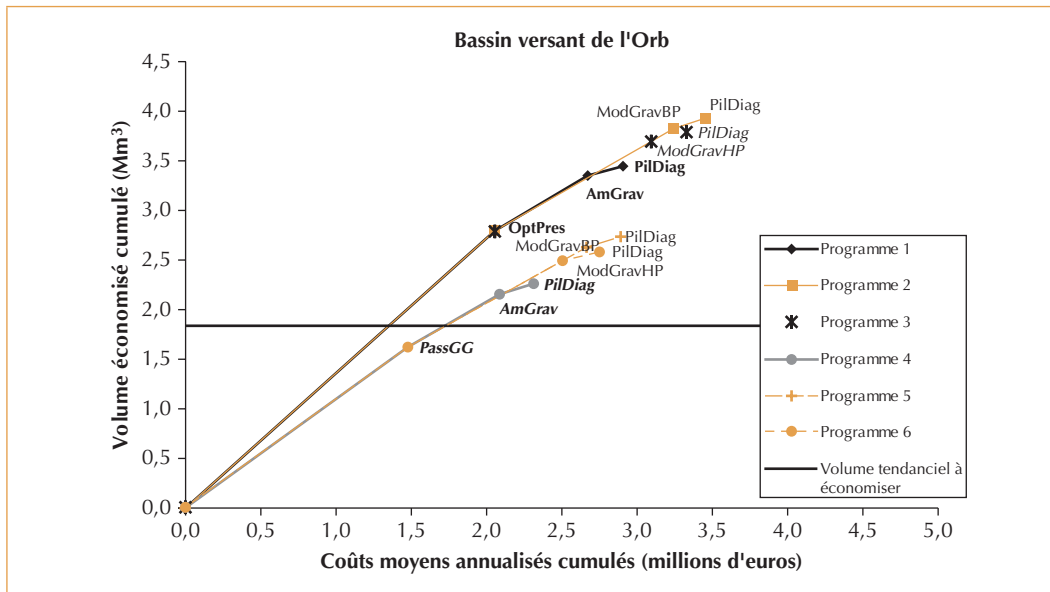


Figure 7 – Cumul des coûts moyens annualisés et des volumes d'eau économisés pour les six programmes de mesures possibles à l'échelle du bassin versant de l'Orb.

Résultats de l'ACE à l'échelle des secteurs

L'analyse à l'échelle des secteurs permet de savoir si une combinaison de programmes plus locaux pourrait être encore plus coût-efficace pour atteindre l'objectif quantitatif du bassin versant. Elle permet de cibler les périmètres irrigués sur lesquels les efforts devraient porter en priorité. Les résultats sont présentés dans le tableau 5 pour le bassin versant de l'Hérault, pour le programme le plus coût-efficace à l'échelle du bassin : l'amélioration des réseaux gravitaires, la conversion d'un système haute pression à un système goutte à goutte ainsi que le développement du pilotage de l'irrigation et le diagnostic/réglage des canons, asperseurs et goutte à goutte.

La figure 8 représente les volumes économisés cumulés, les coûts moyens annualisés cumulés et le coût unitaire des trois mesures étudiées dans chaque secteur. En considérant que les économies d'eau réalisées dans les différents secteurs se cumulent pour permettre de respecter un débit à l'aval, l'objectif à atteindre est le volume à économiser à l'échelle du bassin versant. L'analyse montre qu'il est coût-efficace de mettre en œuvre la conversion d'un système haute pression à un système goutte à goutte dans H3, H4 et H1, puis l'amélioration des systèmes gravitaires dans H3.

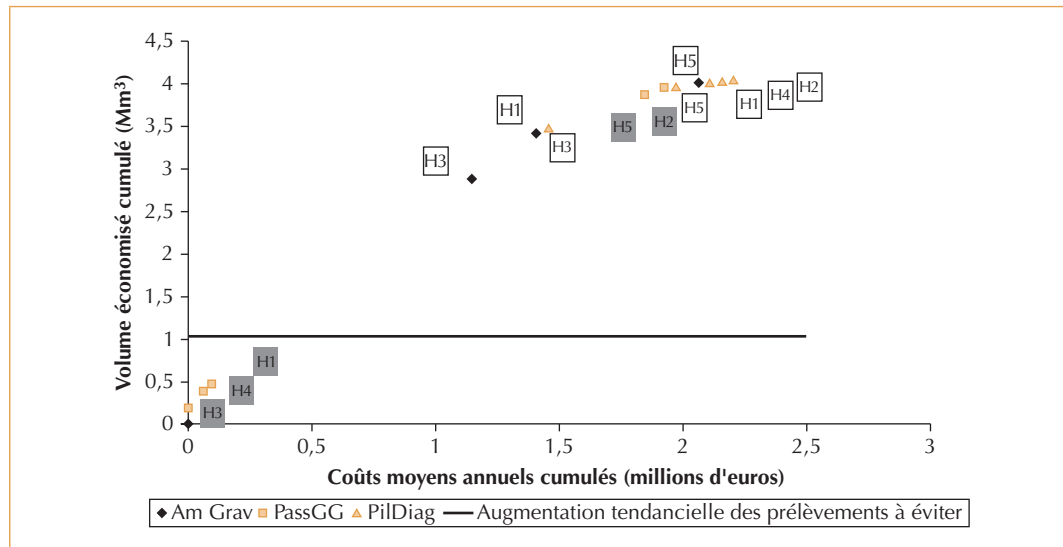
L'analyse à l'échelle des secteurs permet de spatialiser l'application du programme établi à l'échelle du bassin. Les mesures à mettre en œuvre en premier dans certains secteurs sont

Tableau 5 – Présentation des résultats de l'ACE à l'échelle des secteurs du bassin versant de l'Hérault.

Mesures	Secteurs	Économie eau annuelle moyenne (Mm ³)	Coût moyen annualisé (1 000 €)	€/m ³
PassGG	H3	0,18	7	0,04
PassGG	H4	0,18	57	0,30
PassGG	H1	0,08	36	0,41
AmGrav	H3	2,43	1 045	0,43
AmGrav	H1	0,53	263	0,50
PilDiag	H3	0,05	45	0,87
PassGG	H5	0,40	392	0,98
PassGG	H2	0,08	79	1,01
PilDiag	H5	0,02	45	1,90
AmGrav	H5	0,03	92	2,91
PilDiag	H1	0,01	45	3,65
PilDiag	H4	0,01	45	3,75
PilDiag	H2	0,004	45	11,30

différentes de celle qui serait choisie à partir d'une analyse restant à l'échelle du bassin. Le volume à économiser est atteint en mettant en œuvre deux mesures sur trois secteurs seulement. Bien que le volume économisé reste bien supérieur

► Figure 8 –
Spatialisation du
programme 1 sur les
secteurs du bassin
versant de l'Hérault.



au volume d'économie nécessaire, le coût de ce programme affiné est moins élevé (1,14 M€) que celui du programme résultant de l'analyse à l'échelle du bassin (1,41 M€). Enfin, le coût unitaire des mesures est inférieur à 0,45 €/m³. Il est donc diminué par rapport au coût moyen des mesures sur l'ensemble de la zone.

Ce que nous disent ces scénarii d'analyse pour l'avenir

Selon nos hypothèses (prélèvements futurs estimés à partir des projets tendanciels locaux, débit à respecter égal au débit de l'année de référence), les programmes de mesures les plus coût-efficaces consistent essentiellement à améliorer les réseaux existants et à installer du goutte à goutte quand cela est possible pour les systèmes actuellement en système haute pression. Ce résultat inciterait à renoncer à la conversion des systèmes gravitaires en systèmes sous pression puisque, sans même prendre en compte les coûts indirects liés à la perte d'externalités positives qu'apportent les systèmes gravitaires (Ladki, 2004), cette mesure n'apparaît pas intéressante d'un point de vue économique. Dans cette étude, en dehors d'impossibilités techniques ou agronomiques prises en compte et de la mesure PilDiag, le taux d'adoption des mesures proposé a été fixé à 100 %. Une analyse de leur acceptabilité par les agriculteurs serait nécessaire pour nuancer cette hypothèse et permettre une réelle comparaison des mesures avec celle portant sur le pilotage de l'irrigation.

Les coûts unitaires des mesures étudiées présentent une variabilité non négligeable d'une mesure à l'autre et pour une mesure donnée, en fonction de l'échelle d'analyse. Ces coûts, de l'ordre de quelques centimes d'euros à 0,45 €/m³, devraient être mis en perspective par rapport au coût unitaire de mesures de mobilisation de nouvelles ressources telle l'adduction de l'eau du Rhône ou la désalinisation, dont les coûts unitaires sont par exemple de l'ordre de 0,7 à 1,25 €/m³ (BRL, 2006). Cette comparaison pourrait également intégrer des mesures de gestion de la demande en eau potable et permettrait ainsi de fournir des éléments d'aide à la décision dans le cadre des travaux de planification de la ressource en eau engagés actuellement pour la zone d'étude.

La réalisation de l'ACE à différentes échelles montre que plus l'analyse est appliquée à l'échelle de petites mailles, plus le programme de mesures est coût-efficace. Le découpage de la zone d'étude en secteurs permet en effet d'identifier les territoires où les mesures sont à mettre en œuvre en priorité et pour chaque secteur, les mesures les plus efficaces. Ce résultat pourrait amener à penser que pour établir un programme de mesure le plus « coût-efficace » possible, il pourrait être pertinent de baser le processus de planification de la gestion de l'eau des districts hydrographiques sur une analyse des secteurs prioritaires. Dans le cadre de la directive cadre sur l'eau, il n'en est rien car cette démarche est en contradiction avec l'esprit de la directive

dont le principe est au contraire de couvrir l'ensemble des masses d'eau. Une perspective pourrait alors être la recherche de programmes de mesures optimisés pour chaque masse d'eau ou groupes de masses d'eau. Travailler à l'échelle de la masse d'eau pose cependant un problème d'accès aux données sur les surfaces irriguées. Dans cette étude, les surfaces irriguées – disponibles à l'échelle des cantons – n'ont pas été désagrégées à l'échelle de la masse d'eau et les données décrivant l'état du système d'irrigation – issues d'un recensement quasi-exhaustif des préleveurs – ont elles, été agrégées à l'échelle des secteurs pour correspondre avec les surfaces. La « désagrégation » des surfaces irriguées pourrait se faire à dire d'expert, sachant que dans quelques années, elles pourraient être facilitée par les études d'estimation des volumes prélevables qui ont été lancées depuis la circulaire du MEEDDM¹⁰ du 30 juin 2008 si celles-ci impliquent un recensement précis et actualisé des préleveurs.

Enfin, dans cette analyse à vocation démonstrative, l'identification des programmes de mesures

est basée sur l'objectif d'économiser un volume correspondant à l'augmentation tendancielle des prélèvements entre 2006 et 2020. Si les résultats obtenus sont robustes pour une certaine gamme de volumes à économiser, dans un cadre opérationnel, ils devraient être actualisés après détermination précise du volume à économiser permettant d'atteindre le bon état quantitatif. Cette détermination n'est pas évidente et n'était pas disponible lors de la réalisation du projet. Les études portant sur la définition des débits d'objectif d'étiage des cours d'eau de la zone d'étude actuellement en cours devraient aider à sa détermination. Cependant, pour ces études, l'estimation des prélèvements futurs devra être approfondie afin de réduire l'incertitude pesant sur cet élément primordial de planification. Une comparaison des prospectives réalisées depuis quelques années sur le territoire et des surfaces irriguées passées et actuelles, recensées sur certaines zones caractéristiques par exemple, pourrait être une piste de recherche pour aider à prévoir la demande en eau agricole future. □

10. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer.

Remerciements

Cet article a été rédigé à la suite du projet « Analyse économique du programme de mesures de la directive cadre sur l'eau. Application à la gestion quantitative des ressources en eau dans l'Ouest du département de l'Hérault » financé par le BRGM, l'agence de l'eau Rhône- Méditerranée et Corse et le conseil général de l'Hérault. Les opinions énoncées ici n'engagent que l'auteur et ne peuvent en aucun cas être considérées comme reflétant une position officielle des financeurs du projet.

Résumé

Cet article propose une illustration de l'analyse économique nécessaire pour identifier les mesures de gestion permettant d'atteindre au moindre coût l'objectif environnemental de la directive cadre sur l'eau. La méthodologie est présentée et appliquée à des mesures de gestion de la demande en eau agricole dans deux bassins versants languedociens particulièrement marqués par des problèmes quantitatifs de gestion de l'eau. Une estimation de l'évolution des prélèvements d'irrigation d'ici 2020 dans la zone permet ensuite de procéder à l'analyse coût-efficacité. Celle-ci, appliquée à différentes échelles, fournit des combinaisons de mesures permettant largement d'atteindre une économie d'eau suffisante. Le coût unitaire de ces mesures devrait être comparé à d'autres mesures de gestion de la demande ou de mobilisation de nouvelles ressources.

Abstract

This article illustrates the economic analysis applying promoted by the European Water Framework Directive. It presents the methodology and the results based on the applying to agricultural use of water in two river basins in the south of France where water shortages occurs regularly. The future withdrawals for irrigation in 2020 are assessed by a foresight approach and a cost-effective analysis is then performed. Results at several scales allow to identify the most effective measures to save water. The unit cost of these measures could be compared to the unit cost of others measures like new water resource mobilization to help water stakeholders in their planning.

Bibliographie

BRLI, 2006, *AQUA 2020, volet « Ressources », Satisfaire les besoins en eau du Languedoc-Roussillon tout en respectant les milieux aquatiques*, conseil régional Languedoc-Roussillon, conseil général de l'Aude, conseil général du Gard, conseil général de l'Hérault, conseil général des Pyrénées Orientales, Document de référence, 49 p.

BRLI, 2005, *Étude des prélèvements en eau et de leurs usages sur le bassin de la Brèze*, UASA 34, Conseil Général de l'Hérault, 115 p.

COMITÉ DE BASSIN RHÔNE-MÉDITERRANÉE, 2005, *État des lieux - Bassin du Rhône et des cours d'eau côtiers méditerranéens - Directive cadre européenne sur l'eau... vers le bon état des milieux aquatiques. Annexe géographique 17/ Côtiers ouest, lagunes et littoral*, 58 p.

ENTECH, 2004, *Défi Orb : Plan d'action et d'optimisation des prélèvements de la Mare, étape 2*, Syndicat mixte de la Vallée de l'Orb, 79 p.

GODET, M., 1997, *Manuel de prospective stratégique - Tome 1 : Une discipline intellectuelle*, Éditions Dunod.

HERIVAUX, C., RINAUDO, J.-D., NICOLAI, N., SALLERON, J.-L., 2006, Évaluation économique du programme de mesure à l'échelle du district hydrographique Rhin-Meuse : cadre méthodologique et application à la problématique de la pollution organique, *La Houille Blanche*, n° 4, p. 81-87.

LADKI, M., 2004, *Les externalités de l'irrigation gravitaire. Identification - Quantification - Évaluation - Gestion*, DEA Science de l'eau dans l'environnement continental, université Montpellier II.

SIEE, 2006, *Défi Orb : Plan d'action et d'optimisation des prélèvements sur le bassin versant du Vernazobres, phase 1*, Syndicat Mixte de la vallée de l'Orb, 93 p.

TREYER, S., 2007, Ressources en eau : prospective de la rareté. Débat international et spécificités nationales, *Futuribles*, n° 336.

TURPIN, N., BORDENAVE, P., OEHLER, F., BIOTEAU, T., 2007, Coût-efficacité de pratiques respectueuses de l'environnement : une modélisation couplée pour représenter les conséquences, sur un territoire, de l'adoption de pratiques visant à limiter les pollutions par l'azote, *Ingénieries-EAT*, n° 51, p. 3-17.