Bilan scientifique d'une recherche interdisciplinaire entre agronomes, hydrologues et économistes : le point de vue des économistes

ANNE LACROIX, AMÉDÉE MOLLARD

L'article qui suit devrait intéresser les lecteurs de NSS *à plus d'un titre. Tout d'abord parce que les deux auteurs portent témoignage d'une expérience de recherche conduite pendant près de 10 ans et ne manquent pas d'expliciter les difficultés rencontrées. Ensuite parce que les résultats auxquels ils aboutissent vont au-delà des analyses coût-bénéfice classiques des recherches en économie de l'environnement lorsque les emprunts faits aux disciplines techniques se limitent à la forme de « boîtes noires ». Les auteurs montrent l'intérêt d'une analyse dite « coût-efficacité », qui minimise les coûts pour un objectif donné d'efficacité environnementale. Enfin parce qu'en conclusion, ils dénoncent, arguments à l'appui, le peu d'attrait que présentent de telles recherches dans les dispositifs d'évaluation académique qui est la règle pour la promotion des chercheurs. C'est bien là un des enjeux de* Natures Sciences Sociétés.

Les problèmes d'environnement renvoient inévitablement à l'analyse de nombreuses interactions entre « systèmes complexes ». Pour cette raison, ce champ de recherche est propice à l'interdisciplinarité, plus encore, ce champ nécessite l'interdisciplinarité (Legay, 1999). Les économistes de l'environnement évoquent classiquement la nécessité du recours à l'interdisciplinarité : « Pour être pertinent, l'économiste doit intégrer dans sa démarche d'étude des éléments provenant de disciplines très diverses, allant du droit ou des sciences de l'ingénieur à l'écologie ou l'hydrologie » (Amigues et Moreaux, 1999).

Pourtant, malgré cette volonté affichée, force est de constater que peu d'entre eux développent des approches de ce type. Elles se limitent bien souvent à l'emprunt de « boîtes noires » aux disciplines bio-techniques et à leur intégration à la sphère économique en leur affectant une valeur ou un prix, même si ce doit être « à frottements durs ». Cela permet plus aisément de retomber sur une analyse coût-bénéfice classique pour fonder les décisions publiques ou privées.

Observons par exemple les *handbooks* anglo-saxons ou les manuels d'économie de l'environnement en français (qui fleurissent depuis deux ou trois ans) ; dépouillons les revues spécialisées : toute cette littérature évacue en général les approches interdisciplinaires approfondies, à part quelques exceptions notables. Même la revue *Ecological Economics*, malgré son titre et son projet éditorial d'origine, n'échappe pas à cette tendance mono-disciplinaire. Le plus souvent, on trouve des références à d'autres apports disciplinaires, en introduction ou en conclusion, et on en reste là. Analysons les programmes des colloques interdisciplinaires[1] et l'on verra que les économistes sont peu présents, qu'ils modélisent souvent sur une base disciplinaire et qu'ils ne pratiquent guère la modélisation intégrée.

Dans un autre registre, observons les difficultés de l'Inra où l'on reproche parfois aux économistes l'insuffisance de leurs coopérations transversales au sein de leur propre institution et un déficit de dialogue avec les disciplines bio-techniques[2]. Mais cela est vrai aussi du Programme Environnement du CNRS (PEVS) et des grands programmes interdisciplinaires, où il est fré-

ANNE LACROIX, AMÉDÉE MOLLARD
Économistes, équipe R&A, Inra/ESR, université Pierre-Mendès-France, BP 47 X, 38040 Grenoble cedex 09, France
lacroix@grenoble.inra.fr/mollard@grenoble.inra.fr

Cet article présente les résultats de recherches interdisciplinaires menées dans le cadre du comité SEAH (Systèmes Écologiques et Action de l'Homme) du Programme « Environnement, Vie et Société » du CNRS (Meudon le 27 mars 2000), tout comme les trois autres articles précédemment publiés dans *NSS* (cf. « Eaux, poissons et pouvoirs. Un siècle de gestion des échanges mer/lagune en Camargue » de P. Allard et al. (NSS (9) 1) ; « Gestion de l'eau et interactions société-nature. Le cas du delta du Sénégal en rive mauritanienne » de S. Duvail et al., et « À la recherche d'une agriculture "durable" sur les fronts pionniers : les processus de sédentarisation d'une agriculture familiale en Amazonie et en Argentine » de C. Albaladejo (NSS, (9) 2) ; ainsi que le texte de G. Fontenelle « Le programme Urbamont » (usages et ressources en baie du Mont-St-Michel publié en « Vie Scientifique » (NSS, (9), 3). D'autres contributions devraient venir s'ajouter à celles-ci, nous les signalerons.

[1] Par exemple sur la modélisation pour l'environnement : Blasco, F. (Ed), 1997. Tendances nouvelles en modélisation pour l'environnement. Journées du programme Pirevs/CNRS, Elsevier, Paris, p. 45.

[2] Notons cependant que cette situation évolue plus favorablement depuis le lancement d'un appel d'offres « Transversalité » interne à l'Inra et avec la mise en place récente de séminaires communs entre plusieurs départements sur le thème « Gestion de l'Espace rural ».

 © 2002 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés

Abstract – Evaluation of an interdisciplinary research project involving agronomists, hydrologists and economists : the point of view of economists.
Most economists state that dealing with environmental problems requires a cooperation between different disciplines; but, practically, their interdisciplinarity is limited to the importation of «black boxes» from the biotechnical disciplines. This paper presents another possible way, much more integrated and demanding. It is based on an innovating experience of interdisciplinary research on nonpoint-source water pollution, carried out from 1992 to 2000 on the Bièvre plain (Isère, France). The assessment of this research sets out many methodological and difficulties encountered but the results are more relevant. On the basis of this long lasting experience of cooperation between agronomists, hydrologists and economists, the paper draws the lessons of a more integrated interdisciplinary practice. It describes the successive steps along the process of production of knowledge and the difficulties which arise from the confrontation between the objectives and practices of the various disciplines. These difficulties lie particularly with the differences in the scale of analysis and in the question of extrapolating the results obtained by each discipline. Finally, the big interest of such an approach for economics is highlighted by the originality of the conclusions for regulating the pollution. However, it remains difficult to finalize this kind of research in an academic way.
© 2002 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS.

nonpoint-source water pollution / groundwater resource / interdisciplinarity / methodology

quent de rencontrer une structuration autonome des sciences sociales ou des économistes seuls : par exemple, le comité Environnement, Société et Développement à long terme du Pirevs, mais aussi le programme Piree du ministère de l'Environnement ou le sous-groupe « valuation monétaire » du GIP Hydrosystèmes[3]...

Le croisement à envisager entre les différentes disciplines peut être plus ou moins important : du simple échange d'informations à la conception de modèles intégrés. Ceci dépend de la nature du problème traité, mais aussi et surtout de la démarche adoptée et donc de la volonté des chercheurs à s'engager dans une coopération entre disciplines. Sur le plan sémantique, nous préférons nommer ce croisement de disciplines, « interdisciplinarité » plutôt que « pluridisciplinarité », qui renvoie à une simple collection de disciplines sans entrevoir leur interaction, ou à « transdisciplinarité » (Sebillotte, 1999) qui évoque trop les confusions des années 1970, où celle-ci, « imposée au nom d'un dogme nouveau » (Legay, 1999), consistait en la recherche d'une illusoire méta-discipline, avec la perte d'identité disciplinaire qui en résultait. À transcendance, nous préférons interdépendance qui indique mieux la reconnaissance de la logique disciplinaire de l'autre et souligne les interactions recherchées comme conditions essentielles d'une coopération scientifique.

En retraçant les étapes, les difficultés et les points positifs de notre coopération d'économistes avec des hydrologues et des agronomes, dans le cadre d'un programme de recherche de longue durée sur les pollutions diffuses de l'eau[4], nous cherchons dans cet article à dégager quelques enseignements d'ordre méthodologique pour la pratique de l'interdisciplinarité et à dégager les atouts d'une telle démarche.

[3] Réciproquement, il n'y avait pratiquement pas d'économistes participant au programme SEAH (Systèmes écologiques et action de l'homme) du même Pirevs ou au Programme « zones ateliers » du GIP Hydrosystèmes, au cours de la période 1996/1998.

[4] Programme SEAH 1996–98 du Pirevs/CNRS, Programme « zones-ateliers » 1996/1998 du GIP Hydrosystèmes et Programme Environnement du Contrat de Plan État/Région Rhône-Alpes 1996/2000. Le point de vue présenté ici n'engage donc que les économistes qui ont participé à cette recherche depuis son origine. Nous avons néanmoins soumis ce texte à la lecture de nos collègues hydrologues et agronomes qui, pour l'essentiel, en ont approuvé le contenu et dont les remarques ont été intégrées. Qu'ils en soient ici remerciés.

Les grandes étapes d'une recherche interdisciplinaire

Le programme de recherche se déroule sur la plaine de Bièvre-Liers, située dans l'Isère entre Grenoble et Lyon. En 1991, les hydrologues du LTHE (Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement, CNRS-Grenoble) commencent une campagne de mesures intensives à deux niveaux :

- À l'échelle locale, pour étudier les mécanismes élémentaires des transferts hydrodispersifs dans le sol du site expérimental. Un lysimètre est installé permettant de contrôler les conditions d'écoulements d'eau et de transferts de solutés (azote et atrazine). Ces mesures sont effectuées en collaboration avec des biologistes (laboratoire d'écologie microbienne des sols, CNRS-Lyon et laboratoire de physiologie cellulaire végétale, université Joseph-Fourier de Grenoble) ;
- À l'échelle de la parcelle (4 ha), une expérimentation est effectuée pendant quatre années successives (1991-1994) en collaboration avec une agronome (Inra de Laon), pour caractériser les pertes en eau et en nitrates d'une culture de maïs pour différentes situations d'irrigation et plusieurs modes d'apport de la fertilisation, avec un suivi tensiométrique et humidimétrique pour un pas de temps journalier.

La recherche est donc d'emblée interdisciplinaire, mais durant cette première phase (1991-1994), elle concerne surtout les sciences de l'univers et les sciences de la vie, avec un échange entre disciplines à une échelle extrêmement localisée. Les économistes n'ont alors aucune place dans ce dialogue. Cependant, dès la fin 1992, nous sommes sollicités par les hydrologues (G. Vachaud, LTHE/CNRS) qui souhaitent que la recherche réponde à la demande des partenaires de simuler des programmes de préservation ou d'amélioration de la qualité de la ressource sur l'ensemble du bassin d'alimentation, ce qui implique de changer d'échelle d'analyse et de tenir compte des comportements des agents économiques, les agriculteurs notamment.

Nous travaillons alors pendant deux ans de manière assez autonome dans le cadre du comité « environnement, société et développement à long terme » du programme Environnement du CNRS. Notre recherche pose le problème de la pollution de l'eau de manière générale et elle est donc peu ancrée sur le site de La Côte-Saint-André. Elle met en évidence que la pollution est un produit joint de l'agriculture intensive et envisage la faisabilité économique de différents types de stratégies pour réduire la pollution de l'eau : stratégies « d'adaptation » privilégiant à court terme les solutions curatives, stratégies de « précaution » centrées sur les solutions préventives (Mollard, 1997). Elle conclut que l'amélioration durable de la qualité de l'eau passe par une évolution significative des systèmes de production agricole et de l'univers technico-économique qui les a engendrés.

Au terme de cette première phase de recherche, nous avons acquis la certitude qu'un travail avec des agronomes est indispensable afin d'élaborer et de tester des itinéraires techniques agricoles moins

polluants. La collaboration avec les hydrologues s'avère également stratégique, puisque ceux-ci envisagent d'élaborer un modèle prédictif des transferts d'eau et d'azote vers la nappe phréatique. Une recherche commune est engagée à partir de 1995 qui met à contribution douze laboratoires, mais le centre de gravité de l'interdisciplinarité se déplace peu à peu : les liens entre les hydrologues et les biologistes se distendent avec la fin des campagnes de mesures ; entre les agronomes (Isara de Lyon, Inra de Laon), les hydrologues et les économistes, les échanges s'intensifient.

Cette nouvelle phase de la recherche débouche sur :

- la modélisation de la recharge de la nappe en fonction de la variabilité de la nature des sols et de leur mode d'occupation ;
- l'étude des pratiques culturales des agriculteurs de la plaine et de leur impact sur la qualité de l'eau ;
- l'expérimentation agronomique de différents scénarios de base infléchissant les systèmes de production agricole actuels et l'évaluation de leur rapport coût-efficacité au niveau de l'ensemble du bassin d'alimentation (Mollard et Vachaud, 1998).

À l'issue de cette seconde phase, deux infléchissements sont envisagés dans deux directions différentes :

- la poursuite des efforts interdisciplinaires, afin de parvenir à une modélisation intégrée des transferts d'eau et d'azote au niveau de l'ensemble du bassin et prenant mieux en compte la variabilité pédoclimatique des processus de pollution ;
- un élargissement de l'approche économique, pour étudier les incitations économiques capables d'amener les agriculteurs à modifier leurs pratiques culturales et leurs systèmes de production, dans une perspective d'aide à la décision.

Un nouveau contrat de recherche (1998–1999) est réalisé dans le cadre du programme environnement de la région Rhône-Alpes : il implique huit équipes de recherche[5] relevant de trois disciplines majeures (agronomie, hydrologie et économie). L'évaluation de l'impact environnemental des pratiques et systèmes agricoles actuels, celle des solutions préventives sont conduites par chacune des disciplines, selon trois méthodologies différentes (expérimentation, modélisation, simulation) et les résultats sont confrontés. Il apparaît que, ni la résorption des inefficacités techniques dans la gestion des engrais minéraux, ni même une réduction drastique des niveaux de fertilisation, ne suffiraient pour respecter systématiquement la norme de potabilité de l'eau. Les systèmes de culture doivent donc être modifiés en profondeur, via un changement des prix relatifs. Nous montrons qu'une taxation des engrais aurait un impact limité sur la qualité de l'eau ; par contre, la modulation des primes Scop[6] pourrait permettre d'infléchir les assolements ou d'encourager des pratiques culturales moins polluantes (Mollard et al., 2000).

Un long parcours pour la production des connaissances

Tout d'abord, notre expérience met en évidence que, pour être fructueuse, l'interdisciplinarité doit s'inscrire dans la durée. Cette exigence est d'autant plus forte que les chercheurs n'ont pas d'expérience antérieure de travail interdisciplinaire, ce qui était plutôt notre cas. De ce point de vue, notre situation était un peu différente de celle de l'équipe Versailles-Dijon-Mirecourt du département « Systèmes agraire et développement » de l'Inra qui travailla de 1989 à 1996 sur la pollution de l'eau par les nitrates dans le bassin de Vittel. Cette équipe bénéficiait d'expériences pluridisciplinaires antérieures en matière de développement et d'aménagement rural et s'était forgée un concept commun : « Le système agraire » (Deffontaines et Brossier, 1999). Malgré tout, elle mit sept ans pour achever son programme de recherche.

Dans notre cas, huit ans de coopération se sont déjà écoulés, ce qui nous paraît le temps indispensable pour commencer à en tirer profit. Cette coopération s'est construite en trois étapes au cours desquelles les liens entre disciplines se sont progressivement intensifiés.

Dans un premier temps, la recherche s'est nouée autour d'un terrain d'observation commun, analysé et questionné par les différentes disciplines en relation avec les mêmes partenaires socio-économiques, et donc avec les mêmes questions ou les mêmes attentes des acteurs vis-à-vis des chercheurs. Les programmes de chaque discipline ont été conduits en parallèle, avec des informations réciproques et un effort de compréhension des objets de recherches, des concepts et du langage, des échelles d'analyse et des méthodes des autres disciplines. Pour nous, cette étape a consisté à poser le problème en des termes économiques et à inventorier les apports potentiels des autres disciplines (Lacroix, 1995a).

Mais ensuite, au fil des réunions, puis des séminaires communs (Lacroix, 1995b), la confiance est née et nous sommes progressivement passés à des questionnements réciproques, à une perception plus claire des modifications apportées par les autres disciplines à notre cadre d'analyse initial. Il faut ajouter, en outre, que le caractère fédérateur du terrain commun et la nécessaire restitution des premiers résultats à nos partenaires ont constitué un aiguillon très positif pour faire converger les recherches[7]. C'est au cours de cette étape que nous avons pu dresser un premier bilan des remises en cause de l'approche économique standard induites par une écoute attentive des sciences de la nature (Mollard et al., 1998) et que nous avons construit un objet de recherche commun : l'impact économique et environnemental des pratiques agricoles actuelles et de scénarios préventifs visant à réduire la pollution azotée.

Enfin, surtout avec les agronomes, nous avons pu construire une méthodologie commune d'évaluation de l'impact environnemental des systèmes de culture actuels et de scénarios préventifs (élaboration d'un indicateur synthétique d'émissions polluantes). Cet outil sert aussi de référence pour les hydrologues. Il a permis de confronter les résultats des méthodologies utilisées par les trois disciplines, analyse comparative qui se poursuit encore actuellement. Pour le maïs, culture la plus étudiée durant ce programme de recherche, la modélisation intégrée « agronomie-hydrologie » permet d'évaluer les transferts d'eau et d'azote à la fois pour les pratiques actuelles et pour un scénario de «fertilisation ajustée sur le rendement

[5] Dont deux nouvelles équipes d'économistes : Inra-ESR de Rennes et de Toulouse.

[6] Surfaces en céréales et en oléo-protéagineux, bénéficiant d'aides compensatrices versées dans le cadre de la Politique agricole commune.

[7] Journées « Terre et Eau » réalisées en 1993, 1994 et 1999 dans le cadre de l'Observatoire Rhône-Alpes des pollutions diffuses au lycée agricole ; réalisation en 1994 d'un film vidéo VHS, 23 mn, avec le lycée agricole et le CFPPA de La Côte-Saint-André.

moyen» évalué par les économistes (Sauboua, 2001). Dès lors, la voie est ouverte pour l'intégration de l'économie à cette modélisation. C'est déjà le cas dans une recherche réalisée avec les agronomes sur le Bassin de Bruyères (Picardie) qui permet d'évaluer à la fois l'impact environnemental et les coûts engendrés par différents scénarios d'évolution des pratiques culturales.

Cette mise en convergence progressive ne s'est pas réalisée sans problèmes. Deux d'entre eux nous paraissent importants : les différences d'échelles et l'extrapolation des résultats.

Les différences d'échelle d'analyse

Notre expérience montre que la compréhension du langage et des concepts des autres disciplines n'est pas insurmontable... Même si elle nécessite patience, explications et finalement, confiance. Par contre, les différences d'échelle d'analyse selon les disciplines constituent un réel problème plus délicat à surmonter.

Le bassin d'alimentation dans son ensemble est le niveau naturel, inhérent à l'analyse hydrologique. Il a été considéré rapidement comme l'échelle fédératrice des trois disciplines, dans la mesure où il constitue le cadre le plus pertinent pour l'évaluation de la qualité de l'eau et donc pour la définition de programmes préventifs et la mise en œuvre de politiques publiques adaptées à la gestion environnementale de la ressource. Cette échelle a été privilégiée pour évaluer, in fine, l'impact environnemental des pratiques agricoles actuelles et des alternatives techniques envisagées et pour simuler les modalités de régulation économique.

Pourtant, ce sont principalement les hydrologues et les économistes qui privilégient ce niveau d'analyse, même si les agronomes l'adoptent parfois, dans le cas de très petits bassins versants[8].

À partir de données cartographiques (qualité des sols, pente, couvert végétal...), les hydrologues modélisent, spatialement ou de manière stochastique, les bilans d'eau et d'azote du bassin,

À partir de données structurelles sur la quasi-totalité des exploitations agricoles, les économistes calculent le rapport coût-efficacité des programmes préventifs définis au niveau du bassin, afin d'élaborer les mesures incitatives nécessaires.

Dans le cas de La Côte-Saint-André, toutefois, il y a bassin d'alimentation et bassin d'alimentation : celui qui a été privilégié par les hydrologues alimente la première nappe, plus superficielle (alluviale), dans laquelle est puisée l'eau d'irrigation ; celui qui intéresse les économistes est celui qui alimente la nappe plus profonde (molassique) où est prélevée l'eau potable. Ces deux nappes sont liées, mais leurs relations sont complexes et comportent beaucoup d'incertitudes. Ceci a dissuadé les hydrologues de modéliser les transferts d'eau et d'azote au niveau de la nappe profonde, coupant ainsi un lien direct avec les sources d'eau potable dont la qualité préoccupante était à l'origine de la recherche à la fois pour les partenaires et pour les économistes. Ceux-ci cherchent en effet, au niveau du bassin, la meilleure correspondance possible entre les échelles pertinentes de la recherche (notamment les informations disponibles) et celles de la décision économique (gestion et régulation de la ressource)[9]. Ce problème a été résolu, au moins temporairement, par une référence commune aux fuites d'eau et d'azote sous le système racinaire, hypothèse simplificatrice qui est expliquée ci-après.

Pour obtenir des informations fiables et susceptibles d'être généralisées à l'échelle du bassin d'alimentation, il est cependant indispensable de recourir aussi à deux autres niveaux d'observation intermédiaires : celui des parcelles où peuvent être effectuées des expérimentations, des mesures et observations fines ; celui des exploitations, qui constitue à la fois le lieu de cohérence technique des systèmes de culture et de gestion de l'élevage, le lieu où se prennent les décisions économiques et se forme le revenu, le niveau auquel il peut être envisagé de réguler économiquement les émissions polluantes.

À l'échelle de la parcelle, les pratiques culturales actuelles et les scénarios préventifs ont été expérimentés ; les quantités d'eau et d'azote du sol ont été mesurées ; les concentrations potentielles de NO_3 sous le système racinaire ont été modélisées. Cette échelle qui permet la réunion d'un grand nombre d'observations, a été retenue à la fois par les hydrologues et les agronomes. Elle constitue pour eux le niveau incontournable de l'expérimentation, à condition de disposer d'une durée suffisamment longue d'observation de manière à garantir la fiabilité des résultats. En revanche, ce n'est pas une échelle pertinente pour les économistes.

L'échelle des exploitations est ignorée par les hydrologues ; elle constitue l'échelle maximale pour les agronomes qui y recherchent un niveau de mise en cohérence des systèmes de culture ; elle représente au contraire, pour les économistes, le niveau minimal d'analyse micro-économique auquel deux sources d'informations sont mobilisées :

- une enquête ad hoc auprès d'une vingtaine d'exploitations, pour obtenir un ensemble de références techniques et économiques sur les pratiques agricoles actuelles et étudier la faisabilité et les coûts de scénarios techniques alternatifs. À ce stade, il s'agit plutôt de monographies détaillées permettant de construire des « faits stylisés » dotés d'un certain réalisme.
- des données de panel d'exploitations suivies en gestion (base de données de la Chambre d'agriculture de l'Isère) pour analyser les logiques économiques qui induisent, actuellement, des pratiques culturales polluantes et les marges de manœuvre dont on dispose en modulant ou non les prix des inputs et des outputs.

Ces difficultés de mise en cohérence des échelles d'analyse entre disciplines se répercute alors sur le problème épineux de la généralisation des observations réalisées.

La question de l'extrapolation

Comment généraliser ces informations, acquises à différentes échelles, à l'ensemble du bassin d'alimentation ? Nous laissons de côté la question de la repré-

[8] Comme celui de Bruyères en Picardie (trois exploitations), déjà cité, qui fait l'objet d'un suivi long par l'Inra de Laon.

[9] De ce point de vue, la plaine de Bièvre-Liers, avec huit cents exploitations à temps complet, constitue une dimension minimale acceptable.

sentativité des échantillons d'exploitations qui ne pose pas un problème interdisciplinaire en soi [10]. Par contre, nous nous focalisons sur la question de savoir comment on peut extrapoler, à l'échelle du bassin, des mesures de concentration obtenues sur quatre années et pour cinq parcelles d'expérimentation. Cette extrapolation, on l'aura compris, était primordiale puisque seul le niveau de l'ensemble du bassin est jugé pertinent. Elle pose un double problème :

- celui de la mesure d'une concentration sous le système racinaire (émissions polluantes) alors que l'objet d'analyse est la concentration dans la nappe profonde (pollution ambiante),
- celui de l'influence des conditions pédologiques, des conditions climatiques et des types de cultures sur les valeurs de concentration mesurées.

En ce qui concerne le premier problème, malgré des divergences au départ entre hydrologues et agronomes, un accord s'est peu à peu dessiné. Selon les hydrologues, les délais de transfert des émissions de la zone racinaire vers la nappe présentent une très grande variabilité, en fonction de deux facteurs principaux : la profondeur de la ressource, le volume de recharge de la nappe d'eau relativement au stock lui-même. En somme, les caractéristiques de la ressource en eau vont différencier les temporalités de transfert des polluants vers l'aquifère profond, en jouant un rôle de tampon entre les pollutions émises sous la zone racinaire et la concrétisation de cette pollution dans la ressource proprement dite. Mais, il est généralement admis que tous les nitrates ayant quitté la zone racinaire se retrouveront tôt ou tard à la nappe profonde, aux rares phénomènes de dénitrification naturelle près (nappes captives), a priori inexistants dans le cas étudié ici. Par conséquent, si l'on se situe au terme du processus de transfert, on peut rapprocher émissions polluantes (flux) et pollution ambiante (masse). Bien sûr, cela revient à ignorer le délai de transfert et à abandonner toute modélisation prédictive, ce qui a été admis par les hydrologues pour ce bassin alluvio-glaciaire dont la structure est assez complexe. Pour les économistes, cela revient à raisonner en termes de risque maximal de pollution, ce qui est tout à fait classique pour fonder des décisions publiques ou privées.

En ce qui concerne le problème des variabilités pédoclimatiques, deux réponses méthodologiques ont été apportées :

- la première, mise en œuvre par les hydrologues en collaboration avec les agronomes, repose sur la modélisation. Le modèle STICS [11] a été utilisé pour la culture du maïs, afin d'évaluer l'impact des facteurs climatiques et de la variété des sols sur la teneur en nitrates de la lame d'eau drainante. Les résultats indiquent que la nature des sols influence beaucoup moins la variabilité des teneurs que les variations climatiques. Par ailleurs, la confrontation des valeurs moyennes de concentration sur l'ensemble du bassin d'alimentation issues du modèle ANSWERS [12] à partir de données spatialement distribuées à celles obtenues via une simulation stochastique, a mis en évidence la faible incidence de la spatialisation des données de sols et de cultures.
- la deuxième, développée par les économistes en collaboration avec les agronomes, vise la mise à disposition d'un indicateur d'émissions polluantes simplifié permettant d'évaluer, à partir de données de structures exhaustives, l'impact des différents systèmes de culture au niveau du bassin d'alimentation. Face à l'aléa des conditions pédoclimatiques, on a retenu les références les plus défavorables, en se référant au principe de précaution. Pour le reste, un tel indicateur est une fonction simplifiée de l'assolement (précédent/suivant), de la densité de l'élevage et des pratiques culturales (fertilisation, irrigation, traitements, etc.). Les valeurs de lixiviation retenues proviennent des expérimentations réalisées sur les parcelles d'exploitations, de références des organismes techniques et des résultats répertoriés dans la littérature. Sur ces bases, la quantité d'azote potentiellement lessivable a été estimée pour les principales rotations culturales de la plaine, puis agrégée en fonction de l'importance des rotations dans la plaine.

Au terme de ce long cheminement, une première confrontation a été effectuée entre les valeurs obtenues pour l'indicateur d'émissions polluantes et les résultats de la modélisation agronomique et hydrologique. Elle doit encore être poursuivie et consolidée afin d'améliorer cet indicateur et d'en faire un outil de diagnostic fiable. Toutefois, il apparaît d'ores et déjà que les simplifications retenues pour son calcul (non-spatialisation des données, alignement sur les conditions de sol les plus défavorables) ont une incidence assez faible par rapport aux résultats de la modélisation qui les prend en compte. Par contre, l'insuffisance des références techniques retenues pour son élaboration semble conduire à sous-estimer les pertes d'azote à système de culture égal.

L'économie à l'épreuve de l'interdisciplinarité

À travers la disparité des échelles d'observation et la question délicate de l'extrapolation, nous avons mis en évidence les difficultés d'élaboration d'un indicateur synthétique d'efficacité environnementale utilisable par les économistes pour l'ensemble du bassin. Cette asymétrie du transfert des résultats entre différentes approches a déjà été évoquée par P. Morlon (1999). Du fait de la spécificité de leur problématique et de leur méthodologie, le positionnement des disciplines les unes par rapport aux autres est forcément asymétrique : l'agronomie en début de chaîne, l'économie en fin, l'hydrologie dans une situation intermédiaire selon qu'elle modélise à la parcelle ou à grande échelle.

L'économie, peut-être parce qu'il s'agit d'une discipline plus synthétique que d'autres (Morlon, 1999), mais surtout parce qu'elle est proche de la sphère de décision, se situe, de fait, comme utilisatrice des disciplines bio-techniques. Cette position lui confère certes un rapport de force, mais aussi une position de faiblesse. Son rapport de force provient de ce qu'elle peut valoriser les résultats des autres disciplines comme inputs de sa propre recherche alors que la réciproque n'est pas forcément vraie. Cette position avantageuse

[10] Ainsi, les données de panel des exploitations suivies en gestion (données comptables sur quatre ans) ont-elles constitué pour les économistes un facteur limitant, compte tenu du nombre insuffisant d'observations disponibles.

[11] Modèle développé par l'Inra et qui simule le comportement dynamique du système sol/plante.

[12] Modèle issu de toute une série d'études menées depuis 1983, essentiellement aux États-Unis et qui repose sur une très importante base de données qui caractérisent le comportement attendu des différentes cultures.

porte en elle-même des risques contraires : celui d'être en position de dépendance à l'égard des autres disciplines, de ne pas disposer d'informations techniques adaptées ou d'utiliser des résultats biaisés ou non contrôlés. Si l'intégration des disciplines bio-techniques échoue, le risque est alors de transformer l'apport des économistes en « supplément d'âme » ou « cerise sur le gâteau » dont les autres scientifiques pourraient très bien se passer... L'économiste occupe donc une place délicate qui lui impose deux exigences :

- être attentif à ne pas « grappiller » à sa convenance dans les apports des autres disciplines, à veiller à la cohérence d'ensemble des emprunts réalisés en les faisant valider par ses interlocuteurs ;
- faire comprendre à ceux-ci son souci de synthèse et de généralisation et donc la nécessité de simplification à laquelle il est confronté.

Malgré ces difficultés, la proximité que nous avons progressivement construite avec les hydrologues et les agronomes, nous a permis d'approfondir et de préciser notre intuition initiale sur l'intérêt de ces disciplines pour la problématique économique. Leur contribution à l'analyse des processus de pollution de l'eau, en effet, met en évidence la sous-estimation par les approches économiques habituelles de la complexité des processus de transfert de polluants. Prendre en compte cette complexité constitue un des points forts de nos travaux, que l'on peut illustrer par deux résultats du volet économique de la recherche : l'analyse coût-efficacité et la critique de la taxe sur les engrais pour réguler la pollution azotée.

Analyse coût-efficacité

Dans une situation où il est difficile, ou controversé, de réaliser une analyse coût-bénéfice classique, l'analyse coût-efficacité constitue une solution dite « de second rang » envisageable pour guider les décisions publiques (Mollard et al., 2000). En se référant à une mesure physique de l'impact environnemental, l'analyse coût-efficacité permet de viser un objectif défini de manière exogène à l'analyse économique. Elle consiste à évaluer différents scénarios techniques d'amélioration de la qualité de l'eau, évaluation fondée à la fois sur les coûts et l'impact sur la ressource ; puis à rechercher les solutions techniques les moins coûteuses qui permettent d'atteindre un objectif environnemental défini préalablement par le biais d'une norme écologique ou sociale.

Malgré son intérêt, une telle approche n'est pas pour autant exempte de difficultés. Le principal problème à résoudre est celui de l'évaluation de la qualité environnementale de la ressource. La mise au point de l'indicateur d'émissions polluantes a été effectuée dans cette optique et seul un travail interdisciplinaire pouvait permettre d'élaborer une telle mesure de l'efficacité. À partir de cet indicateur, notre objectif d'économiste a consisté à vérifier la faisabilité des différents scénarios préventifs retenus et d'apprécier l'ampleur des incitations économiques à mettre en œuvre pour atteindre l'objectif environnemental à l'échelle de l'ensemble du bassin d'alimentation.

Limites d'une taxe sur les engrais pour réguler les pollutions azotées

Compte tenu du lien apparent entre la forte augmentation des engrais minéraux azotés et l'accroissement de la teneur en nitrates des nappes ou des eaux de surface, les économistes retiennent en général une hypothèse simple : la pollution serait proportionnelle à la quantité d'intrants azotés utilisés dans la production. Aussi, la solution qu'ils proposent en général consiste à asseoir une taxe sur la consommation d'engrais azotés, de façon à réduire le niveau de pollution qu'ils sont réputés engendrer.

Certes, l'essence même de l'approche économique et la mise en œuvre de procédures de régulation applicables avec des coûts de transaction limités imposent une simplification aussi grande que possible du problème. Mais cela ne doit pas conduire pour autant à remettre en cause l'efficacité économique de la proposition qui en découle en termes décisionnels. Notre effort de recherche interdisciplinaire a consisté, tout d'abord, à mettre en évidence les facteurs déterminants de la pollution azotée. Classiquement, les agronomes présentent la pollution azotée comme résultant de trois ensembles de facteurs interdépendants (climatologiques, agrologiques et agronomiques) dont les conditions d'interaction conduisent à des situations plus ou moins favorables à la lixiviation des nitrates (Sebillotte et Meynard, 1990). En définitive, nous disent-ils, la pollution nitrique ne résulte pas du seul excès d'azote apporté sous forme d'engrais minéraux et organiques, mais plus largement de l'interaction entre toutes les variables qui conditionnent et structurent les systèmes de culture. Seule cette interaction peut expliquer qu'ils soient devenus, ou non, des « systèmes polluants ».

Autrement dit, la réduction des quantités d'engrais ne parvient pas nécessairement, à elle seule, à restaurer la qualité de l'eau et peut avoir des effets limités sur la pollution. C'est ce qu'ont mis clairement en évidence les mesures effectuées conjointement par les hydrologues et les agronomes sur une parcelle de maïs de la plaine de Bièvre-Liers. Une réduction de 38 à 46 % des apports d'engrais azotés par rapport aux pratiques habituelles des agriculteurs a permis de diminuer de moitié les quantités d'azote nitrique lessivées, en annulant presque totalement les pertes en provenance des engrais. Mais l'azote résiduel qui provient du sol représente encore une concentration potentielle de 65 à 75 mg de nitrates par litre d'eau, concentration nettement supérieure à la norme maximale admise par l'Union Européenne (Normand et al., 1997).

Compte tenu de ces apports des autres disciplines, il conviendrait d'envisager des instruments d'intervention plus complexes qu'une simple taxe sur les intrants azotés et plus adaptés à la nature des « systèmes polluants ». Sur le site de la plaine de Bièvre-Liers, nous avons mis en évidence, par exemple, que les cultures qui donnent lieu aux fuites les plus importantes vers la nappe sont aussi celles qui reçoivent les primes compensatrices les plus élevées au titre de la politique agricole commune. Au total, une politique qui agirait sur le choix des cultures et des assolements aurait des effets

plus importants sur le niveau d'émissions polluantes qu'une politique qui viserait simplement à réduire la quantité des intrants. Cette politique pourrait consister, par exemple, à modifier le niveau des différentes subventions ou à conditionner leur attribution à un changement des pratiques culturales (« écoconditionnalité »), en utilisant par exemple le cadre des contrats territoriaux d'exploitation (CTE) de la loi d'orientation agricole (Mollard et al., 2000).

... et l'interdisciplinarité à l'épreuve des publications

Malgré l'ampleur du travail réalisé en commun pendant huit ans, nous n'avons à ce jour qu'un nombre réduit de publications interdisciplinaires à notre crédit. Outre les rapports de contrats, un seul article a réuni jusqu'ici agronomes, hydrologues et économistes (Bel et al., 1999). Nous avons cependant des publications communes en cours : un chapitre d'ouvrage avec les hydrologues aux Éditions EDP Sciences suite à l'École CNRS des Houches sur les conflits d'usage de l'eau, et deux articles avec les agronomes : l'un sur la généralisation de l'indicateur d'émissions polluantes, l'autre sur la modélisation de scénarios préventifs en situation d'incertitude. Dans les premières phases de la recherche, il a même fallu, en l'absence d'une synthèse simple et utilisable par les économistes sur les solutions à la pollution azotée préconisées par les agronomes, effectuer nous-mêmes une revue de la littérature en dehors de notre propre champ disciplinaire (Lacroix, 1995a).

Au total, du fait de l'investissement lourd qu'implique toute recherche interdisciplinaire, la valorisation sous forme de publications, y compris disciplinaires, est inférieure à ce qu'elle serait si chacun était resté cantonné à son propre champ. Cette situation n'est pas attractive pour les jeunes chercheurs[13], ce qui constitue un grave handicap pour l'avenir de ce type de recherche. Les raisons de cette difficulté sont à rechercher non seulement dans les délais plus importants qui sont nécessaires pour obtenir des résultats fiables dans un contexte interdisciplinaire, mais aussi dans la nature même du système de publications. Les revues-cibles ne sont évidemment pas les mêmes pour chaque discipline et le choix d'un support de publication interdisciplinaire est très problématique. Quand celui-ci existe, il a bien souvent des *impact factors* beaucoup plus faibles que ceux des revues disciplinaires.

Logiquement, ce choix peut néanmoins être justifié si ce handicap est compensé par l'intérêt et la pertinence des résultats ainsi obtenus. La supériorité de la recherche interdisciplinaire réside justement dans sa capacité à dépasser les cloisonnements et forteresses disciplinaires et à gagner ainsi en imagination et en capacité explicative. Ces qualités risquent d'être appréciées par des partenaires socio-économiques plus soucieux d'éclairer leurs décisions que des orthodoxies disciplinaires. Mais encore faudrait-il qu'elles le soient aussi par la lecture des pairs, garants au contraire d'une légitimité principalement académique et donc disciplinaire... De proche en proche, on est donc amené à reconsidérer les modes d'évaluation de la recherche (Legay, 1999 ; Hubert et Bonnemaire, 2000), l'évolution de leurs critères constituant une condition préalable à tout développement de la recherche interdisciplinaire.

Conclusion

Au total, notre démarche interdisciplinaire s'est voulue réaliste et pragmatique, organisée progressivement autour d'un terrain d'observation et des partenaires communs, avec une problématique d'ensemble centrée sur l'impact économique et environnemental des pratiques agricoles actuelles et de scénarios préventifs visant à réduire la pollution azotée. Dans ce cadre, l'effort n'a pas consisté à gommer les questions propres à chaque approche, ni à forger des concepts communs, sauf peut-être à l'interface entre deux disciplines (notion de systèmes polluants, par exemple). Chacune est restée maîtresse de ses outils et méthodes d'analyse. En revanche, des objets de recherche communs (émissions polluantes, scénarios préventifs...) ont peu à peu rapproché chacune des disciplines, les résultats ont pu être comparés, confrontés et discutés en vue de leur stabilisation ou d'éventuelles modifications dans la méthodologie.

Cette démarche nous a incités à nous écarter des standards habituels de l'économie, notamment en refusant la simplicité excessive de son raisonnement sur les processus de pollution azotée. Cette « décision de complexité », comme l'appelle J.M. Legay, nous a conduit à des détours d'analyses et des délais allongés de production des connaissances. Cependant, il nous semble qu'elle a permis d'ouvrir des pistes novatrices

[13] Il est encore plus inconcevable qu'ils réalisent des thèses réellement « interdisciplinaires » s'ils veulent faire carrière ensuite dans l'enseignement ou la recherche. Ainsi, six thèses réalisées dans le cadre de ce programme avaient pour l'essentiel, un profil disciplinaire beaucoup plus affirmé que le programme dans son ensemble. Par contre, la septième, celle d'E. Sauboua déjà citée, constitue une exception remarquable à cette règle (jury interdisciplinaire, composé d'hydrologues, d'agronomes et d'un économiste).

Résumé – Bilan scientifique d'une recherche interdisciplinaire entre agronomes, hydrologues et économistes : le point de vue des économistes

Cet article établit le bilan d'une expérience innovante de recherche interdisciplinaire sur les pollutions diffuses de l'eau, menée sur le site de Plaine de Bièvre (Isère) de 1992 à 2000. Bien que les économistes disent tous que l'environnement appelle la coopération entre disciplines, la pratique montre que cette interaction se limite souvent à l'emprunt de « boîtes noires » aux disciplines bio-techniques. L'expérience relatée ici montre qu'une autre voie est possible, plus intégrée et exigeante, bien qu'elle se heurte à de nombreuses difficultés méthodologiques et épistémologiques. En partant de cette expérience de coopération entre agronomes, hydrologues et économistes, ce texte tire les enseignements de cette pratique interdisciplinaire plus intégrée. Il observe les différents stades du processus de production conjointe des connaissances, les difficultés nées de la confrontation des expériences et pratiques de chacun. Celles-ci tiennent en particulier aux différences dans les échelles d'analyse, à la question de l'extrapolation des résultats obtenus dans les différents champs disciplinaires. En définitive, l'intérêt d'une telle démarche pour l'économiste réside dans le réalisme et l'originalité des propositions de régulation de la pollution diffuse sur lesquelles la recherche débouche.
© 2002 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

pollution diffuse de l'eau / ressource en eau souterraine / interdisciplinarité / méthodologie

et plus réalistes pour les propositions de régulation économique des pollutions.

Bien que cette démarche interdisciplinaire nécessite une indispensable volonté de coopération de la part des différents partenaires scientifiques, il nous semble au total que les difficultés qu'elle génère, ne sont guère imputables à des problèmes de personnes ainsi que le suggère P. Morlon. Il existe bien des problèmes inhérents à la confrontation des différentes disciplines, qu'il s'agisse de leur place respective dans le processus de production des connaissances, des échelles d'observation et donc des méthodologies mobilisées. On peut donc conclure, avec J.M. Legay, que pour l'analyse d'objets complexes de recherche, tels qu'en recèle le domaine de l'environnement, « il y a urgence à promouvoir une épistémologie des interfaces disciplinaires ».

BIBLIOGRAPHIE

Amigues, J.P., Moreaux, M., 1999. La place de l'économie dans la problématique environnementale. In: Sciences de la société et environnement à l'Inra : matériaux pour un débat. Les Dossiers de l'environnement de l'Inra, 17, pp. 31–43.

Bel, F., Lacroix, A., Mollard, A., David, C., Beaudoin, N., Mary, B., Vachaud, G., Vauclin, M., Garino B., 1999. Une approche interdisciplinaire, pluri-échelles, multipartenaires des pollutions diffuses de l'eau : l'expérience de La Côte-Saint-André (Isère). La Houille Blanche, Revue Internationale de l'eau 6, 72–79.

Deffontaines, J.P., Brossier, J., 1999. Système agraire et qualité de l'eau. Efficacité d'un concept et construction négociée d'une recherche. Natures Sciences Sociétés 8 (1), 14–25.

Hubert, B., Bonnemaire, J., 2000. La construction des objets dans la recherche interdisciplinaire finalisée : de nouvelles exigences pour l'évaluation. Natures Sciences Sociétés 8 (3), 5–19.

Lacroix, A., 1995a. Des solutions agronomiques à la pollution azotée. Cahiers Agricultures 4, 333–342.

Lacroix, A., 1995b. Quelles solutions à la pollution azotée ? Séminaire agronomie-économie, Paris, Courrier de l'environnement de l'Inra 25, 104–107.

Legay, J.M., 1999. L'évaluation scientifique d'objets de recherche complexes relève-t-elle d'une situation épistémologique nouvelle ? Natures Sciences Sociétés 7 (2), 60–64.

Mollard, A., 1997. Solutions curatives ou préventives à la pollution diffuse de l'eau ? Une approche de la soutenabilité de la ressource en eau. Natures Sciences Sociétés 5 (3), 5–21.

Mollard, A., Vachaud, G., (dir.) 1998. Agriculture durable, protection du sol et des ressources en eaux souterraines : une approche interdisciplinaire. Rapport final, Programme Environnement du XIe Contrat de Plan État/Région Rhône-Alpes, LTHE/CNRS-Inra/R&A, janvier, p. 102 + annexes.

Mollard, A., Le Roch, C., Lacroix, A., Grappey, C., Bel, F., 1998. The choice of economic instruments applied to non-point water pollution : an economic approach based on the contribution of natural sciences. In : Dwyer, S., Ganslasser, U., O'Connor, M. (Ed), Life Science Dimensions : Ecological Economics and Sustainable Use, Filander Verlag, Fürth, Germany, pp. 265–285.

Mollard, A. (coord.), Lacroix, A., Bel, F., Grappey, C., Vachaud, G., Sauboua, E., Mary, B., Beaudoin, N., David, C., Piot-Lepetit, I., Dupraz, P., Vermersch, D., Salanié, F., Thomas, A., Amigues, J.P., Bailly, R., 2000. Agriculture durable et pollutions diffuses dans la plaine de Bièvre : modélisation des transferts d'eau et d'azote vers la nappe et modalités de régulation économique. Rapport final (Programme Environnement du XIe Contrat de Plan État/région Rhône-Alpes, 2e tranche, février), Inra-R&A, p. 161 + annexes.

Morlon, P., 1999. Notes impertinentes sur l'interdisciplinarité. Natures Sciences Sociétés 7 (3), 38-41.

Normand, B., Recous, S., Vachaud, G., Kengni, L., Garino, B., 1997. ^{15}N tracers combined with tensio-neutronic method to estimate the Nitrogen balance of irrigated maïze. Soil Science Soc. of America Journal 61, 1508–1518.

Sauboua, E., 2001. Modélisation stochastique fonctionnelle du transfert d'eau et d'azote sous culture de maïs. Application à l'évaluation de l'impact des pratiques agricoles en plaine de Bièvre. Thèse de doctorat en géophysique, géochimie et géo mécanique, université Joseph-Fourier, Grenoble.

Sebillotte, M., Meynard, J.M., 1990. Systèmes de culture, systèmes d'élevage et pollutions azotées. In : Calvet R. (Ed.). Nitrates, agriculture, eau, Versailles, Inra-Editions, pp. 289–308.

Sebillotte, M., 1999. Des recherches pour le développement local. Partenariat et transdisciplinarité. Revue d'économie régionale et urbaine 3.