



LES Rencontres



Synthèse des Rencontres 2011 du GIS GC-HP2E

CAPTAGES D'EAU POTABLE ET POLLUTIONS DIFFUSES : QUELLES RÉPONSES OPÉRATIONNELLES À L'HEURE DES AIRES D'ALIMENTATION DE CAPTAGE "GRENELLE" ?

CAPTAGES D'EAU POTABLE ET POLLUTIONS DIFFUSES : QUELLES RÉPONSES OPÉRATIONNELLES À L'HEURE DES AIRES D'ALIMENTATION DE CAPTAGE "GRENELLE" ?



Laurent Basilico, Nicolas Domange

Captages d'eau potable et pollutions diffuses : quelles réponses opérationnelles à l'heure des aires d'alimentation de captage « Grenelle » ?

Synthèse des Rencontres 2011 du GIS GC-HP2E

Laurent Basilico, Nicolas Domange

Les Rencontres 2011 du Groupement d'intérêt scientifique Grande Culture à Hautes Performances Economiques et Environnementales sur la « protection des aires d'alimentation de captage vis-à-vis des pollutions diffuses » ont été organisées par le GIS GC-HP2E en partenariat avec l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema), membre du GIS et spécialiste des milieux aquatiques, le 03 février 2011 à AgroParisTech.

Cette synthèse et sa version courte sont disponibles sur le site dédié aux Rencontres (https://colloque.inra.fr/gchp2e_rencontres2011), ainsi que sur le site de l'Onema (www.onema.fr, rubrique Publications).

Contacts

Nicolas Domange

*Chargé de mission Pollutions diffuses,
Direction de l'action scientifique et technique,
Onema, Paris.
nicolas.domange@onema.fr*

Laurent Basilico

*Journaliste, rédacteur.
lbasilico@free.fr*

Stephanie Potok

*Secrétaire générale du GIS GC-HP2E, Inra Transfert,
Paris.
stephanie.potok@paris.inra.fr*

Veronique Barre

*Conseil scientifique et valorisation, Direction de l'action scientifique et technique, Onema, Paris.
veronique.barre@onema.fr*

Jean Boiffin

*Directeur de Recherche, Inra Angers, Président du GIS GC-HP2E.
jean.boiffin@angers.inra.fr*

Pas de vie sans eau potable ; pas de vie sans agriculture. La protection des captages vis-à-vis des pollutions diffuses issues des pratiques agricoles s'impose comme un défi crucial pour nos sociétés.

À l'échelle européenne, des engagements de résultats en termes de qualité de l'eau ont été fixés, à l'échéance 2015, par la directive cadre sur l'eau de 2000. Ces dispositions volontaristes ont notamment conduit, en France, à l'identification d'environ 500 captages «Grenelle» devant faire l'objet d'une protection prioritaire. Ce cadre réglementaire nouveau stimule et reconfigure les efforts entrepris de longue date au niveau des captages : celui-ci est désormais assorti d'une exigence de mise en œuvre à brève échéance.

Plus que jamais, l'atteinte de ces objectifs exige une mobilisation coordonnée des différents acteurs concernés, dans des contextes locaux marqués par une grande diversité. Les interrogations demeurent nombreuses. Comment évaluer l'efficacité des actions déjà entreprises, ici et là, pour la qualité de l'eau du captage ? Quelles sont les conditions juridiques et économiques optimales de mise en œuvre des solutions techniques ? Comment mobiliser et accompagner les acteurs locaux dans cette optique ? Quels besoins de recherche & développement ces enjeux induisent-ils ?

Consacrées à ces questions complexes, les Rencontres 2011 du GIS GC-HP2E ont réuni, le 3 février 2011 à Paris, quelque 200 participants : acteurs du monde agricole, institutionnels, représentants de collectivités locales, industriels et scientifiques. Placée sous le signe du dialogue et du partage d'expériences, cette journée a contribué à amorcer une nécessaire concertation, à l'échelle nationale, pour la construction de réponses opérationnelles aux problématiques de la protection des captages. Ce document synthétise les expériences, points de vue et contributions scientifiques présentés à cette occasion.



Le GIS GC-HP2E

À la suite du Grenelle de l'environnement, l'Inra, plusieurs instituts techniques des filières de grande culture (Arvalis, le CETIOM, l'ITB, l'ITL, l'UNIP), l'APCA et l'Onema ont constitué un groupement d'intérêt scientifique qui vise la mise au point de systèmes de production en grande culture à hautes performances économiques et environnementales.

Ils ont été rejoints par le GNIS, la FNAMS, la DGER-MAAP, AgroParisTech, Coop de France, Nouricia, l'ACTA, l'ITAB, la FNA, InVivo, Terrena, Axéreal, l'UIPP, la FNE, le Cemagref, Syngenta, Bayer S.A.S et l'UNIFA.

Le GIS a vocation à être une coopérative de programmation et de montage de projets de recherche et développement portant sur neuf thématiques principales : l'observatoire des pratiques et systèmes de production et de leurs performances ; la maîtrise des cycles biogéochimiques, des bilans énergétiques et du devenir des polluants ; la maîtrise des bioagresseurs et la gestion de la biodiversité ; l'innovation variétale ; la conception, l'évaluation et l'expérimentation de systèmes de culture innovants ; les indicateurs pour une gestion durable des agroécosystèmes ; les déterminants et les processus de prise de décision ; l'insertion des systèmes de culture au sein des filières ; les politiques publiques et les systèmes de production.

L'office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema)

Créé en avril 2007 par la loi sur l'eau du 30 décembre 2006, l'Onema est l'organisme technique français de référence sur la connaissance et la surveillance de l'état des eaux et sur le fonctionnement écologique des milieux aquatiques, sa finalité est de favoriser la gestion globale et durable de la ressource en eau et des écosystèmes aquatiques.

La directive cadre sur l'eau défend des objectifs ambitieux en matière de qualité de la ressource en eau, notamment celle destinée à la production d'eau potable. Dans le même sens, les lois Grenelle de l'environnement prévoient d'assurer la protection de l'aire d'alimentation de 500 captages d'eau, parmi les plus menacés par les pollutions diffuses d'ici 2012.

Afin de répondre à ces enjeux difficiles, les ministères en charge de l'écologie et de l'agriculture, l'Onema et les agences de l'eau se mobilisent avec leurs partenaires de la recherche pour mettre à disposition des outils méthodologiques qui aideront à définir des mesures pertinentes pour restaurer la qualité de l'eau. Un Groupe Technique sur la protection des captages vis-à-vis des pollutions diffuses a ainsi été créé début 2010 sous l'impulsion de l'Onema. L'objectif de ce groupe est d'identifier les lacunes en matière de connaissances et les actions potentielles de R&D à mener pour améliorer l'élaboration des programmes d'action en intégrant les aspects techniques et socio-économiques.

Par ailleurs, à travers ses conventions avec les organismes de recherche français, l'Onema soutient et pilote un certain nombre d'actions de recherche opérationnelle sur la protection des captages.

Afin de favoriser le partage d'expériences sur la protection de l'eau vis-à-vis des pollutions diffuses, l'Onema s'est particulièrement investi dans la valorisation de cette journée d'échanges entre acteurs des systèmes de grandes cultures et de la gestion de l'eau.

Introduction	6
1 – Quelques retours d'expériences	10
1.1 – Opérations de diagnostic et programmes d'actions : l'expérience d'Arvalis sur deux bassins versants	
1.2 – Champagne Berrichonne du Cher : évolution des pratiques de fertilisation azotée	
1.3 – Eau de Paris : réduction des intrants et développement de l'agriculture biologique	
1.4 – Bilan qualitatif : facteurs de succès et limitations actuelles	
2 – Du diagnostic à l'action : connaissances, outils et méthodes	26
2.1 – Délimiter les AAC : un peu d'hydrogéologie	
2.2 – Comprendre les transferts et hiérarchiser les zones d'action prioritaires	
2.3 – Réduire les transferts : cultures intermédiaires, zones tampons et aménagements paysagers	
2.4 – Diagnostic et plans d'actions : vers des outils intégrés d'aide à la décision	
3 – Acceptabilité et mobilisation des acteurs locaux	42
3.1 – Conflits d'usages et jeux d'acteurs autour des captages	
3.2 – Coordonner les acteurs autour d'une AAC Grenelle : une expérience éclairante à Harol	
3.3 – Vers des diagnostics socio-économiques agricoles	
Conclusion	54
Principales références	56

Un enjeu sanitaire majeur, une **urgence réglementaire**



© P. Mangeot - Onema

Chaque jour, en France, plus de 18,5 millions de mètres cubes d'eau potable sont prélevés sur plus de 33 000 captages, répartis sur l'ensemble du territoire. La préservation de la qualité de cette ressource vitale constitue un impératif majeur de santé publique. Elle exige en particulier de protéger les captages vis-à-vis des contaminants, notamment d'origine agricole – nitrates et produits phytosanitaires – par la mise en œuvre de plans d'actions sur les aires d'alimentation de ces captages (AAC). Cette nécessité s'est imposée, au cours de dernières décennies, comme une préoccupation sociétale croissante. Sa prise en compte par les pouvoirs publics s'appuie aujourd'hui sur des exigences réglementaires nouvelles.

Rappelons que, depuis la loi sur l'eau du 3 janvier 1992, la mise en place de périmètres de protection, proposés par des hydrogéologues agréés, est obligatoire autour de chaque captage destiné à la consommation humaine. Outre le périmètre de protection immédiate des ouvrages, on distingue les périmètres de protection « rapprochés » et « éloignés ».

Sur le premier, d'une surface variant classiquement de 1 à 10 ha correspondant à la zone directement attenante au captage, tout dépôt, activité ou installation est réglementé – et au besoin interdit – pour permettre une protection efficace de la ressource en eau potable vis-à-vis des transferts accidentels de substances polluantes. Certaines mesures peuvent être étendues au périmètre « éloigné », d'une superficie très variable et sans caractère obligatoire.

Plus de 500 captages Grenelle à protéger en priorité

Le dispositif précédent a connu un net renforcement à la suite de la directive cadre sur l'eau de 2000, qui a mis en place à l'échelle européenne des exigences sans précédent pour la protection des eaux – en particulier pour viser d'ici 2015 le « bon état » chimique et écologique des masses d'eau. La loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) de 2006, dans son article 21, a instauré la création des zones soumises à contrainte environnementale (ZSCE), qui prévoient la délimitation par le préfet des territoires nécessitant une protection particulière, et la mise

en œuvre de plans d'actions définis par une concertation locale. Sur une base volontaire pendant un à trois ans, son application peut ensuite, à défaut de mise en œuvre, être rendue obligatoire par le préfet. Saluées comme un outil réglementaire volontariste, les ZSCE suscitent cependant des interrogations quant à leurs modalités pratiques de réalisation et aux capacités de contrôle et de suivi qu'elles impliquent, dans des contextes locaux souvent marqués par des conflits d'usage.

Avec la loi Grenelle de 2009, l'effort se porte désormais en priorité sur environ 500 captages identifiés comme particulièrement vulnérables au regard de la population desservie, de leur caractère non substituable et de leur niveau de contamination en nitrates ou pesticides. La protection de ces « captages Grenelle » doit être effective dès 2012. L'application de l'outil ZSCE pourrait donc s'avérer nécessaire pour obtenir les résultats attendus sur la qualité d'eau au plus vite : à la faveur de ce cadre législatif nouveau, l'enjeu sanitaire se double désormais d'une urgence réglementaire.

La démarche de protection des captages se décline en

trois grandes étapes : délimitation des aires d'alimentation de captage et de leur vulnérabilité intrinsèque, diagnostic territorial des pressions puis élaboration concertée du plan d'action.

Dotée d'un schéma de gouvernance apparemment simple – la responsabilité de l'application du plan d'actions incombe aux préfets – la protection de ces captages Grenelle est cependant confrontée à une réalité de terrain complexe. L'objectif de 500 captages fixé par la loi, apparaît parfois décorrélé des situations géologiques ou sociologiques locales : la décision de « classer » – ou pas – un captage a donné lieu localement à d'intenses discussions. Les études de délimitation et de vulnérabilité de toutes les AAC sont en cours de réalisation, soutenues par les agences de l'eau. La démarche de protection s'avère en outre très difficile à mettre en œuvre dans le cas des AAC très étendues. Enfin, dans de nombreux cas, des actions déjà en cours – notamment les plans d'actions territoriaux – doivent être évaluées, poursuivies et intégrées au nouveau dispositif, sans casser les dynamiques existantes entre acteurs. Pour un captage fai-

sant déjà l'objet de mesures de protection, il a été suggéré (Laurent Verdié, Agence de l'eau Adour-Garonne, Rencontres 2011) de soumettre les démarches contractuelles engagées à une évaluation régionale permettant de décider de leur poursuite, ou de leur remplacement par l'action réglementaire dans le cadre des ZSCE.

De manière générale, l'atteinte des objectifs de la DCE – pour les captages Grenelle mais aussi pour les autres – nécessite, dans des délais très courts, une mobilisation sans précédent des nombreux acteurs concernés : agriculteurs, maîtres d'ouvrages, administrations, chambres d'agriculture et coopératives, collectivités territoriales, agronomes et opérateurs d'eau potable. Pour réussir, cette mobilisation doit s'appuyer sur une analyse concertée des expériences déjà menées localement ; une compréhension réciproque des enjeux de chaque partie ; une vision partagée des outils et solutions techniques disponibles, ainsi que des connaissances restant à acquérir et des besoins de R&D correspondants : c'est dans cet objectif qu'ont été conçues les Rencontres 2011 du GIS GC-HP2E. ■

Quelques retours d'expériences

Au cours des dernières décennies, la protection des eaux vis-à-vis des pollutions diffuses a motivé un grand nombre d'actions, impulsées par les collectivités, les agences de l'eau ou les organismes prescripteurs sur l'ensemble du territoire français. Dès les années 90, elles ont pu s'inscrire dans le cadre d'initiatives portées au niveau national – avec par exemple les actions menées dans le cadre du label Ferti-Mieux, animé de 1991 à 2003 par l'association nationale pour le développement de l'agriculture (ANDA). Mais le bilan de ces opérations montre, à l'heure actuelle, une grande diversité de moyens, de méthodes et de résultats.

À l'heure où le Grenelle environnement impose d'agir rapidement, de manière coordonnée, il est temps aujourd'hui de tirer les enseignements des efforts passés ou en cours.

Cette première partie propose une contribution à ce bilan, sur la base de quelques-uns des retours d'expérience présentés lors des Rencontres du GIS.



1.1 – Opérations de diagnostic et programmes d'actions : l'expérience d'Arvalis sur deux bassins versants

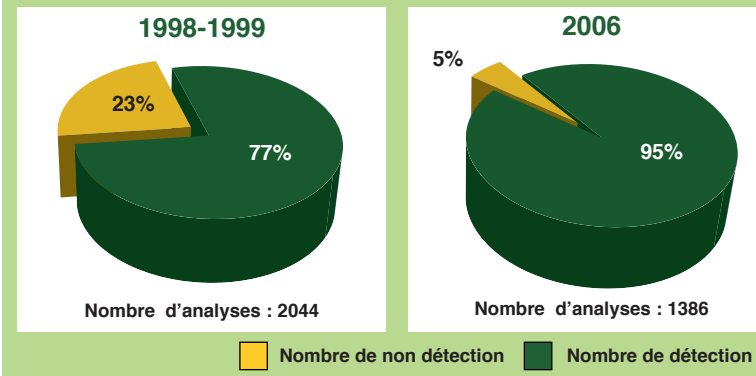
Problématique connexe à celle des AAC, la protection des bassins versants (BV) vis-à-vis des pollutions diffuses fait l'objet de nombreux plans d'actions agricoles. L'intervention de Benoît Réal (Arvalis – Institut du végétal) a permis de présenter deux d'entre elles, menées depuis 1997 par Arvalis avec différents partenaires. Dans chaque cas, une démarche similaire a été adoptée : diagnostic spatialisé des types de transfert et des sources de pollution, élaboration de plans d'actions adaptés, suivi d'indicateurs d'état et de progrès.

Situé au nord de Rennes sur 136 ha, le bassin versant de la Fontaine du Theil comprend 80 parcelles cultivées par 20 agriculteurs : maïs, prairies permanentes et céréales à paille pour l'essentiel. Une station de mesure, située à l'exutoire du BV, a permis de relever au début de l'étude la présence de différents herbicides dans la rivière. Dès 1998, un diagnostic a été réalisé sur tous les pulvérisateurs opérant dans le BV, suivi d'une formation des agriculteurs au réglage de leurs appareils. Des formations sur

le désherbage des céréales et du maïs ont également été organisées, confortées par des tours de plaine réguliers avec les exploitants. Le plan d'action s'est enfin traduit par l'aménagement de zones tampons (bandes enherbées, jachères, talus arboré) et l'échange de parcelles sensibles entre agriculteurs pour y installer des prairies permanentes. Des haies ont été restaurées, une décharge supprimée. Le traitement chimique des bordures de champs et du ruisseau a été supprimé au profit d'un entretien mécanique et le travail du sol est désormais réalisé perpendiculairement à la pente.

Les résultats, mesurés par plus de 15000 analyses à l'exutoire entre 1998 et 2006, montrent une réduction significative du taux de quantification des substances actives : de 22% en 1998-1999 à 5% en 2005-2006, comme le montre la figure 1. Le seuil de $5\mu\text{g/l}$ toutes substances actives confondues, encore parfois dépassé les deux premières années, ne l'a plus été par la suite.

Figure 1 : évolution du nombre de détection de pesticides à la Fontaine du Theil (d'après Benoît Réal, 2011).



Cas du Péron (02) : une mise en œuvre probante sur un bassin versant étendu

Beaucoup plus étendu, le BV du Péron, au Nord du département de l'Aisne, compte 14 648 ha dont 82% de surface agricole utile (SAU). C'est à l'initiative d'un technicien de la coopérative Cerena, constatant une mortalité massive de poissons sur le cours d'eau, qu'a été lancé en 2004 le programme – baptisé Agri Péron – visant à faire du bassin un exemple de maîtrise des pollutions diffuses et ponctuelles par les phytosanitaires. Porté par Arvalis, Cerena et la Chambre d'agriculture de l'Aisne, cofinancé par l'agence de l'eau Seine-Normandie (AESN) et le conseil général, il s'est

d'abord basé sur un diagnostic des modes de transfert, puis assortis de recommandations aux agriculteurs : culture de printemps, substitution de produits, aménagements.

Au printemps 2004, un suivi de la qualité des eaux par la Diren révéla la présence de 28 substances actives, transférées directement, via des caniveaux, depuis les cours de ferme à la suite d'un orage. L'effort se porta alors sur la sécurisation des postes de remplissage des pulvérisateurs : 52 cours de fermes furent réaménagées à cet effet. Trois ans plus tard, les seuls phytosanitaires détectés dans la rivière étaient d'origine non agricole.

En parallèle, le problème d'herbicides employés sur

le maïs, ruisselant vers des zones d'infiltration rapide dans la nappe, fut également réduit par l'implantation de zones tampons, haies et alignements d'arbres.

Vers une extension à tout le département de l'Aisne

La mise en œuvre probante de cette méthode sur un BV permet d'envisager son extension à un périmètre plus large, comme le département. Telle est l'ambition du programme Agriper'Aisne, actuellement en cours et porté par l'ensemble des acteurs agricoles de l'Aisne (02) : de la Chambre d'agriculture aux organismes de collecte et de distribution. Suite à un diagnostic Aquavallée®, Arvalis-Institut du végétal et la Chambre d'agriculture ont qualifié le risque de transfert pour tout le département. Les zones identifiées comme les plus « à risque » représentent 41 % de la SAU totale.

Les modes de transfert principaux sont le drainage, le ruissellement dû à la battance du sol et l'érosion qui lui est associée. Les diagnostics d'exploitation sont réalisés par des chefs de projet dûment formés dans chaque organisme participant. Ces « diagnostiqueurs » mettent en œuvre une méthode de restitution communicante, grâce à l'apport des registres parcelaires graphiques fournis par les agriculteurs. L'utilisation de l'outil de diagnostic agri-environnemental graphique leur permet d'évaluer les risques liés à l'utilisation des phytosanitaires, mais aussi aux nitrates, et de façon complémentaire d'évaluer leurs impacts sur la biodiversité et au niveau énergétique. En septembre 2010, pas moins de 300 exploitations avaient ainsi été diagnostiquées, avec l'appui financier des agences de l'eau Seine Normandie et Artois Picardie.

1.2 – Champagne Berrichonne du Cher : évolution des pratiques de fertilisation azotée

Classée zone vulnérable dès 1992 dans le cadre de la directive nitrates, la Champagne Berrichonne du Cher est marquée de longue date par des dépassements ré-

guliers du seuil de 50 mg/l en nitrates dans les captages d'eau. La coopérative Epis Centre, prescriptrice auprès de 70% des exploitations locales, s'est mobilisée

depuis près de 20 ans en faveur d'une évolution des pratiques de fertilisation azotée, mettant en place des actions de conseil dont la mise en œuvre était basée sur le volontariat.

De 1993 à 2003, l'opération AZUR, menée en collaboration avec la Chambre d'agriculture sous le label Ferti-Mieux, s'est appuyée sur l'enregistrement des pratiques des agriculteurs, qui furent analysées en regard de l'évolution des teneurs en nitrates observées. Au cours des cinq premières années,

cette action s'est traduite par une évolution des pratiques avec une réduction de la dose du premier apport et un développement des apports fractionnés. À partir de 1998, la mise en œuvre d'outils de calcul et de pilotage a permis de poursuivre ces changements, qui globalement se traduisirent par une réduction sensible des doses employées : entre 1998 et 2003, la « balance azote » moyenne est ainsi passée de + 70 à + 50 kgN/ha/an.

En 2003, à l'issue de l'opération AZUR, l'introduction



© P. Bossard – Onema

du logiciel informatique Epiclès® Invivo pour le calcul prévisionnel de fumure azotée, combiné avec l'outil de diagnostic par télédétection Farmstar®, a permis à Epis Centre de poursuivre et de renforcer l'enregistrement des pratiques et ses actions de conseil. Ces outils sont aujourd'hui largement utilisés sur la plupart des bassins versants de la Champagne Berrichonne.

Des impacts contrastés sur les teneurs en nitrates dans les captages

Si elles ont permis une réelle évolution, qualitative et quantitative, des pratiques de fertilisation azotées, les actions entreprises depuis près de 20 ans par la coopérative Epis Centre auprès des agriculteurs de la Champagne Berrichonne ne se traduisent pas partout par des impacts nets sur les teneurs en nitrate dans les nappes. Deux exemples (Jean-Marie Larcher, Epis Centre, Rencontres 2011) permettent d'illustrer cette disparité des résultats.

Au captage d'Avord, situé à 25 m de profondeur, la teneur en nitrate connaît une décroissance constante et régulière depuis 1995. Les taux mesurés, qui franchissaient fréquemment les 80

mg/l jusqu'à 1997, sont passés sous le seuil des 50 mg/l depuis 2005.

Le constat est tout autre dans le cas du captage profond du Porche 2 (100 m), situé dans l'aire d'alimentation de captage prioritaire qui alimente la ville de Bourges. Après une décennie de hausse constante entre 1990 et 2000, les teneurs en nitrates s'y sont stabilisées entre 65 et 70 mg/l.

Ces deux bassins, situés sur des sols typiques de la Champagne Berrichonne du Cher, sont occupés par des systèmes de grandes cultures comparables. Ils ont fait l'objet du même type d'actions de protection, avec des moyens similaires.

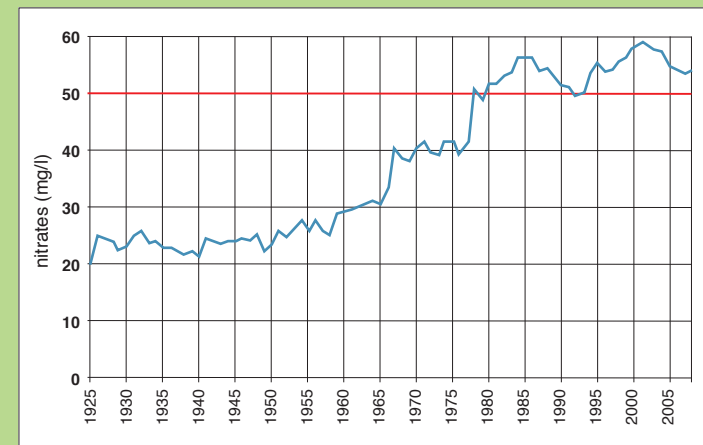
Si elle est aujourd'hui encore sujette à débat, l'interprétation des importantes divergences constatées dans les résultats est évidemment liée, au moins en partie, à la différence de profondeur des aquifères captés. Une étude de datation des eaux souterraines, réalisée par le Laboratoire de datation des eaux souterraines (LADES) pour la communauté d'agglomération de Bourges, a ainsi mis en évidence un temps de transfert d'une dizaine d'années pour ces nappes situées à 100 m de profondeur.

1.3 – Eau de Paris : réduction des intrants et développement de l'agriculture biologique

L'approvisionnement en eau potable des Parisiens (soit 560000 m³/j) est assuré pour moitié par le prélèvement des eaux de surface de la Seine et de la Marne. L'autre moitié provient de captages souterrains très vulnérables situés

en milieu rural, dans les régions de Sens, Dreux, Fontainebleau et Provins. Depuis les années 60, leur qualité est dégradée, à divers degrés, par la présence de nitrates et de pesticides, comme l'illustre la figure 2.

Figure 2 : évolution des concentrations moyennes annuelles en nitrates sur la source de la Vicomté de 1925 à 2009. (d'après Manon Zakeossian, 2011).



Dès l'implantation de ces captages, des efforts conséquents ont été consentis pour leur protection, notamment pour limiter la propagation des contaminations provoquant des maladies infectieuses. Ainsi les périmètres de protection immédiate des sources sont de

taille très étendue, couvrant pas moins de 826 ha au total. Des gouffres ou des portions de cours d'eau perméables ont été étanchés pour limiter les transferts d'eau de surface vers les nappes souterraines. Les premières actions menées en collaboration avec les agriculteurs

datent du début des années 90 : engagement d'actions Ferti-Mieux sur la Voulzie, substitution de l'atrazine dans le bassin du Dragon, financement de jachères le long de cours d'eau. Quatre usines de traitement des eaux souterraines ont été construites entre 2004 et 2009, notamment pour le traitement de l'atrazine et de ses métabolites.

Ces efforts ne se sont qu'insuffisamment traduits en termes de résultats sur la qualité de l'eau. Ils ont cependant fourni à Eau de Paris une base utile pour initier des actions plus ambitieuses, dans le cadre d'une stratégie axée sur l'accompagnement à

l'adoption de systèmes de culture à bas niveaux d'intrants chimiques, notamment l'agriculture biologique – le tout en parallèle de la mise en place d'aménagements paysagers permettant de réduire les concentrations dans les eaux avant infiltration.

Depuis 2007, la régie municipale (Manon Zakeossian, Eau de Paris, Rencontres 2011) a ciblé son effort sur trois aires d'alimentation de captage stratégiques – voir carte en figure 3 : les sources de la Voulzie (Seine-et-Marne), les sources de la Vigne (Eure-et-Loir), et les sources de la vallée de la Vanne (Yonne et Aube).

Dominés par les grandes cultures, ces bassins représentent en superficie près de la moitié du total des AAC participant à l'alimentation de Paris. Pour restaurer la qualité de cette ressource, Eau de Paris mise sur l'animation technique, souvent assurée par les chambres d'agriculture, la mise en œuvre de mesures agro-environnementales (MAE) et l'acquisition foncière.

Taux de mise en œuvre encourageant, impacts à évaluer

Sur le captage des sources de la Voulzie, dont l'aire d'alimentation s'étend sur 11000 ha (90% en SAU), les nitrates sont mesurés à des taux moyens de 54 mg/l. L'atrazine (0,1 µg/l) et le métabolite diéthanolamine (DEA) (0,35 µg/l) sont les deux principaux pesticides détectés en continu – d'autres phytosanitaires dépassant régulièrement les seuils limites en période d'application. Les grandes cultures d'hiver sont majoritaires, le drainage concerne 15 % de la SAU.

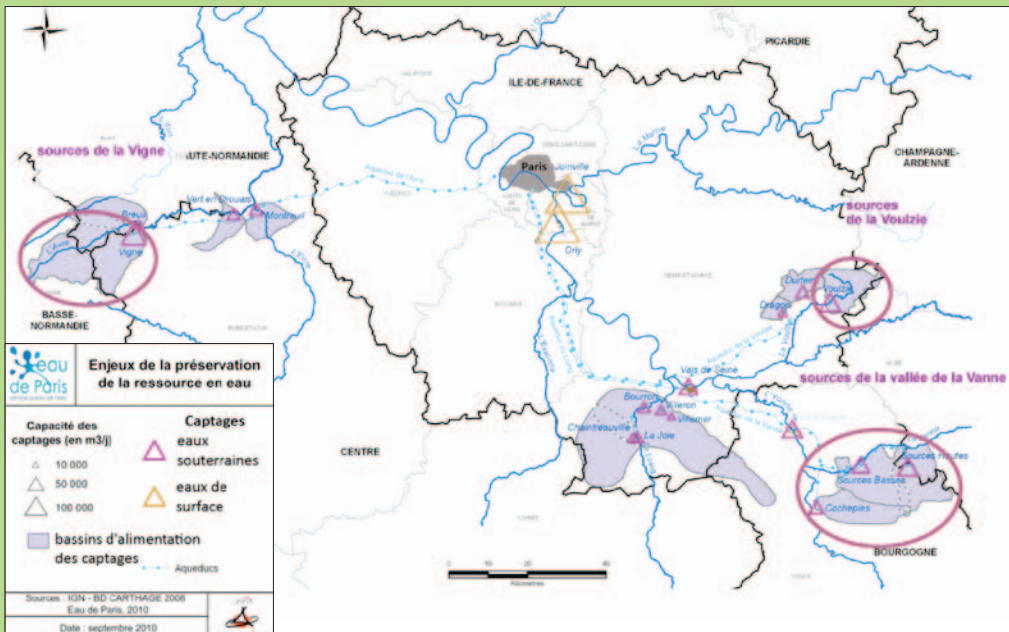
En vue du développement de systèmes de culture intégrés, des MAE visant à la réduction de 50 % de l'utilisation des herbicides de 40 % pour les autres produits et ont été

proposées sur l'ensemble du bassin – et d'autres sont envisagées, notamment en vue d'une évolution des pratiques de fertilisation. Ces mesures ont été adoptées, depuis 2007, par une trentaine d'agriculteurs pour une surface de près de 3900 ha. Un partenariat a également été engagé avec le Cemagref pour la mise en place de zones tampons humides artificielles en sortie de drainage.

Sur les sources de la Vigne, dans un contexte comparable, le même type d'actions a suscité l'engagement de 65 agriculteurs, qui s'est traduit par de la création ou du maintien d'herbe sur près de 700 ha, et la réduction des intrants sur 2 900 ha.

Enfin, l'animation menée dans la vallée de la Vanne (46 800 ha), portée par le service d'éco-développement agrobiologique et rural de Bourgogne (Sedarb) et le groupement des agriculteurs biologiques (GAB) de l'Yonne, vise plus spécifiquement au développement de l'agriculture biologique, assortie d'aménagements pour limiter le ruissellement. Une MAE a été proposée en ce sens en 2010, qui a conduit dès la première année un total de 11 agriculteurs à opter pour

Figure 3 : les trois sites « pilotes » d'Eau de Paris.



une conversion en agriculture biologique, pour un total de 550 ha.

Au final la stratégie adoptée par Eau de Paris rencontre auprès des agriculteurs un accueil encore assez limité, mais encourageant. En revanche, l'impact réel de ces évolutions en termes de qualité de l'eau aux captages reste à évaluer. L'opérateur sou-

ligne la nécessité d'inscrire sa démarche dans la durée et note le caractère limitant des contractualisations à 5 ans prévues par les MAE. Cette nécessité de continuité sera encore confrontée aux évolutions à venir dans le cadre de la nouvelle PAC en 2013, qui impliqueront d'importants efforts d'adaptation pour les porteurs de projets.



Captages en plans d'eau et eutrophisation : le cas du lac de Carcès

L'apport de phosphore d'origine anthropique (eaux usées, agriculture, industrie) est l'un des principaux moteurs des phénomènes de prolifération algale dans les milieux aquatiques. Ces proliférations sont observées depuis plusieurs années sur le lac de Carcès (83), qui assure la majeure partie des besoins en eau potable pour les 400 000 habitants de Toulon et de son agglomération. En complément d'une démarche de protection engagée par la direction départementale des territoires et de la mer, le groupe Veolia y a mis en œuvre en 2009 un diagnostic de plan d'eau (Magali Dechesne, Veolia, Rencontres 2011). Ce projet s'est basé sur une méthode de diagnostic du Cemagref pour établir l'état trophique du lac et identifier les sources potentielles de phosphore. Parmi celles-ci, les phénomènes d'érosion des sols du BV – dont environ 10% est dédié à la viticulture – apparaissent localement comme une source significative de transfert diffus ; à laquelle s'ajoutent les usines de traitement des eaux usées et les coopératives agricoles. La qualité du plan d'eau, étudiée en 2009 par quatre campagnes de prélèvement, a montré une situation préoccupante mais non critique. L'importante quantité de matières phosphorées retrouvée dans les sédiments reste faiblement biodisponible. Les suivis de phytoplancton ont mis en évidence des cas ponctuels de proliférations de cyanobactéries, en particulier lors des étages estivaux – avec un risque de colmatage des filtres.

Ce premier diagnostic s'est traduit par plusieurs recommandations sur le fonctionnement hydraulique de l'ouvrage, maintien d'un niveau plus élevé dans la retenue, voire déplacement de la prise d'eau.

Mais à plus long terme, une compréhension précise des flux de phosphore à l'échelle du bassin versant sera nécessaire pour permettre d'engager des actions préventives en faveur d'une réduction des apports ou des transferts vers le lac.

1.4 – Bilan qualitatif : facteurs de succès et limitations actuelles

Les retours d'expérience présentés lors des Rencontres 2011 ne fournissent qu'un aperçu de la grande diversité des actions engagées, ces dernières années, en faveur de la protection des captages. Si l'on peut se réjouir de cette mobilisation croissante du monde agricole, des collectivités et des acteurs de l'eau sur la question, il est cependant nécessaire de la soumettre à une analyse critique : les efforts consentis et les résultats encourageants obtenus localement ne sauraient en masquer le caractère parfois parcellaire, empirique ou spatialement cloisonné, et au final insuffisant à l'échelle nationale.

Il est donc désormais nécessaire d'identifier les lacunes et des freins qui subsistent à la mise en œuvre de méthodologies partagées, déclinables à grande échelle en vue d'une protection effective des captages, notamment à l'échéance rapprochée des objectifs du Grenelle environnement. Les expériences présentées lors des Rencontres 2011, ainsi que les débats qui ont suivi, permettent de nourrir cette analyse.

La mise à disposition de connaissances techniques et scientifiques opérationnelles reste bien sûr un enjeu majeur pour une compréhension fine des phénomènes à l'œuvre par les gestionnaires et acteurs d'une AAC. En préalable à la définition de plans d'actions adaptés à chaque situation, il apparaît indispensable de disposer d'outils pour délimiter les AAC : évaluer les vulnérabilités ; identifier les sources et les causes des pollutions ainsi que les pratiques agricoles concernées ; apprécier les marges de progrès ; enfin proposer des adaptations des pratiques et des aménagements adéquats. Dans une perspective de mutualisation des investissements et de mise en œuvre opérationnelle à grande échelle, la transposabilité des méthodes mises au point apparaît aujourd'hui comme une attente majeure.

Ces objectifs constituent autant d'axes de travail, qui ont mobilisé ces dernières années de nombreuses équipes, de plus en plus transdisciplinaires. Certains de ces projets ont fait l'objet de présentations et sont

abordés dans la deuxième partie de cette synthèse.

Le développement de solutions techniques doit bien sûr se doubler d'un effort significatif de pédagogie pour permettre leur appropriation par les différents publics appelés à les mettre en œuvre : maîtres d'ouvrages, organismes financeurs, administrations, coopératives et structures prescriptrices, collectivités et agriculteurs.

Plus généralement, la capacité à mobiliser tous les acteurs autour d'un plan d'actions est signalée par l'ensemble des participants des Rencontres 2011 comme un facteur de succès essentiel à l'obtention de résultats. Pour générer un consensus autour des solutions proposées, les diagnostics doivent être compris et partagés par chacun. L'animation doit permettre l'élaboration d'un discours homogène, porté par tous les acteurs de la chaîne de conseil. Cette préoccupation a par exemple contribué aux résultats obtenus sur un projet ambitieux comme Agriper'Aisne (p. 14) : les solutions proposées, y compris les restrictions d'utilisation sur certains produits, ont été validées par tous les acteurs de la chaîne de conseil, des

techniciens formés au diagnostic aux présidents de coopératives. Chaque agriculteur était en outre accompagné par un interlocuteur unique.

Ce nécessaire accompagnement sociétal fait l'objet de programmes de recherche menés sur le terrain, et d'une prise de conscience croissante parmi les acteurs – des chambres d'agriculture aux structures de distribution. Elle doit s'exprimer au niveau local, par la construction de coordinations agricoles à l'échelle d'une AAC, comme au niveau des acteurs nationaux – comme en témoigne le partenariat signé entre l'assemblée permanente des chambres d'agriculture et la fédération professionnelle des entreprises de l'eau. Ces questions font l'objet de la troisième partie du présent document.

Un facteur-clé de succès, encore largement signalé, est la pérennisation des actions entreprises. Les efforts consentis peuvent mettre plusieurs années à se traduire en impact réel pour la qualité de l'eau du captage, en raison notamment de l'inertie des phénomènes de transfert vers les eaux souterraines. Une fois acquis, ces résultats doivent être maintenus dans

la durée. Le recours aux MAE, outil incontournable pour le lancement et l'accompagnement des projets, apparaît limitant dans cette perspective qui impose le maintien des efforts au-delà des cinq années de contractualisation : s'il fournit un cadre efficace pour l'animation, il ne sert qu'insuffisamment l'objectif final de protection pérenne de la ressource eau.

Enfin, l'évaluation des impacts des plans d'actions sur la qualité de l'eau aux captages reste encore trop souvent insuffisante – et parfois absente, le taux d'adoption des mesures par les agriculteurs faisant alors office de bilan. Il apparaît indispensable que celle-ci soit systématiquement intégrée aux actions de protection des captages, pour permettre d'en apprécier l'efficacité réelle. ■



© G. Czerw



© G. Czerw

Du diagnostic à l'action : connaissances, outils et méthodes



Les enjeux liés à la protection des captages ont induit, depuis une décennie, un investissement croissant de ces problématiques par les instituts techniques, laboratoires scientifiques et organismes d'État. Il en a résulté le lancement d'un grand nombre d'études visant au développement de solutions, de modèles et de méthodes – de l'analyse des zones vulnérables au sein des AAC à l'adaptation des pratiques agricoles ou à la réduction des transferts diffus.

Paradoxalement, cette mobilisation volontariste place aujourd'hui les gestionnaires devant un certain foisonnement d'outils. Quel modèle choisir pour simuler les transferts sur une AAC donnée ? Dans quelle mesure la méthode utilisée dans un contexte est-elle pertinente dans un autre ?

Cette deuxième partie, alimentée par les contributions scientifiques et techniques présentées, ne prétend pas fournir un panorama exhaustif des outils et méthodes disponibles ou à venir ; elle propose cependant un repérage actualisé de notions techniques et de solutions utilisables dans une perspective opérationnelle.

2.1 – Délimiter les AAC : un peu d'hydrogéologie

L'expression « aire d'alimentation de captage », utilisée par la législation désigne l'ensemble des surfaces du sol sur lesquelles l'eau qui s'infiltre ou ruisselle participe à l'alimentation de la ressource en eau – nappe souterraine ou eaux superficielles – dans laquelle se fait le prélèvement. Les AAC peuvent s'étendre sur des surfaces de quelques dizaines à plusieurs milliers d'hectares.

En pratique, ces surfaces sont déterminées par la topographie, par le caractère infiltrant ou ruisselant des sols de surface, mais aussi par la structure géologique du sous-sol, marquée par la présence de formations imperméables. Leur juste délimitation, condition première à des mesures de protection efficaces, reste une démarche complexe mobilisant une réelle expertise en hydrogéologie.

Pour le cas des captages d'eau souterraine, le BRGM a publié en 2007 un guide méthodologique intitulé « Délimitation des bassins d'alimentation de captage et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis de pollutions diffuses ». Ce rapport public propose une méthode en trois

étapes. La première, déterminante, concerne l'étude hydrogéologique du bassin versant souterrain : caractéristiques du captage, synthèse et/ou acquisition de données, compréhension du système aquifère.

Le choix de la méthode de délimitation de l'AAC dépend évidemment du type d'aquifère qui contient la nappe d'eau concernée : on distingue les aquifères continus (où l'eau est contenue dans des milieux poreux) ; les aquifères fissurés (l'eau y circule dans les failles et fissures d'un milieu imperméable) ; et les aquifères karstiques – systèmes complexes associant des zones plus ou moins fissurées, plus ou moins saturées en eau. Le rapport du BRGM détaille dans la suite les méthodes pour délimiter, dans chaque cas, la portion de la nappe qui alimente le captage en question. En effet, il faut identifier la zone de surface susceptible d'influer sur la qualité de l'eau présente dans cette portion de nappe – autrement dit, l'aire d'alimentation de captage.

Pour le cas des captages en eau de surface, le Cemagref prépare, à la demande des

ministères en charge du développement durable, un guide descriptif pour la délimitation des AAC et la caractérisation de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses par les pesticides agricoles. La méthode proposée (Guy Le Henaff, Cemagref, Rencontres 2011) est basée sur une approche qualitative des phénomènes de transfert d'eau. Là encore, la première étape consiste à recueillir et analyser les données existantes sur la pédologie (étude des sols), l'hydrologie, la topographie. Outre l'exploitation des études préalables (déclaration d'utilité publiques notamment), il peut être nécessaire

de compléter les données. Il apparaît en particulier indispensable de disposer d'une connaissance exhaustive du fonctionnement hydrique des sols, qui détermine les phénomènes de transferts hydriques vers le captage. La définition précise des contours de l'AAC est ensuite obtenue au moyen d'un système d'information géographique.

Ces deux guides méthodologiques, qui seront réunis en 2012 en un manuel unique traitant des captages de surface et souterrains, fournissent également des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des captages.

2.2 – Comprendre les transferts et hiérarchiser les zones d'action prioritaires

Dans une perspective de protection de la ressource en eau potable vis-à-vis des pollutions diffuses, la délimitation des AAC est indissociable de l'analyse de leur niveau de risque de transfert – qui varie d'une parcelle à l'autre ou d'une zone à l'autre. Ce niveau de risque est la résultante de deux composantes : la vulnérabilité intrinsèque de l'AAC (fonction des caractéristiques topographiques et

pédologiques) et les pressions (occupation des sols et utilisation d'intrants chimiques). Il est potentiellement pondéré par la présence d'aménagements paysagers (talus, haies, bandes enherbées...) qui influent sur les flux de polluants.

Pour être efficaces, économiquement réalistes et compatibles avec le maintien d'une agriculture compétitive, les plans d'actions sont donc

adaptés au niveau de risque des différentes zones et ils doivent *a minima* cibler les surfaces présentant les plus grands risques de transfert vers l'eau captée.

Différents modes de transferts peuvent contribuer aux flux de substances chimiques au sein d'une AAC :

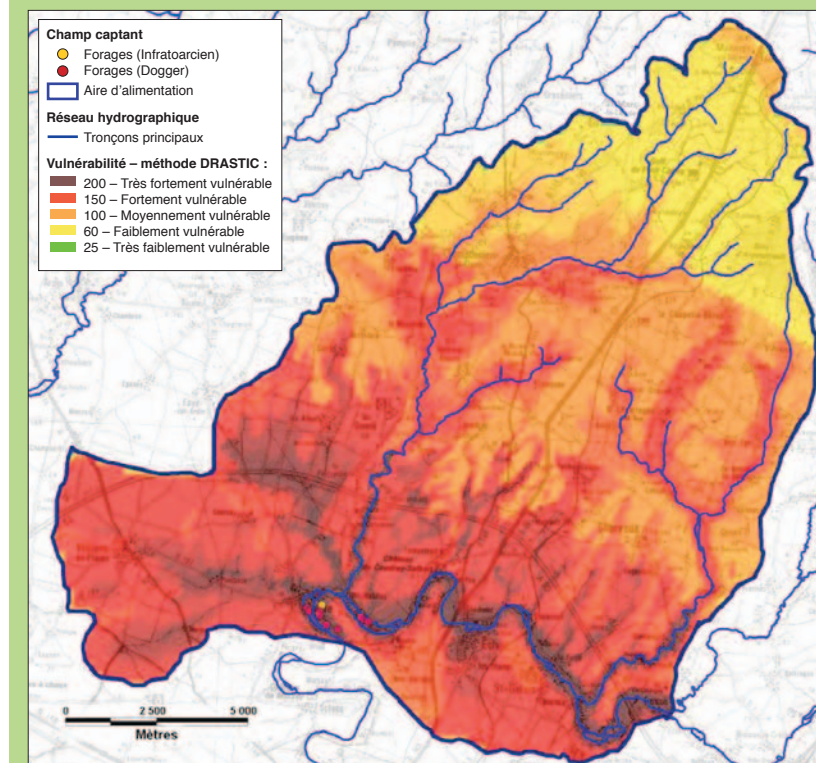
- le ruissellement. En cas de pluie, l'eau qui s'écoule en surface entraîne avec elle les polluants. On peut distinguer le ruissellement hortonien, qui se produit sur des sols peu perméables en cas de pluie d'une intensité supérieure au taux d'infiltration du sol, le ruissellement sur sol saturé, en cas de précipitations sur un sol déjà gorgé d'eau, et le ruissellement érosif ;
- les écoulements hypodermiques qui entraînent un transfert de subsurface (sous la surface du sol mais au-dessus des nappes phréatiques), dont le drainage agricole est un cas particulier ;
- l'infiltration dans les sols des eaux pluviales ;
- la dérive atmosphérique de pulvérisation.

L'établissement de cartographies de vulnérabilité de la ressource en eau vis-à-vis des polluants diffus ou des

risques de transferts constitue donc une équation complexe, qui mobilise notamment des compétences en hydrogéologie et en agronomie. Face à ce défi, l'utilisation de modèles numériques s'est imposée depuis plus de 20 ans comme un outil de choix – d'abord à des fins de recherche, et de plus en plus avec des objectifs opérationnels.

Une approche de hiérarchisation des zones d'action prioritaires, basée sur une modélisation par parcelles a été présentée lors des Rencontres 2011 (Thibaut Constant, InVivo, Rencontres 2011). Cette approche, qui a bénéficié des travaux menés par l'Inra sur le bassin de Bruyères-et-Montbérault, ainsi que sur la nappe de la Beauce, a été mise en œuvre par l'Union InVivo, en collaboration avec les bureaux d'études Footways et Safege, sur l'aire d'alimentation de captage de Saint Maxire, qui regroupe 12 forages pour une production annuelle de 12 millions de m³. Après une étude hydrogéologique complète, Safege a établi une cartographie de la vulnérabilité intrinsèque du bassin sur la base de l'hypothèse forte de transfert vers l'aquifère par infiltration uniquement (figure 4).

Figure 4 : carte de vulnérabilité intrinsèque de l'AAC de Saint Maxire-Échiré (79) (cf. résumé Thibaut Constant, 2011).



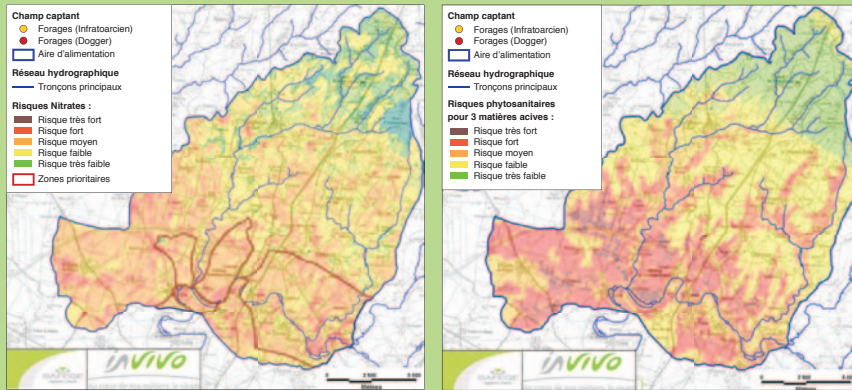
Les diagnostics de risque de transfert diffus en surface ont ensuite été menés par deux approches ciblant respectivement les nitrates et les produits phytosanitaires à partir des pratiques réelles. La société Footways a réalisé la modélisation, parcelle par parcelle, des transferts de pesticides à partir des 900 scénarii agri-environnementaux répertoriés à l'échelle de

l'AAC, distinguant cinq types de sols, cinq cultures et 88 matières actives. Côté nitrates, les concentrations dans les lames d'eau drainantes ont été calculées, pour chaque parcelle sur la base des estimations de l'outil d'aide à la décision de plan de fumure Epiclès, en retenant les valeurs moyennes pour les quatre années enquêtées.

Les cartes de risque de transfert diffus vers le captage sont ensuite obtenues, pour les nitrates et pour les pesticides, par croisement des cartes de risque de transfert en surface avec la carte de vulnérabilité intrinsèque du captage (Figure 5).

Ce type de modélisation par parcelles, qui a l'avantage d'une bonne lisibilité par les acteurs de terrain et d'un lien direct avec les pratiques agricoles, semble particulièrement adapté aux contextes pédologiques dominés par les transferts verticaux.

Figure 5 : cartes de risque de transferts diffus de nitrates et pesticides avec indication des zones prioritaires, l'AAC de Saint Maxire-Échiré (79) (cf. résumé Thibaut Constant, 2011).



Une autre approche en modélisation consiste à simuler les flux de polluants au moyen d'un maillage régulier de l'espace. C'est le cas du modèle TNT2 développé par l'Inra pour prévoir les effets de mesures de réduction de la pollution diffuse nitrique des eaux d'un captage (Patrick Durand, UMR 1069, Inra-Agrocampus Ouest, Rencontres 2011). Ce modèle, qui couple un modèle hydrologique distribué avec une version sim-

plifiée de STICS (modèle de fonctionnement des cultures à pas de temps journalier), a été appliqué à ce jour à une dizaine de bassins versants – notamment en Bretagne, pour appuyer la mise au point de systèmes à très basses fuites d'azote (Raimbault *et al.*, 2009). Il a également contribué à l'évaluation *ex post* du programme régional de reconquête de la qualité des eaux BEP2 (Bretagne Eau Pure) (Durand *et al.*, 2006).

Dans ce dernier cas, TNT2 a par exemple permis de montrer que les baisses de concentration en nitrates observées pendant la dernière décennie étaient bien le résultat de l'évolution des pratiques agricoles (et non des fluctuations du climat), mais que ces évolutions restaient probablement insuffisantes pour atteindre rapidement une qualité d'eau suffisante.

Cet outil n'est à l'heure actuelle utilisable que par un personnel très qualifié – 3 à 6 mois ingénieur pour une mise en place sur un nouveau bassin versant. Il est limité à des systèmes d'étendue inférieure à une centaine de km², et certainement plus adapté à certains contextes de l'Ouest de la France. Ces limitations, communes à nombre d'approches basées sur la modélisation, sont évidemment réductrices dans une perspective de protection des captages Grenelle effective à l'horizon 2012. Pour TNT2, un des enjeux est aujourd'hui d'étendre l'applicabilité du modèle à des bassins plus vastes, notamment en simplifiant les procédures de renseignement des paramètres d'entrées.

Plus généralement, le développement d'outils de simulation intégrés, adaptés à une

utilisation opérationnelle, constitue un important champ de développement actuel. Quelques-unes des solutions disponibles sont présentées à la section 2.4 du présent document.

Autre lacune importante des approches actuelles en modélisation : celles-ci ne permettent que rarement de prendre en compte le rôle des éléments paysagers (haies, talus...) et ouvrages spécifiques (zones tampons, bandes enherbées...) sur les transferts de polluants. Ces aménagements, précieux leviers complémentaires pour limiter les impacts sur la ressource en eau, font l'objet de la section suivante.

Enfin, la question de l'obtention de données fiables sur les pratiques agricoles réelles, qui constituent les paramètres d'entrée des modèles, est un problème récurrent pour une utilisation à grande échelle de ces outils. Les techniciens peuvent jouer un rôle important pour répondre à ce besoin, en renseignant en particulier les éventuels écarts entre les utilisations conseillées et celles effectivement réalisées par les agriculteurs.

2.3 – Réduire les transferts : cultures intermédiaires, zones tampons et aménagements paysagers

En parallèle des efforts réalisés pour optimiser les pratiques de fertilisation et l'utilisation des phytosanitaires, la protection des captages peut mobiliser une large palette d'outils permettant de limiter les transferts des polluants, notamment par la création de zones tampons. Celles-ci peuvent être de simples éléments paysagers constituant autant d'obstacles naturels au déplacement des substances : talus, haies, boisements ou alignement d'arbres. La création (ou la restauration) de ce type d'aménagements permet de limiter significativement le risque sur certaines parcelles, comme l'a montré par exemple le plan d'action mis en place par Arvalis à la Fontaine du Theil (p. 12).

De nombreuses études ont été consacrées au concept de zones tampons plus ou moins artificielles, implantées entre la parcelle et le milieu récepteur à des fins spécifiques de limitation des transferts. On distingue les zones tampons dites sèches (bandes enherbées par exemple) largement décrites dans les documents techniques du CORPEN, et les zones

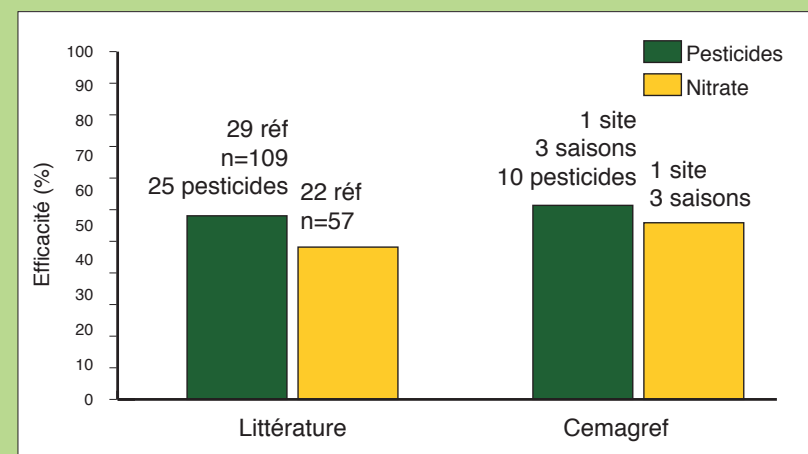
tampons humides artificielles (ZTHA), qui semblent les plus prometteuses dans le cas des parcelles drainées.

Implantées en sortie de collecteur de drainage, ces ZTHA remplissent des fonctions d'assimilation des nitrates par la végétation ou de dénitrification. Quant aux pesticides, leur abattement y est obtenu, selon les molécules, par différents phénomènes : photodégradation, hydrolyse, oxydo-réduction, adsorption sur divers substrats etc.

Le Cemagref a conduit (Julien Tournebize, Cemagref, Rencontres 2011) une analyse bibliographique sur 54 articles comprenant des résultats d'efficacité des ZTHA, augmentée de ses propres résultats expérimentaux. Il en ressort, comme le montre la figure 6, que ces aménagements permettent de réduire en moyenne de 50 % le transfert des substances – nitrates comme pesticides – vers la ressource en eau.

Les ZTHA ne sont bien sûr pas pertinentes partout. Le Cemagref, saisi par des maîtres d'ouvrages distincts, a mené des études préalables à l'implantation de tels équi-

Figure 6 : Efficacité des zones tampons humides artificielles vis-à-vis des pesticides et des nitrates, synthèses des données de la littérature et des expérimentations du Cemagref (d'après J. Tournebize, 2011).



pements dans le cas de trois AAC situées dans des contextes d'agriculture intensive et de relation potentielle entre les eaux de surface et les eaux souterraines : Rampillon, Léchelle et Vovelles.

Dans le cas de Vovelles, bien que l'AAC soit drainée sur 8% de la surface agricole, les eaux souterraines sont alimentées à 97% par infiltration diffuse. Les mesures préconisées concernent donc l'adaptation des pratiques et des changements d'occupation des sols, sans installation de ZTHA.

En revanche, les AAC de Rampillon et Léchelle présentaient respectivement des surfaces agricoles drai-

nées à 100% et 13%, avec dans les deux cas une réinfiltration totale des eaux de surface.

Dans les deux cas, après diagnostic hydrologique, l'installation de quatre ZTHA a été décidée, en complément d'une adaptation des pratiques. Comme souvent pour la mise en place de ce type d'aménagements, l'une des difficultés rencontrées concerne la maîtrise du foncier. Dans le cas du bassin de Rampillon, la maîtrise d'ouvrage est soit publique – le syndicat de rivière – soit assurée par des agriculteurs. Sur les sources de la Voulzie (bassin de Léchelle), les aménagements seront implantés

préférentiellement sur des terrains dont Eau de Paris est propriétaire.

Outre le recours aux zones tampons, signalons enfin une alternative prometteuse pour limiter les transferts de polluants vers la ressource en eau, dans les contextes de grande culture : l'utilisation de couverts végétaux en période d'interculture. Ces cultures intermédiaires présentent un intérêt, bien documenté dans la littérature, pour protéger le sol de l'érosion, améliorer sa structure et sa fertilité, ou encore limiter les fuites de nitrates (Ritter *et al.*, 1998, Justes *et al.*, 1999). Ces couverts végétaux permettent aussi, de façon variable selon les espèces, d'influencer la rétention, la dégradation ou le transport des molécules herbicides appliquées (Reddy *et al.* 1997 ; Sadeghi & Isensee, 1997).

Cette analyse est actuellement poursuivie par le programme CIREPPE (Cultures intermédiaires pour réduire les pertes de pesticides), mené conjointement par l'école d'ingénieurs de Purpan et plusieurs unités de recherche de l'Inra. Le projet s'appuiera sur des essais en laboratoire, sur des dispositifs expérimentaux permettant d'établir des bilans quan-

titatifs et sur l'utilisation de modèles pour envisager des situations non testées expérimentalement. Il vise à proposer, d'ici mi-2014, un outil d'aide à la décision permettant de choisir les cultures intermédiaires en fonction du système de culture et de piloter leur itinéraire technique.



© J. Tournebize.

2.4 – Diagnostic et plans d’actions : vers des outils intégrés d’aide à la décision

Alors que le développement des modèles numériques agro-hydrogéologiques permet l’intégration de connaissances toujours plus fines sur le transfert des polluants et l’optimisation des pratiques agricoles, leur mise en œuvre à grande échelle reste souvent complexe et consommatrice de temps. Ce constat se traduit par un effort croissant des pouvoirs publics et instituts de recherche pour proposer des outils plus intégrés et opérationnels permettant le diagnostic de vulnérabilité, la simulation de mesures correctives et l’évaluation de l’efficacité des plans d’actions (substitution de cultures, évolution des pratiques de fertilisation et d’utilisation des phytosanitaires, mises en jachères, création de zones tampons, etc.).

Tel est l’objectif affiché des outils développés pour l’enjeu pesticides par la société Footways, qui sont actuellement mis en œuvre sur plusieurs AAC en France, mais aussi sur des bassins versants en Suède, en Slovénie ou en Grèce.

La méthode (Igor Dubus, Footways, Rencontres 2011) s’appuie sur une étape de caractérisation du territoire d’études (météo, types de sols et cultures). L’outil est conçu pour être applicable à différentes échelles spatiales, de l’AAC à l’ensemble d’un territoire national, il est adaptable aux données disponibles, permettant de valoriser des informations relevant de l’exploitation, des parcelles, ou même au niveau intra-parcellaire. L’identification des zones à risques de transferts est réalisée au moyen d’un système d’information géographique.

Ces données permettent ensuite de simuler les transferts des produits, parcelle par parcelle, vers la ressource en eau, au moyen de trois modèles distincts, prenant en compte respectivement les écoulements verticaux, horizontaux et la dérive de pulvérisation. Soulignons que cette modélisation doit également permettre de simuler la présence de certains aménagements : haies, bandes enherbées.

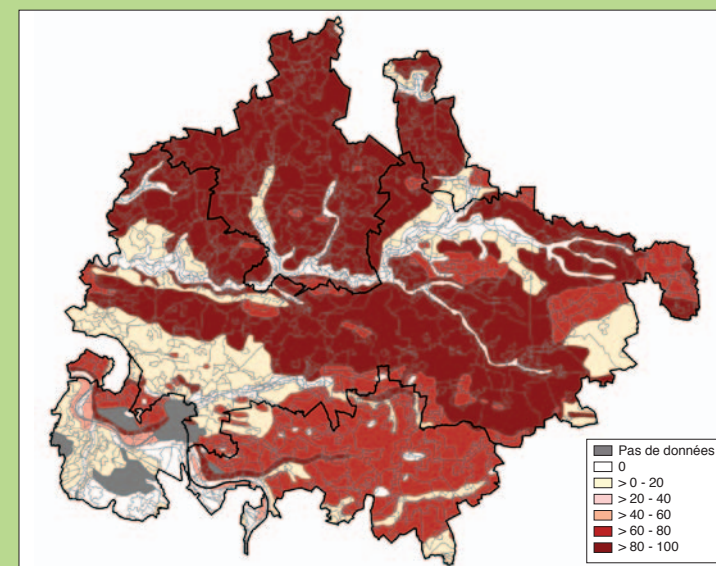
Les données obtenues sont retraitées pour être utilisables dans un contexte opérationnel. Elles sont analysées, selon les utilisations souhaitées, au regard d’indicateurs de qualité relatifs aux eaux potables (les concentrations-seuils utilisées sont alors les limites réglementaires pour chaque substance ou la somme des substances) et d’indicateurs d’effets écotoxicologiques potentiels sur les milieux aquatiques. Des indicateurs de pression peuvent également être utilisés, tels

que les indices de fréquence de traitement (IFT).

Les résultats utiles sont extraits, selon les types d’utilisation, et intégrés à des outils d’aide à la décision (sous forme d’histogrammes, de graphes, de cartographies, etc.) à l’intention des gestionnaires de la qualité de l’eau ou des professionnels du conseil agricole.

La figure 7 donne un exemple de carte pouvant être générée pour une AAC.

Figure 7 : exemple de carte générée par Footways présentant le potentiel de transfert d’un produit phytosanitaire donné vers les eaux souterraines sur une AAC. Les indicateurs Pesticide Indicator for Sustainable Agriculture (PITSA) donnent la fréquence, en pourcentage de jours de dépassement d’un seuil donné pour une ou plusieurs substances actives.



Pour l'enjeu nitrates, un outil d'aide à la décision a été développé par le Centre international de recherche sur l'eau et l'environnement (CIR-SEE) de Suez Environnement. Baptisé Nitrascope™, ce modèle simplifié permet de tester l'efficacité de différents scénarios de mesures préventives dans le but de réduire les concentrations en nitrates au niveau des captages d'eau potable (Julie Paille, Suez Environnement, Rencontres 2011).

Pour une AAC donnée, dûment caractérisée dans le système (types de sols, de cultures, apports en azote), il s'appuie sur des données historiques de concentrations au niveau du captage, qui servent au calage du modèle, pour délivrer des courbes d'évolution des concentra-

tions en nitrates aux captages et simuler les différents scénarios d'évolution d'utilisation des sols ou de réduction de la pression azotée. Classiquement, les restitutions cartographiques permettent d'identifier les zones d'action prioritaires et aident à définir, en concertation avec les différents intervenants locaux, les plans d'actions adéquats. Elles peuvent également fournir un utile support de communication.

Les mises en œuvre déjà réalisées de Nitrascope™ sur quatre AAC françaises (dont la délégation est assurée par la Lyonnaise des eaux), dans des contextes hydrodynamiques très différents, permettent d'attirer l'attention des utilisateurs sur l'importance de la qualité des données d'entrée, qui conditionne fortement la fiabilité des résultats. Il est en particulier indispensable de disposer d'une piézométrie fine du domaine d'étude et d'une bonne représentation de la zone non saturée.

En parallèle du développement de ces outils prometteurs, la mise au point de méthodes qualitatives, permettant un pré-diagnostic rapide, apparaît comme un complément pertinent. Dans cette optique, Terrena,



© G. Czerw

Arvalis-Institut du végétal et Syngenta se sont associés pour construire une grille pédagogique d'évaluation et de conseil, destinée à appuyer les préconisations d'utilisation d'herbicides par les techniciens auprès des agriculteurs (Lancelot Leroy, Terrena, Rencontres 2011).

Ce travail, basé sur les recommandations du CORPEN, le dispositif expérimental d'Arvalis à la Jaillière (44) et la méthode d'Aquaplaine®, cible les risques de transfert vers les eaux superficielles des phytosanitaires appliqués au printemps dans le contexte pédologique de l'Oudon (Limon sur schiste essentiellement). L'outil a été mis en œuvre sur une zone de ce bassin versant prioritaire.

Les techniciens participant au projet ont bénéficié d'une formation visant à leur faire prendre conscience de l'état des cours d'eau, des contraintes réglementaires et des moyens d'action disponibles. La grille détermine les niveaux de risque pour une parcelle donnée, à partir de cinq informations :

- distance à un point d'eau ;
- présence ou non d'une zone végétalisée entre la parcelle et le cours d'eau ;
- pente de la parcelle ;

- risque de battance/compactage ;
- réserve utile de la parcelle.

Les réponses conditionnent les différentes solutions proposées : mise en place d'aménagements, amélioration des pratiques culturales ou des périodes d'application, changement de molécule ou méthodes alternatives.

Le bilan de la mise en œuvre de l'outil s'est révélé très positif : l'outil est simple d'emploi et bien accueilli par les agriculteurs. Cette première étape incite les partenaires du projet à le mettre en œuvre sur d'autres bassins versants, et à plus grande échelle. L'utilisation d'outils intégrés comme Footways permettrait en outre de vérifier *a posteriori* l'efficacité des conseils obtenus par ce type de grille, et au besoin de l'améliorer.

Terrena, Arvalis et Syngenta poursuivront leur collaboration afin de mettre au point d'autres grilles permettant de couvrir des contextes pédologiques et des types d'utilisation de phytosanitaires différents. Il est à noter cependant qu'il ressort un défaut commun à tous ces outils intégrés d'aide à la décision : leur efficacité n'a que peu été évaluée en termes de qualité des eaux *a posteriori*. ■

Acceptabilité et mobilisation des acteurs locaux

Les défis scientifiques et techniques liés à la protection des captages d'eau potable se doublent d'une dimension sociétale essentielle à l'obtention de résultats : à l'échelle d'une AAC, le meilleur plan d'action ne vaut que s'il est pleinement compris, partagé et accepté par l'ensemble des acteurs concernés – jusqu'aux agriculteurs, auxquels revient la charge de sa mise en œuvre sur le terrain. Cet enjeu, unanimement souligné par les participants, nécessite d'abord de comprendre les problématiques propres à chaque partie, dans un contexte de tension accrue sur la ressource. Il impose ensuite de construire les outils d'un dialogue serein en vue d'une réelle coordination des acteurs autour d'une AAC.

Cette troisième partie, consacrée à ces questions, s'ouvre sur un examen de l'évolution des jeux d'acteurs, au niveau national comme au niveau local, dans la perspective urgente de la protection des captages Grenelle. Elle rend compte de l'expérience instructive menée par un collectif sur le captage d'Harol (Vosges), insistant sur les difficultés concrètes rencontrées et les facteurs de succès identifiés. Elle introduit enfin le concept prometteur de diagnostic socio-économique agricole, présenté lors des Rencontres 2011.



© M. Monsay

3.1 – Conflits d’usages et jeux d’acteurs autour des captages

Au-delà des enjeux immédiats liés aux captages Grenelle, la protection des captages cristallise les tensions autour de la ressource en eau, dont la vulnérabilité constitue un sujet d’inquiétude croissant dans l’opinion publique. Avec la reconnaissance de l’influence anthropique sur le changement climatique, la prise de conscience sanitaire et environnementale s’est affirmée au cours de la dernière décennie, dans un contexte de besoins accrus et de concurrence intense entre les différents usages de l’eau.

Cette nouvelle donne place le monde agricole comme les opérateurs d’eau potable face à des difficultés sans précédent. Les syndicats des eaux, tenus de respecter les normes de qualité en vigueur, doivent maintenir l’eau du robinet à un prix acceptable pour la population *a fortiori* lorsque les hausses tarifaires sont liées aux coûts de dépollution. Quant aux agriculteurs, déjà aux prises avec des difficultés économiques structurelles, ils sont confrontés au changement de regard de la société vis-à-vis de l’agriculture dite

intensive, désormais questionnée de toutes parts.

Il apparaît dès lors nécessaire d’analyser les conséquences socio-économiques des évolutions réglementaires actuelles, en interrogeant l’acceptabilité des mesures proposées pour chaque acteur concerné.

Ce travail a été mené par une équipe mixte d’Agroparistech et de l’UMR Inra-SADAPT, avec la chambre d’agriculture et la ville de La Rochelle, dans le cas de la Charente Maritime. Ce département agricole, disposant d’une ressource en eau limitée et peu renouvelable, connaît depuis la sécheresse de 1976 de profondes mutations : régression laitière au profit de la céréaliculture et du maïs ; développement de l’irrigation à la faveur d’une procédure de déclaration simplifiée – alors même que l’urbanisation de la région de La Rochelle se traduit par des besoins accrus en eau potable. Dans ce contexte, la Chambre d’agriculture et le Service des eaux de La Rochelle (SELR) ont initié un partenariat, sous l’impulsion des services de

l’Etat (ARS, DREAL, DRAAF, agence de bassin), pour favoriser la reconquête de la qualité de l’eau sur les captages les plus impactés.

L’étude (Luc Bossuet, Agroparistech, Rencontres 2011) s’est intéressée aux agriculteurs concernés par les périmètres de Varaize, Fraise et Anaïs, ainsi que sur les positions du service des eaux de La Rochelle et de la chambre d’agriculture. Elle s’est basée sur des enquêtes auprès d’experts et d’acteurs de

terrain, complétées par des résultats de prélèvements de sols agricoles (fournis par la CA 17) et des analyses d’eau des captages (fournies par le SELR).

Le président de la chambre d’agriculture concède aisément que les agriculteurs doivent consentir des efforts pour réduire les pollutions engendrées par leurs pratiques – y compris dans un souci de rétablir la crédibilité de la profession, très contestée localement. Il rappelle cependant



que les agriculteurs ont été poussés vers cette intensification aujourd'hui critiquée, et juge pertinent de remettre en question le plan d'irrigation par l'introduction de cultures moins consommatrices en eau. Cette position est saluée par l'ingénieur du SELR. En revanche, ce dernier met en cause le rôle des distributeurs (coopératives et négociés), dont la logique de vente pourrait conduire à une surconsommation d'intrants.

Et les agriculteurs ? L'enquête a révélé la diversité de leurs attitudes au regard des MAE proposées, que l'on peut résumer en trois positions. Une majorité d'entre eux est attentiste : en l'absence d'obligation légale – et de véritable reconnaissance sociale de l'adoption des mesures – ils entendent maintenir leurs pratiques pour assurer leur revenu et se laissent le temps d'examiner les résultats et techniques de ceux qui adhèrent aux mesures.

Pour d'autres producteurs, les MAE constituent un non-sens. Leur priorité est de maîtriser leur production au moyen de pratiques connues, pour maintenir leur finance dans un contexte de forte variabilité des coûts. Leur opposition n'est pas

uniquement économique : on y trouve en filigrane la nécessité de nourrir la planète, perçue comme prioritaire.

Le dernier groupe d'agriculteurs, *a contrario*, rassemble les producteurs s'inscrivant dans le cadre de l'agriculture biologique ou raisonnée, et favorables – sans surprise – aux MAE proposées.

Vers une reconfiguration des rôles

Cette enquête menée localement est représentative de nombreuses situations rencontrées ailleurs sur le territoire. En dépit d'une mobilisation institutionnelle croissante, les évolutions proposées peinent pour l'heure à trouver des relais chez une majorité d'agriculteurs, et ne génèrent que peu d'impacts réels en termes de mise en œuvre. L'une des causes de cette réticence réside notamment, comme cela a été signalé en section 1.4, dans l'absence de mesures pérennes et d'un accompagnement financier adapté.

Face à ce constat, la prise de conscience incontestable par les instances départementales, agricoles ou gestionnaires, des enjeux sanitaires liés à la protection de l'eau potable, doit cependant

être saluée comme une condition préalable du succès. Cette prise de conscience se traduit par de nouveaux positionnements d'acteurs – à l'image du partenariat CA17-SELR évoqué plus haut. L'intervention de la Fédération du négoce agricole lors des Rencontres 2011 (Sébastien Picardat, FNA, Rencontres 2011) relève de la même dynamique : souvent accusés de favoriser la surconsommation d'intrants par le monde agricole, ces distributeurs revendiquent aujourd'hui un rôle de conseil et de préconisation responsable et pleinement conscient des exigences liés à la protection des captages.

Au niveau national, la reconfiguration des jeux d'acteurs s'est notamment traduite par la signature, le 29 octobre 2009, d'un accord de partenariat entre la fédération professionnelle des entreprises de l'eau (FP2E) et l'assemblée permanente des chambres d'agriculture (APCA) (Laura Blasquez, Veolia, Rencontres 2011). Ce partenariat sans précédent vise à initier une dynamique de dialogue et de coopération entre les professionnels de l'eau et les professionnels de l'agriculture qui n'échangeaient que très peu jusqu'alors. Dans cette op-

tique, une étude a été menée sur 10 captages répartis sur chaque grand bassin hydrogéographique et exploités par quatre opérateurs différents : Veolia Eau, Saur, Lyonnaise des eaux et Sogedo. La démarche visait à identifier les freins et les leviers à la mise en place des actions proposées par les partenaires sur les sites retenus, par la réalisation d'entretiens avec des acteurs de terrain : les maîtres d'ouvrage (mairies, communautés de communes, syndicats des eaux), les entreprises de l'eau et les chambres d'agriculture départementales.

Après discussion et validation par l'ensemble des interlocuteurs sollicités, une liste de 21 recommandations de « bonnes pratiques partenariales », jalonnant l'ensemble d'une démarche de protection des captages a été définie. Ces recommandations sont accessibles sur les sites www.fp2e.org et www.apca.chambagri.fr. L'APCA et la FP2E identifient notamment comme principal levier de progrès la contractualisation entre les principaux acteurs impliqués techniquement et financièrement dans la protection de la ressource. Pour inscrire celle-ci dans la durée, il apparaît nécessaire de réviser certaines condi-

tions concernant les aides actuellement proposées. Un autre levier vise au développement sur ces périmètres de nouvelles filières ouvrant de réelles perspectives aux agriculteurs : taillis à courtes rotations, chanvre, herbe, marchés de proximité, restauration collective, etc.

Cette action conjointe est bien sûr appelée à se pour-

suivre : les deux professions se sont accordées sur leur volonté d'instaurer des démarches durables sur les volets économiques, environnementaux et sociologiques. La préférence sera donnée aux actions locales et contractuelles plutôt que réglementaires.

3.2 – Coordonner les acteurs autour d'une AAC Grenelle : une expérience éclairante à Harol

Le captage des sources de la Rochotte contribue à l'alimentation en eau potable des habitants d'Harol, dans les Vosges. Situé en tête du bassin versant de la Saône, dans une zone essentiellement agricole (polyculture-élevage), il présente de manière constante des concentrations en nitrates proches du seuil de 50 mg/l qui lui valent d'être classé « Grenelle ». L'étude de délimitation est actuellement menée par un bureau d'études mandaté par le comité de pilotage « institutionnel ». L'AAC ne devrait pas excéder, selon les estimations actuelles, une centaine d'hectares (le périmètre de protection rapproché compte, lui, 55 ha).

L'annonce du classement, non anticipée, a plongé la municipalité dans un certain désarroi. La situation est d'autant plus complexe que la commune, située à proximité des eaux, est rattachée à une communauté de communes dépendant d'un autre bassin pour l'assainissement. Dans ce contexte particulier, un collectif centré autour des acteurs locaux, incluant les agriculteurs de la zone et la municipalité, s'est créé en 2009 à l'initiative de chercheurs de l'UR Agrosystèmes Territoires Ressources de l'Inra, ainsi que du pôle développement durable de la chambre d'agriculture des Vosges. Le projet poursuit un double objectif de recherche et de construction collective d'une

coordination d'activités agricoles autour de l'AAC.

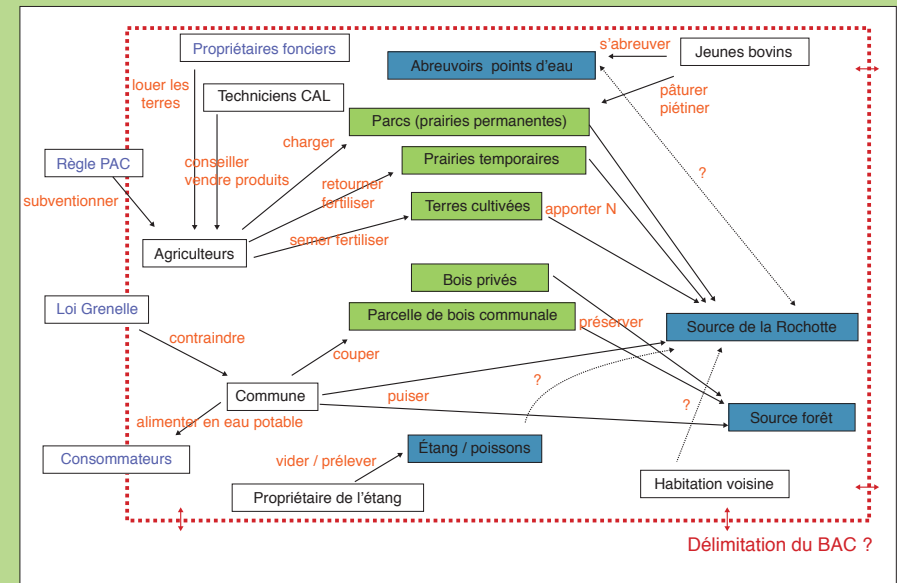
Son premier acquis important a été de proposer une représentation partagée du territoire, sous forme de diagramme d'interactions, présenté en figure 8.

Cette représentation illustre d'abord le rôle des acteurs indirects (techniciens de coopératives, fournisseurs, propriétaires fonciers), qui ne sont pour l'heure pas associés aux réflexions du collectif d'acteur locaux – ni à celles du comité de pilotage.

Elle met ensuite en évidence la complexité des relations entre systèmes de cultures et pratiques d'une part, et impacts environnementaux d'autre part – nourrissant la réflexion quant aux moyens d'en améliorer la compréhension. Le collectif a notamment engagé une caractérisation des sols et un suivi de la qualité des sources environnantes.

Dernier enseignement : l'importance de la délimitation de l'AAC, dont dépendra le nombre d'agriculteurs concernés, mais aussi l'impact

Figure 8 : diagramme d'interactions Acteurs-Ressources du territoire de Harol (d'après résumé F. Barataud, 2011).



des mesures adoptées sur le fonctionnement de leur exploitation. L'équipe de recherche a analysé cet impact au moyen de deux indicateurs : le « taux de concernement » (Benoît *et al.*, 1997) – surface des terres dans l'AAC rapporté à la SAU totale de l'exploitation – et « l'impact sur le périmètre » de chaque agriculteur, soit la surface de

ses terres dans l'AAC rapportée à la surface totale de l'AAC.

L'approche novatrice menée à Harol se poursuivra, à la faveur des discussions déjà menées, par la construction de scénarios de réorganisation territoriale et l'évaluation de ces scénarios sur la qualité de la ressource en eau.

3.3 – Vers des diagnostics socio-économiques agricoles

L'exemple du captage d'Harol, détaillé dans la section qui précède, illustre bien l'importance de la prise en compte des réalités sociales locales pour la réussite d'une démarche de protection des captages. Si les premières étapes – délimitation du bassin et de sa vulnérabilité intrinsèque, diagnostic des pressions – mobilisent essentiellement des outils scientifiques et techniques, ce n'est plus le cas lorsqu'il s'agit de définir le plan d'actions. Cette étape, sans doute la plus délicate, nécessite en effet de proposer des mesures qui soient à la fois efficaces en termes de qualité de l'eau et applicables, c'est-à-dire adaptées au contexte local. Il apparaît dès lors nécessaire de connaître les interactions

économiques, sociales et politiques qui sous-tendent le territoire concerné.

Dans cet objectif, l'agence de l'eau Seine Normandie propose (Anne-Louise Guilmain, AESN Rencontres 2011), de développer des diagnostics socio-économiques agricoles, qui interviendraient idéalement comme une étape intermédiaire entre le diagnostic de vulnérabilité intrinsèque des pressions et la définition du plan d'actions. Dans cette optique, l'Agence a piloté une étude, menée par le bureau d'étude Eco-décision et Agristem, afin de réaliser un mémento pour le bon déroulement de ces diagnostics, lequel a été mis en œuvre sur un premier territoire test situé en grande culture. Au terme de cette

étude, le déroulement-type d'une telle démarche a été précisé avec les étapes suivantes :

- réunion de lancement avec le comité de pilotage pour assurer la transmission avec les phases précédentes de la démarche de protection du captage ;
- réunion de démarrage auprès des acteurs déjà identifiés et des agriculteurs, présentation de la démarche et du calendrier par le maître d'œuvre ;
- réalisation d'entretiens avec les agriculteurs et

avec les autres acteurs : filières, conseil, centre de gestion, administration, parc naturel...

- analyse des données et des jeux d'acteurs ;
- proposition de pistes destinées à nourrir la réflexion lors de la définition du plan d'actions ;
- réunion de restitution et présentation des avancées apportées par l'étude ;
- reprise de la démarche de protection du captage.



L'étude pilotée par l'AESN a également permis d'identifier quelques facteurs de succès pour cette démarche. La rédaction de l'appel d'offres devra d'abord lui accorder une place réelle, avec des objectifs clairs et partagés. Dans le choix du prestataire, il est recommandé d'accorder une importance particulière aux compétences en agronomie et agriculture

« durable », intégrée ou biologique. Lors du lancement de l'étude, une véritable implication du maître d'ouvrage est indispensable à la prise de conscience des enjeux et à la gestation d'une dynamique collective. Enfin, l'appropriation de l'étude par chaque acteur sera favorisée par une vision partagée des objectifs initiaux, des bilans d'étape réguliers

avec le comité de pilotage, l'organisation d'une réunion de restitution publique, ainsi qu'une bonne communication générale autour d'un projet.

Cet outil de diagnostic socio-économique, qui a suscité un vif intérêt lors des Rencontres 2011, est désormais intégré par l'AESN dans sa démarche de protection des AAC : si elle ne fait pas de leur utilisation une condi-

tion nécessaire à l'attribution d'aide, l'Agence en favorise fortement l'adoption. La démarche reste cependant coûteuse, et n'a pas vocation à être appliquée à l'identique sur chaque bassin. Elle pourrait fournir en tout cas une solution pertinente pour débloquer des situations délicates. ■



Conclusion

L'affluence nombreuse qu'ont connue les Rencontres 2011 du GIS GC-HP2E montre à elle seule l'importance des attentes suscitées par les enjeux de protection des captages, tant dans le monde agricole que dans les collectivités et chez les opérateurs d'eau. Attente de connaissances, mais aussi surtout, attentes de solutions opérationnelles dans la perspective désormais pressante des aires d'alimentation de captage classées « Grenelle ».

La diversité, et souvent la qualité, des points de vue apportés tout au long de pas moins de 27 contributions – émanant tour à tour de scientifiques, de gestionnaires ou d'instituts techniques – doivent être saluées comme le signal d'une mobilisation partagée par l'ensemble de la sphère sociétale. Mais il importe aujourd'hui d'aller plus loin, en soumettant à l'analyse critique la masse des expériences passées ou en cours. Les débats menés au cours des Rencontres 2011 se sont attachés à y contribuer.

Pour chaque retour d'expérience, programme de recherche ou type d'action

présenté, les facteurs de succès mais aussi les limitations ont été identifiés. La transposabilité des méthodes mises en œuvre, leur appropriation par l'ensemble des acteurs concernés, la pérennisation des actions entreprises et l'évaluation systématique de leurs résultats en termes de qualité de l'eau apparaissent au rang des conditions essentielles de réussite face aux défis actuels.

Au plan technique, la complexité des phénomènes de transferts des substances à l'échelle d'une AAC a fait de la modélisation numérique un des outils majeurs du diagnostic territorial des pressions. Cependant les modèles existants pâtissent souvent d'une mise en œuvre opérationnelle relativement lourde, de contextes d'application peu explicites et de défauts peu visibles par un non initié.

À défaut de modèle idéal, les Rencontres 2011 ont permis d'identifier quelques outils intégrés et opérationnels permettant le diagnostic de vulnérabilité, la simulation de mesures correctives (substitution de cultures, évolution des pratiques, mais aussi

mises en jachères, création de zones tampons etc.) et enfin l'évaluation de l'efficacité des actions.

Par ailleurs la définition des plans d'actions pour la protection des captages ne saurait se limiter à un diagnostic technique : pour être fructueuses, les actions doivent être comprises, partagées et acceptées par l'ensemble des acteurs de terrain. La prise en compte des réalités sociales locales dans le processus de décision s'impose comme l'une des conditions premières de succès. Plusieurs pistes de réflexion et outils prometteurs ont été proposés à cet effet dans les pages qui précèdent.

Outre les volets techniques et sociétaux, la protection des aires d'alimentation de captage vis-à-vis des pollutions diffuses nécessite enfin la mobilisation d'outils économiques adaptés, qui conditionnent l'adoption des mesures par les acteurs de terrain. Cette dimension essentielle du problème, abordée à la marge par certaines contributions, n'a en revanche donné lieu à aucune véritable proposition lors des Rencontres 2011.

Ce constat identifie en creux un axe de travail majeur pour les échéances à venir. ■

I – Quelques retours d'expériences

1.1 – Diagnostic et programme d'actions : l'expérience d'Arvalis sur deux bassins versants

REAL B., 1999. Pollution du Grand Morin par les produits phytosanitaires. Faisabilité d'une opération de prévention - Diagnostic et propositions. Sedif (syndicat des eaux d'Île de France). 27 p.

REAL B., DUTERTRE A., ESCHENBRENNER G., BONNIFET J.P., MULLER J.M., 2004. Transfert de produits phytosanitaires par drainage, ruissellement ou percolation. Résultats de 10 campagnes d'expérimentation. Dix neuvième conférence du COLUMA : journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, AFPP, 08-10/12/2004, Dijon (FRA), 8 p.

REAL B., MAILLET-MEZERAY J., THIERRY J., MARQUET N., 2007. De la parcelle au bassin versant : confrontation des résultats obtenus en matière de transfert de l'isoproturon et des acétanilides. Vingtième conférence du COLUMA : journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, AFPP, 11-12/12/2007, Dijon (FRA), 10 p.

MAILLET-MEZERAY J., THIERRY, MARQUET N., 2009. « La Fontaine du Theil" catchment area: maintaining water quality – Assessment after 9 years of experimentation. Pesticide Behaviour in Soils, Water and Air workshop, The Food and Environment Research Agency, 14-16/09/2009, York (UK), 11 p.

MAILLET-MEZERAY J., THIERRY, MARQUET N., 2009. Bassin versant de la Fontaine du Theil : 1998-2006, Un bilan positif. Vingtième conférence du COLUMA : journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, AFPP, 11-12/12/2007, Dijon (FRA), 13 p.

Maison de l'Agriculture de l'Aisne. Agri Péron, un projet LIFE-Environnement : les bonnes pratiques agricoles [en ligne] <http://www.agriperon.fr/>

MAILLET-MEZERAY J., THIERRY, MARQUET N., 2010. Bassin versant de La Fontaine du Theil : produire et reconquérir la qualité de l'eau, une démarche active et concertée. Paris : Arvalis Institut du Végétal. 37 p. [ISBN 978-2-86492-818.8].

1.2 – Champagne Berrichonne du Cher : évolution des pratiques de fertilisation azotée

Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, 1996. Eutrophisation des milieux aquatiques, bilan des connaissances et stratégies de lutte. SDAGE - Note technique n°2. 31 p.

Cemagref, 2003. Actualisation de la diagnose rapide des plans d'eau : analyse critique. 109 p.

Cemagref. 2003, Protocole actualisé de la diagnose rapide des plans d'eau. 25 p.

Sogreah Consultants. 2009. Barrage de Carcès – Dossier d'autorisation au titre du code de l'environnement - Modification du débit en aval du barrage. 119 p.

1.3 – Eau de Paris : réduction des intrants et développement de l'agriculture biologique

AH2D Environnement / Te losia, 2009. Etude préalable à la DUP des périAH2D Environnement, Telosia, 2009. Etude préalable à la DUP des périmètres de protection des sources de la Vigne (28) – Etude d'environnement et de vulnérabilité du bassin d'alimentation des captages.

BELIN T., 2008. Compréhension et modélisation du fonctionnement hydrologique du bassin de la Voulzie (Seine-et-Marne) en vue de la proposition d'actions limitant les transferts d'origine agricole. Mémoire d'Ingénieur ENGEES. Eau de Paris, Cemagref. 83 p.

SOGETI Ingénierie, 2007. Cartographie des zones de ruissellement et propositions d'aménagements des bassins d'alimentation des captages d'eau potable des Sources Hautes et des Sources Basses.

II – Du diagnostic à l'action : connaissances, outils et méthodes

2.1 – Délimiter les AAC : un peu d'hydrogéologie

BIOTEAU T., NOVINC E., 2005. Délimitation des bassins versants amont des prises d'eau superficielle destinée à la production d'eau alimentaire en Bretagne. Drass, Diren, Cemagref, 15 p.

BOURENNANE SCHNEBEL N., FORT J.L. (Coords.), 2008. Connaître les sols pour préserver la ressource en eau. Guide d'application à l'échelle d'un territoire. Gis Sol, groupe « Projets » IGCS, INRA Orléans (FRA) . PARIS : Inra, 84 p. [ISBN : 9782738012531]

BRGM, 2007. Délimitation des bassins d'alimentation des captages et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Guide méthodologique. 73 p.

CORPEN, 2003. Eléments méthodologiques pour un diagnostic régional et un suivi de la contamination des eaux par les produits phytosanitaires. 55 p. + annexes

GRIL J.J., LE HÉNAFF G., FAIDIX K., 2010. Mise en place de zones tampons et évaluation de l'efficacité de zones tampons existantes destinées à limiter les transferts hydriques de pesticides. Guide de diagnostic à l'échelle du petit bassin versant. Cemagref Lyon. 42 p. [MAAP/ DGPAAT/ BSE /PRG.EAHER]

LE BISSONNAIS Y., THORETTE J., BARDET C., DAROUSSIN J., 2002. L'érosion hydrique des sols en France. INRA- IFEN. 108 p.

VERNOUX J.F., WUILLEUMIER A., DÖRFLIGER N., 2007. Délimitation des bassins d'alimentation des captages et leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Guide méthodologique. Rapport BRGM/RP-55874. 75 p.

VOLTZ M., LOUCHART X., 2001. Les facteurs-clés de transfert des produits phytosanitaires vers les eaux de surface. N°spécial Ingénieries EAT « phytosanitaires : transfert, diagnostic et solutions correctives ». pp. 45 - 54.

2.2 – Comprendre les transferts et hiérarchiser les zones d'action prioritaires

ALLER L., BENNET T., LEHR J., PETTY R., HACKETT G., 1987. DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. Environmental Protection Agency. 455 p.

BENOIT M., 2005. Mesures en parcelles d'agriculteurs des pertes en nitrate. Variabilité sous divers systèmes de culture et modélisation de la qualité de l'eau d'un bassin versant. Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France, 81 (4), pp. 178 - 188.

BUSSARD T., 2005. Méthodologie de dimensionnement des zones de protection des captages d'eau souterraines contre les polluants chimiques persistants. Thèse EPFL (n°3277) : Environnement Naturel, Architectural et Construit (ENAC). Lausanne (CH) : Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), 172 p. Disponible sur : http://biblion.epfl.ch/EPFL/theses/2005/3277/EPFL_TH3277.pdf

CORWIN D.L., WAGENET R.J., 1996. Applications of GIS to the modeling of nonpoint source pollutants in the Vadose zone. Environmental Quality, 25, pp. 403 - 411.

LACHEREZ-BASTIN S., 2005. Contribution à l'étude de la migration des nitrates dans le sol et la zone non saturée de la nappe de la craie dans le nord de la France. Thèse de doctorat. Lille : Ecole polytechnique universitaire de Lille, 191 p.

STANDFORD G., SMITH S. J., 1972. Nitrogen mineralization potentials of soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 36, pp. 465 - 472.

TOURNEBIZE J., ARLOT M.P., BILLY C., BIRGAND F., GILLET J.P., DUTERTRE A., 2007. Quantification et maîtrise des flux de nitrate : de la parcelle drainée au bassin versant. Ingénieries-EAT, n° spécial : Azote, phosphore et pesticides, stratégies et perspectives de réduction des flux, pp. 5 - 25.

BEAUJOUAN V., DURAND P., RUIZ L., AUROUSSEAU P., COTTERET G., 2002. A hydrological model dedicated to topography-based simulation of nitrogen transfer and transformation: rationale and application to the geomorphology-denitrification relationship. Hydrological processes, 16, 493-507.

CHAMBAULT H., LAURENT F., BORDENAVE P., DURAND P., FOURRIÉ L., 2008. Modélisation des flux d'azote dans le bassin versant laitier de la Fontaine-du-Theil. Fourrages, 193, pp. 35 - 50.

DURAND P., 2004. Simulating nitrogen budgets in complex farming systems using INCA: calibration and scenario analyses for the Kervidy catchment (W. France). Hydrology And Earth System Sciences, 8 (4), pp. 793 - 802.

DURAND P., FERCHAUD F., GOETSCHER F., MARTIN C., CORGNE S., 2006. Evaluation du programme BEP2. Rapport de fin de contrat Région Bretagne, Rennes. 120p. + annexes.

DURAND P., MOUGIN B., FERCHAUD F., ALLIER D., MOREAU P., PUTOT E., BAUDHOUIN P., SEGUIN J.J., RAIMBAULT T., SCHROETTER J.M., GIBBON C., BLANCHIN R., PEREZ-ESCOBAR A., 2008. Etude sur les bassins versants en contentieux « nitrates eaux brutes ». Rapport de synthèse final. 112 p. + annexes.

DURAND P., FERCHAUD F., MOREAU P., BAUDHOUIN P., RAIMBAULT T., GIBBON C., PEREZ-ESCOBAR A., 2008. Etude sur les bassins versants en contentieux « nitrates eaux brutes ». Rapport complet de l'étude Inra, 175p. + annexes.

FERRANT S., OEHLER F., DURAND P., RUIZ L., SALMON-MONVIOLA J., JUSTES E., DUGAST P., PROBST A., PROBST J.L., SANCHEZ-PEREZ J.M., soumis. Understanding nitrogen transfer dynamics in a small agricultural catchment: comparison of a distributed (TNT2) and a semi distributed (SWAT) modelling approaches. Soumis à Journal of hydrology

GASCUEL-ODOUX C., AUROUSSEAU P., DURAND P., RUIZ L., MOLENAT J., 2010. The role of climate on inter-annual variation of stream nitrate fluxes and concentration. Science of the total environment, 408 (23), pp. 5657 - 5666.

OEHLER F., DURAND P., BORDENAVE P., SAADI Z., SALMON-MONVIOLA J., 2008 Modelling denitrification at the catchment scale. Science of the Total Environment, 407 (5), pp. 1726 - 1737.

RAIMBAULT T., MOREAU P., DURAND P. 2009. Modélisation agro-hydrologique du bassin versant du Yar. Rapport de contrat, UMR SAS, Rennes, 59 p.

2.3 – Réduire les transferts : cultures intermédiaires, zones tampons et aménagements paysagers

BELIN T., 2008. Compréhension et modélisation du fonctionnement hydrologique du bassin de la Voulzie (Seine et Marne) en vue de la proposition d'actions limitant les transferts d'origine agricole. Mémoire d'Ingénieur ENGEES. Eau de Paris, Cemagref., 83p.

CORPEN, 2007. Les fonctions environnementales des zones tampons : les bases scientifiques et techniques des fonctions de protection des eaux (1ère éd.). Paris : MEEDM, 176p. Disponible sur internet : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN_fonctions_environn_zones_temp_bd.pdf

OUTIN C., 2010. Caractérisation des voies de transfert hydrologique et des enjeux sociologiques sur le bassin d'alimentation de captage de Dammarie, Eure et Loir. Préconisation de démarches en vue de la réhabilitation du captage d'eau potable. Mémoire d'Ingénieur ENGEES. DDT 28 / Cemagref. 89p.

TOURNEBIZE J., CHAUMONT, C., 2007. Opération pilote de prévention de la pollution de la nappe des calcaires de Champigny sur le point d'introduction préférentielle de la pollution diffuse du bosquet des Gouffres de Rampillon. Rapport d'exécution 2008 / Cemagref. 60p.

ALLETTO L., 2007. Dynamique de l'eau et dissipation de l'isoxaflutole et du dicétonitrile en monoculture de maïs irrigué : effets du mode de travail du sol et de gestion de l'interculture. Thèse de Doctorat : Sciences de la terre et génie de l'environnement. Montpellier : AgroParisTech, 374 p. Disponible sur internet : http://pastel.archives-ouvertes.fr/docs/00/50/06/91/PDF_These_Lionel-Alletto.pdf

ALLETTO L., BENOIT P., BERGHEAUD V., COQUET Y., 2008. Temperature and water pressure head effects on the degradation of the diketonitrile metabolite of isoxaflutole in a loamy soil under two tillage systems. Environmental pollution. 156, pp. 678 - 688.

ALLETTO L., COQUET Y., BENOIT P., HEDDADJ D., BARRIUSO E., 2010. Tillage management effects on pesticide fate in soils. A review. Agronomy for sustainable development. 30, pp. 367 - 400.

REDDY K.N., LOCKE M.A., WAGNER S.C., ZABLOTOWICZ R.M., GASTON L.A., SMEDA R.J., 1995. Chlorimuron ethyl sorption and desorption kinetics in soils and herbicide-dissipated cover crop residues. Journal of agricultural and food chemistry, 43, pp. 2752 - 2757.

RITTER W.F., SCARBOROUGH R.W., CHIRNSIDE A.E.M., 1998. Winter cover crops as a best management practice for reducing nitrogen leaching. *Journal of contaminant hydrology*, 34, pp. 1-15.

SADEGHI, A.M., ISENSEE A.R., 1997. Alachlor and cyanazine persistence in soil under different tillage and rainfall regimes. *Soil science*, 162, pp. 430-438.

2.4 – Diagnostic et plans d’actions : vers des outils intégrés d’aide à la décision

DUBUS I.G., REICHENBERGER S., ALLIER D., AZIMONTI G., BACH M., BARRIUSO E., BIDOGLIO G., BLENKINSOP S., BOULAHYA F., BOURAOUI F., BURTON A., CENTOFANTI T., CERDAN O., COQUET Y., FEISEL B., FI-ALKIEWICZ W., FOWLER H., GALIMBERTI F., GREEN A., GRIZZETTI B., HØJBERG A., HOLLIS J.M., JARVIS N.J., KAJEWSKI I., KJÆR J., KRASNICKI S., LEWIS K.A., LINDAHL A., LOBNIK F., LOLOS P., MARDHEL V., MOEYS J., MOJON-LUMIER F., NOLAN B.T., RASMUSSEN P., RÉAL B., ŠINKOVEC M., STENEMO F., SUHADOLC M., SURDYK N., TZILIVAKIS J., VAUDOUR-DUPOUIS E., VAVOULIDOU- THEODOROU E., WINDHORST D. & WURM M., 2009. FOOTPRINT – Functional tools for pesticide risk assessment and management. [en ligne]. <http://www.eu-footprint.org>. Final report of the EU project FOOTPRINT (SSPI-CT- 2005-022704). 221 p.

BELPAUME P., RUAUDEL T., BOIRAT J.M., 1998. Ville de Châteauroux (36) – Carte de vulnérabilité de la nappe souterraine du bassin versant hydrogéologique en amont des captages du Montet et Chambon. Rapport définitif. ANTEA A12286/A. 13 p.

BOIRAT J.M., 1998. Ville de Châteauroux (Indre) – Analyse de la morphologie exokarstique de bassin versant hydrogéologique en amont des captages du Montet et Chambon. Rapport définitif. ANTEA A11821/A. 10 p.

CHAMBRE D’AGRICULTURE DE L’INDRE, 2004. Année culturale 2003-2004 – Suivi agronomique des pratiques de fertilisation azotée sur le bassin versant d’alimentation des captages du Montet-Chambon. 37 p.

CLOAREC Y., PILLET A., 2006. Etudes Parcelles spécifiques préalable à l’instauration des Périmètres de Protection – Captages du Montet et de Chambon – Commune de Déols (Indre). Rapport CALLIGEE N05- 36004. 84 p.

PIERSON G., 1992. Département de l’Indre – ville de Châteauroux – Etude relative aux captages du Montet et Chambon. Tours : Bureau d’Etudes Géologiques G. PIERSON, 14 p.

LALLEMAND-BARRÈS A., ROUX J.C., 1999. Périmètres de protection des captages d’eau souterraine destinée à la consommation humaine – guide méthodologique et réglementaire. Manuel & Méthodes n°33. Orléans : Brgm, 334 p.

AYER B., LE GALL A., 2008. Année culturale 2006-2007 – Suivi agronomique des pratiques de fertilisation azotée sur le bassin versant d’alimentation des captages du Montet-Chambon. Chambre d’Agriculture de l’Indre. 44 p.

MOULIN J., 1996. Etude pédologique des vallées du ruisseau de la Malterrie et de la partie aval du ruisseau de Beaumont (Communes de Déols et Montierchaume). Chambre d’Agriculture de l’Indre. 9 p.

SAFEGE, 1993. Captage du Montet et de Chambon. Affaire F005/077. 15 p.

SETHYGE, 1998. Etude environnementale sur le secteur des captages de la ville de Châteauroux – captages : Montet et Chambon. Prissac : Société d’Etudes Hydrogéologiques et Géologiques, 30 p.

BENOIT P, BARRIUSO E., VIDON P., RÉAL B., 2000. Isoproturon movement and dissipation in undisturbed soil cores from a grassed buffer strip. *Agronomie*, 20, pp. 297 - 307.

BENOIT P, SOUILLER C, MADRIGAL I, POT V, RÉAL B, COQUET Y, MARGOUM C, LAILLET B, DUTERTRE A, GRIL JJ, BARRIUSO E., 2003. Fonctions environnementales des dispositifs enherbés en vue de la gestion et de la maîtrise des impacts d’origine agricole : cas des pesticides. *Etude et Gestion des Sols*, 10(4), pp. 215 - 228.

BENOIT P., BARRIUSO E., VIDON P., RÉAL B., 1999. Isoproturon sorption and degradation in a soil from grassed buffer strip. *Journal of Environmental Quality*, 28, pp. 121 - 129.

GERME C., 2009. Synthèse des transferts de produits phytosanitaires par drainage, ruissellement et infiltration, La Jaillière (1993-2006), Le Magneraud (2002- 2006) – Mémoire de fin d’étude ENSAT, 108 p.

JOUZEL C., 2006. Les transferts de produits phytosanitaires par les eaux drainage et de ruissellement – La Jaillière 1993-2004, Mémoire de fin d’étude ESA, 88 p.

DUTERTRE A., GILLET J.P., LAURENT F., MASSÉ J., RÉAL B., CARROUÉE B., AVELINE A., GRIL J.J., ARLOT M.P., CHAUMONT C., MOGUEDET G., DECAU M.L., GAILLARDON P., TRÉBAULA., 1999. Qualité des eaux : 10 ans d’expérimentation : nitrate et phytosanitaires dans les eaux de drainage et de ruissellement. Compte rendu. Réalisation ITCF STP, Cemagref Antony, INRA CAEN. Orléans : Les Presses du Val de Loire, 28p.

III – Acceptabilité et mobilisation des acteurs locaux

3.1 – Conflits d’usages et jeux d’acteurs autour des captages

BOSSUET L., CARBONNEL A., LEGER F., 2009. Conflit et négociations autour d’une pompe ou la gestion de l’eau en question. Le cas du marais doux de Saint-Augustin (Charente-Maritime.), XLVIème colloque international : Entre projets locaux de développement et globalisation de l’économie : quels équilibres pour les espaces régionaux ? Association de Science Régionale de Langue Française (ASRDLF), 6-8/ 07/2009, Clermont- Ferrand (FRA), 17 p.

BOSSUET L., BOUTRY O, CARBONNEL A., GRAZIANI N., 2010. Conflits d’usage et de voisinage autour de la ressource en eau. Illustration à partir du littoral charentais. *Economie Rurale*, (soumis).

GANOULIS J., 2001. La gestion de l’eau à l’aube du 3e millénaire : vers un paradigme scientifique nouveau, *Revue des Sciences de l’Eau*, 14 (2) , pp. 213 - 221.

LACROIX A., BEL F., MOLLARD A., SAUBOUA E., 2010. La territorialisation des politiques environnementales : le cas de la pollution nitrique de l’eau par l’agriculture. Développement durable et territoires [En ligne] [Dossier 6, Les territoires de l’eau]. <http://developpementdurable.revues.org/1838>

LASCOUMES P., LE GALÈS P., 2004. L’action publique saisie par ses instruments, In : Lascoumes P. et Le Galès P. (dirs.). *Gouverner par les instruments*. Paris : Sciences Po, pp. 11 - 44.

PINTON F., 2006. Interactions autour d'un objet en Puisaye. In : Pinton F., Alphanéry P., Billaud J-P., Deverre C., Fortier A., Géniaux G. (dirs.). La construction du réseau Natura 2000 en France. Paris : La documentation Française, pp. 143 -168.

RINAUDO J-D., MORARDET S., 1999. Acceptabilité des réformes politiques de gestion de l'eau. *Economie Rurale*, 254, pp. 36 - 44.

3.2 – Coordonner les acteurs autour d'une AAC Grenelle : une expérience éclairante à Harol

BENOÎT M., DEFFONTAINES J.-P., GRAS F., BIÉNAIMÉ E., RIÉLA-COSSERAT R., 1997. Agriculture et qualité de l'eau. Une approche interdisciplinaire de la pollution par les nitrates d'un bassin d'alimentation. *Cahiers Agriculture*; 6, pp. 97 - 105.

BENOÎT M., PAPY F., 1997. Pratiques agricoles et qualité de l'eau sur le territoire alimentant un captage. In : Riou C., Bonhomme R., Chassin P., Neveu A., Papy F. (Eds.). *L'eau dans l'espace rural-production végétale et qualité de l'eau*. Paris : Inra Editions, pp. 323 - 338.

BENOÎT M., KOCKMANN F., 2008. L'organisation des systèmes de culture dans les bassins d'alimentation de captages : innovations, retours d'expériences et leçons à tirer. *Ingénieries*, 54, pp. 19 - 32.

ETIENNE, M., 2007. Co-construction d'un modèle d'accompagnement selon la méthode ARDI : guide méthodologique. ANR-05-PADD-007.

MEYNARD, J.M., DORE, T., HABIB, R., 2001. L'évaluation et la conception de systèmes de cultures pour une agriculture durable. *Comptes rendus de l'Académie d'agriculture de France.*, 87 (4) pp. 223 - 236.

3.3 – Vers des diagnostics socio-économiques agricoles

AESN, Ecodécision, AgriStem, 2010. Diagnostic socio-économique agricole sur une aire d'alimentation de captage. .. Mémento. 21 p. Disponible sur internet : http://www.eau-seine-normandie.fr/fileadmin/mediatheque/Agriculteur/Images/Page_documents/AESN_AAC_memento_vf.pdf

AESN, Ecodécision, AgriStem, 2010. Diagnostic socio-économique agricole sur une aire d'alimentation de captage. CCTP type - E092526. 7 p. Disponible sur internet : http://www.eau-seine-normandie.fr/fileadmin/mediatheque/Agriculteur/Images/Page_documents/AESN_AAC_CCTP_vf.pdf

AESN, Ecodécision, AgriStem, 2010. Elaboration d'une méthodologie pour le lancement et le suivi des diagnostics socio-économiques des territoires AAC à partir de la réalisation d'un cas concret. Rapport de phase 3.

BRUN A., 2006. Quand Politique de l'eau et politique Agricole se conjuguent à l'imparfait. *American Council for Quebec Studies*.

MILOT N., 2007. The integrated management of the St. Lawrence River: a social experiment in public participation. *American Council for Quebec Studies*

BERTRAND J., GAMRI S., MONTEILLIER S., 2009. L'agriculture biologique peut-elle être une réponse adaptée aux enjeux territoriaux et environnementaux de qualité de l'eau ? : les termes du débat national et les jeux d'acteurs autour des captages de La Rochelle. Rapport de TGE, MAAP-AgroParisTech. 95 p. Disponible sur internet : http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/agribio_qualite-eau_ssp_2009.pdf

ROUSSARY A., SALLES D., AKERMANN G., 2009. ACT'EAU : Journée d'étude recherche et action : L'expérimentation des Aires d'Alimentation de captages, Agence de l'eau Adour Garonne. Rapport de recherche, CERTOP-UTM, UMR CNRS 5044

ABHERVÉ D., RIBEYRE J., RIOS M., TUGAYÉ Z., 2009. Protection des captages par l'amélioration des pratiques agricoles ». Rapport d'étude. Paris : Université Paris 1 Panthéon- Sorbonne, 93 p.

Cet ouvrage intègre la collection « les Rencontres–synthèses » de l'Onema, destinée à un public technique ou intéressé, qui présente les principaux résultats de séminaires organisés ou co-organisés par l'Onema

Cet ouvrage initie aussi une collection du GIS GC-HP2E sur le thème des échanges des Rencontres annuelles du GIS.

Rédaction

Laurent Basilico, Nicolas Domange (Onema)

Edition

Véronique Barre (Onema), Adrien Guichaoua (Inra Transfert),
Stéphanie Potok (Inra Transfert)

Remerciements

À Jean Boiffin (Inra) pour sa relecture attentive
Au comité d'organisation des Rencontres 2011
du GIS GC-HP2E : Nadia Carlier (Cemagref),
Hélène Merlin (FNA), Manon Zakeossian (Eau de
Paris), Emmanuelle Oppeneau (Lyonnaise des
eaux), Jean-Marie Larcher (Axérial), Catherine
Gibaud (Ministère de l'Agriculture), Bernard
Raynaud (InVivo), Gilles Billen (Cnrs), Flavie
Mabon (APCA), Nicolas Domange (Onema),
Antoine Messéan (Inra), Etienne Pilorgé
(CETIOM).

ISBN : 978-2-9516393-6-2

Maquette et création graphique
Inzemoon (06 75 24 19 30)

Achévé d'imprimer en août 2011
sur papier issu de forêts gérées durablement par

Groupe Graphique Trappes
6, avenue Jean d'Alembert
78 190 TRAPPES

IMPRIME EN FRANCE