

Les zones humides : leurs capacités de dénitrification et de rétention des pesticides

Agnès Ducharne et Eliane Fustec

UMR CNRS 7619 Sisyphe, Université P. et M. Curie, Case 123, 4 place Jussieu, 75252 Paris cedex 05

Diverses actions ont été engagées, au cours de ces dernières années, en vue de réduire les pollutions diffuses qui altèrent gravement et durablement la qualité des eaux souterraines. Certaines ont pour objectif essentiel de diminuer les apports en fertilisants organiques et minéraux ainsi qu'en produits phytosanitaires, devenus excessifs avec l'intensification croissante de l'agriculture. D'autres actions ont été simultanément mises en œuvre en vue de préserver et de restaurer les milieux particuliers que l'on désigne par le terme de "zones humides". Ces milieux, fort mis à mal pendant des décennies (on estime que 60 % des zones humides du territoire français ont été éliminés ou fortement dégradés), se révèlent en effet capables de réguler les principaux flux de produits indésirables dans les eaux souterraines et superficielles.

Ces différentes démarches, qui impliquent le développement de pratiques culturales plus respectueuses des ressources en eau, ainsi que des approches nouvelles de l'aménagement et de la gestion des espaces ruraux, se heurtent inévitablement à de nombreux obstacles d'ordre socio-économique, et suscitent encore bien des interrogations et des débats. Pour assurer les progrès indispensables de ces différentes actions, il est donc nécessaire de poursuivre la diffusion des connaissances sur les modalités de transfert et de régulation des flux polluants et d'approfondir celles-ci par des recherches appropriées. Il convient aussi de développer des méthodes et des outils utiles à la mise en œuvre de ces actions ou permettant d'en évaluer l'efficacité à plus ou moins long terme. Ce sont là des objectifs majeurs que fixait le Plan National d'Action pour les Zones Humides, en 1995. Outre de multiples actions d'information, ce plan a permis d'entreprendre l'inventaire des zones humides sur l'ensemble du territoire, d'amorcer des évaluations de leur état et de leurs capacités fonctionnelles. Il est également à l'origine du Programme National de Recherche sur les Zones Humides (PNRZH), lancé en 1997 à l'initiative et avec le soutien financier des agences de l'eau et des ministères chargés de l'environnement, de l'agriculture et de l'équipement. Différents programmes de recherches interdisciplinaires se sont également développés dans les différents bassins comme dans le bassin de la Seine (Programme Piren-Seine).

1. Régulation des flux polluants par les zones humides

Ecosystèmes intermédiaires entre les milieux terrestres bien drainés et les milieux aquatiques (cours d'eau, lacs, océans), les zones humides sont susceptibles de réduire de manière très significative la charge polluante des eaux qui y transitent. Ces capacités d'épuration sont induites par les spécificités de ces milieux, principalement par leur fonctionnement hydrologique (submersion ou engorgement des sols de façon permanente ou temporaire), par les caractéristiques résultantes de ces sols hydromorphes (notamment le développement de conditions réductrices plus ou moins accentuées) et par la nature et la densité du couvert végétal de type hygrophile.

Le contrôle des zones humides sur les flux de matières s'exerce sur les écoulements de surface comme sur les eaux souterraines. Les eaux de surface qui pénètrent dans les zones humides (ruissellements, débordements des cours d'eau lors des crues, flux de marée), voient leur vitesse et leur énergie de transport réduites, ce qui entraîne une sédimentation et un stockage plus ou moins durable des matières en suspension et des polluants qui leur sont associés (phosphore, métaux lourds, pesticides). Ce ralentissement favorise aussi l'infiltration des eaux superficielles vers les nappes sous-jacentes. Au cours de ces transferts verticaux, les substances dissoutes peuvent être immobilisées dans les sols (par adsorption sur les argiles ou la matière organique des sols), être absorbées et stockées dans les végétaux ou être biodégradées par les micro-organismes des sols. Au cours de leur transit dans les zones humides, les composés dissous transportés par les eaux souterraines (écoulements de sub-surface depuis les versants, nappes d'accompagnement des cours d'eau, émergence de nappes

profondes) sont soumis aux mêmes processus physico-chimiques et biologiques d'immobilisation, de stockage et de dégradation.

Ces divers processus qui conditionnent la rétention et le recyclage des composés gênants se manifestent avec plus ou moins d'intensité et de constance dans le temps selon les types de zones humides. Les facteurs hydrologiques, pédologiques et de couvert végétal qui contrôlent ces processus varient fortement, en effet, selon la localisation des zones humides au sein des bassins versants. Les capacités de régulation des flux polluants revêtent une importance particulière dans le cas des milieux humides situés en bordure des cours d'eau. Les zones humides de fonds de vallée qui caractérisent les petits bassins à l'amont des réseaux hydrographiques (ordre 1 à 3) constituent, à cet égard, de précieuses interfaces protectrices, car elles interviennent au plus près des émissions de polluants d'origine agricole. De leur côté, les zones humides situées au sein des larges plaines inondables, plus à l'aval des réseaux, permettent aux nappes alluviales de conserver une qualité satisfaisante malgré la vulnérabilité de ces eaux proches de la surface.

2. Elimination de l'azote par dénitrification

Deux processus concourent essentiellement à la réduction des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines : l'absorption par les végétaux et la dénitrification. Si la rétention dans les plantes contribue à la forte productivité des milieux humides, l'impact de ce processus sur la qualité des eaux reste limité car une grande partie de l'azote stocké retourne chaque année dans les sols lors de la chute des feuilles et de la mort des espèces herbacées. La dénitrification microbienne se manifeste dans les sols et les sédiments qui s'appauvrissent en oxygène lorsqu'ils sont saturés en eau. Elle conduit à la transformation des nitrates en azote gazeux qui s'échappe dans l'atmosphère et constitue donc le seul processus permettant d'aboutir à l'élimination complète de l'azote au sein des zones humides (Pinay et Trémolières, 2000). L'efficacité de ce processus est cependant très variable dans l'espace et au cours du temps : elle dépend étroitement du degré de saturation des sols, de la présence de matière organique disponible pour les bactéries dénitrifiantes et de la vitesse de circulation des eaux souterraines. Une vitesse trop élevée peut empêcher un recyclage optimal des nitrates, de même qu'une vitesse trop faible peut limiter, en terme de flux, les quantités globales de nitrates éliminés.

Des travaux récents ont confirmé ou mis en évidence plusieurs aspects essentiels de la dynamique des nitrates en milieu humides :

- Dans les zones humides de fonds de vallée, étudiées dans plusieurs types de bassins versants en Bretagne, on constate un abattement très important (90 à 95 %) des teneurs en nitrates, qui s'observe généralement sur de faibles distances (de moins de 1 mètre à quelques mètres) à partir de la pénétration des eaux souterraines dans les zones humides. Davantage que la superficie des zones humides, c'est donc le linéaire d'interface entre les "zones sources" de nitrates que constituent les versants cultivés et les "zones puits" représentées par les milieux humides qui assurent l'efficacité de ces systèmes (Mérot et al., 2001).

- Dans les larges plaines d'inondation, comme par exemple la Bassée sur le cours moyen de la Seine, les nappes alluviales présentent des teneurs moyennes en nitrates nettement inférieures à celles que l'on enregistre dans les eaux souterraines des coteaux adjacents, voire même dans les cours d'eau. Les zones humides qui sont de divers types (ripisylves, prairies humides, marais tourbeux, bras morts, anciennes gravières...) et qui se distribuent en mosaïque dans le paysage alluvial, présentent une forte variabilité fonctionnelle dans l'espace et au cours du temps. Les systèmes les plus efficaces dans l'élimination des nitrates sont ceux où la topographie et les conditions d'alimentation en eau permettent à la nappe alluviale de rester proche de la surface du sol en toutes saisons (1 m de profondeur maximum). Bras morts et gravières en eau constituent également des pièges à nitrates très efficaces (Fustec et al, 1998; Bendjoudi, 2001).

3. Rétention et dégradation des pesticides

On ne dispose encore que d'informations limitées sur la dynamique des pesticides dans les zones humides en raison du grand nombre de molécules utilisées et de la diversité de comportement de ces produits. Les études réalisées, dont certaines dans le bassin de la Seine, ont cependant mis en évidence des processus significatifs de rétention et de dégradation de certains de ces constituants dans

les zones humides en bordure des cours d'eau. Ainsi, une étude conduite dans un sous-bassin de l'Orgeval a montré que 21 % de l'atrazine et jusqu'à 95 % d'un de ses dérivés (DIA) étaient retenus au cours du transit des eaux de drainage de parcelles agricoles à travers une zone boisée partiellement submergée lors des crues. L'efficacité de la rétention de ces polluants dépend de l'importance des interactions entre ces composés et les constituants minéraux et organiques des sols humides. Elle est donc favorisée par des temps de contact suffisamment longs entre les eaux polluées et la matrice organo-minérale des sols hydromorphes (Fustec et al, 2000).

L'immobilisation de ces molécules favorise leur dégradation microbienne. L'intensité des processus de dégradation dépend alors du type de molécule et des conditions d'oxydo-réduction dans les sols. Certains composés sont dégradés plus rapidement en milieux réducteurs (DDT et composés chlorés en général) tandis que des conditions oxydées sont plus favorables à l'élimination d'autres molécules (perméthrine par exemple). L'alternance saisonnière de conditions d'oxydo-réduction apparaît donc favorable à l'élimination d'un certain nombre des molécules les plus usitées (Mérot, 2001), et ce d'autant plus que leur formule est complexe (avec alors de nombreux sous-produits de dégradation).

4. Evaluation des capacités d'épuration des zones humides

S'il est aujourd'hui admis que la réduction des pollutions diffuses implique à la fois une diminution significative des intrants agricoles et le maintien (ou la restauration) de systèmes régulateurs comme les zones humides, les actions qui en découlent et qui portent sur l'aménagement de l'espace rural supposent des justifications crédibles pour les choix plus ou moins contraignants qui vont progressivement s'imposer.

Sachant (1) que les capacités d'épuration des zones humides varient en fonction des principaux types de zones humides et selon la nature des éléments polluants, (2) qu'au sein d'un même type de zone humide, les conditions de rétention et d'élimination des polluants peuvent varier dans l'espace et selon les saisons, et (3) que le fonctionnement d'une zone humide est étroitement lié à celui du bassin versant dans lequel elle s'inscrit, notamment en ce qui concerne l'hydrologie et l'usage des sols, les scientifiques ont engagé plusieurs types de démarches pour aider à la prise en compte des différents rôles des zones humides:

- en formulant des recommandations générales destinées au maintien ou à la restauration de l'intégrité des zones humides et de leurs potentialités (cf "Les zones humides et l'eau", 2003, résultats du PNRZH),

- en développant, de façon progressive, des typologies permettant (1) d'identifier, sur un territoire géographique donné, les principaux types de zones humides présentes (2) d'évaluer les capacités fonctionnelles de chacun de ces types à l'aide de critères pertinents pour chacune des fonctions considérées. C'est ce qui a été entrepris sur toute la Bretagne pour un type de zones humides, les zones humides de fond de vallée (Mérot, 2001) et dans le bassin de la Seine pour l'ensemble des zones humides fluviales qui s'échelonnent depuis les têtes de bassin jusqu'à l'estuaire (Bendjoudi, 2001; Gaillard et al., 2002).

A consulter pour plus d'informations

Bendjoudi H. (Coord.), 2001. Fonctionnement des zones humides riveraines du cours moyen des rivières : analyse et modélisation de la genèse des hétérogénéités structurales et fonctionnelles. Application à la Seine moyenne. *Rapport final PNRZH*. Disponible sur www.sisyph.jussieu.fr/internet/pnrzh/rapport.html

Fustec E., Greiner I., Schanen O., Gaillard S et Dzana J.C., 1998. Les zones humides riveraines : des milieux divers aux multiples fonctions. In Meybeck M., de Marsily G. et Fustec E. " La Seine en son bassin : fonctionnement écologique d'un système fluvial anthropisé", Elsevier, Paris.

Fustec E., Chesterikoff A., Mouchel J.M. et Chevreuil M., 2000. La rétention et le devenir des micropolluants. In Fustec E. et Lefevre J.C. "Fonctions et valeurs des zones humides", Dunod, Paris.

Gaillard S., Sebilo M., Brunstein D., N'Guyen-The D., Grably M., Fustec E., Bendjoudi H., Bravard J.P., Amezal A., Billen G. et Mariotti A., 2002. Typologie et fonctions des zones humides riveraines. *Rapport de synthèse 1998-2001 du programme PIREN-Seine*. Disponible sur www.sisyph.jussieu.fr/internet/piren/rapports/rapp_synth_1998_2001/archives/agriculture_qualite_eaux/ZHR.pdf

Les zones humides et l'eau, 2003. *Cahier thématique PNRZH; Ministère de l'Ecologie et du développement Durable. MEDD- D4E-SRP*.

Mérot P. (Coord.), 2001. Ty-Fon, typologie fonctionnelle des zones humides de fond de vallée en vue de la régulation de la pollution diffuse. *Rapport final PNRZH*. Disponible sur www.rennes.inra.fr/umras/docpdf/tyfon2000.pdf

Pinay G. et Trémolières M., 2000. La rétention et l'élimination de l'azote. In *Fustec E. et Lefeuvre J.C. "Fonctions et valeurs des zones humides"*, Dunod, Paris.