

## Flux de nitrates dans une zone à nappes superficielles en Wallonie (Belgique)

Xavier Demarets, Jean-Marie Marcoen, Richard Agneessens, Robert Biston, Pierre Limbourg

**L'**augmentation de la teneur des eaux en composés azotés en Europe occidentale suscite un intérêt qui s'explique, notamment, par les problèmes de santé qu'un excès d'ingestion de l'ion  $\text{NO}_3^-$  peut engendrer chez les mammifères et, plus particulièrement, chez l'homme. Par ailleurs, des teneurs excessives en nitrates présentent également un danger écologique en contribuant à la dystrophisation des eaux de surface.

L'importance des apports d'azote d'origine anthropique ainsi que la grande mobilité de l'ion  $\text{NO}_3^-$  font que les nitrates jouent aussi un rôle d'indicateur de contamination d'un milieu par d'autres micropolluants minéraux ou organiques [1].

Cette étude s'inscrit dans la problématique mode d'occupation du sol/environnement, dans une zone à nappes peu profondes et de faible capacité de stockage. Cette situation est caractéristique de 48 % du territoire de la Région wallonne de Belgique.

X. Demarets, J.M. Marcoen : Faculté universitaire des Sciences agronomiques, Unité des sciences du sol et de la Terre, Laboratoire d'hydrogéochimie, B-5030 Gembloux, Belgique.

R. Agneessens, R. Biston, P. Limbourg : Station de Haute Belgique, Centre de recherches agronomiques, B-6800 Libramont, Belgique.

Tirés à part : J.M. Marcoen

### Approche proposée

Face à la complexité de la problématique des nitrates dans les eaux souterraines et à la diversité des situations (sol, sous-sol, climat, occupation de l'espace, pratiques humaines), il apparaît indispensable de recourir à des démarches complémentaires correspondant à trois niveaux de perception successifs.

Un premier niveau correspond à l'état des lieux de la contamination des aquifères par les nitrates sur une large étendue de territoire, dans une perspective semblable à celle proposée par Van Drecht [2] pour le Sud-Est de la Hollande.

À partir de cette approche régionale, on pourra, à un deuxième niveau, déterminer des zones sensibles qui feront l'objet d'études de terrain afin de comparer quantitativement différentes situations et de hiérarchiser les facteurs explicatifs.

L'étude fine des mécanismes et les modélisations de la dynamique de l'azote constituent le troisième niveau de perception où l'échelle de travail (parcelle, exploitation, petit bassin versant) autorise des mesures nombreuses et une caractérisation précise des facteurs du milieu.

Notre étude s'inscrit dans la logique du deuxième niveau de perception : on a établi un bilan en nitrates à l'échelle d'un bassin versant et on a analysé les facteurs permettant d'expliquer la distribution spatiale des teneurs en nitrates dans l'eau des sources.

### Zone étudiée

Une carte [3], établie sur la base des résultats des « Opérations Sources » (campagnes de détermination simultanée du taux de nitrates dans l'eau de milliers de sources en Wallonie réalisées par les scouts), a mis notamment en évidence une zone de sources titrant plus de 50 ppm de nitrates dans le bassin de la Lesse [4].

Le bassin versant concerné a été étudié. Il s'étend sur une zone de 190 kilomètres carrés et couvre principalement les communes de Houyet et Beauraing (province de Namur). Il est limité, en aval, par la station limnimétrique de Gendron et, en amont, par la station de Vignée. Sa superficie porte 42 % de forêts, 26 % de prairies et 16 % de cultures avec une densité moyenne de population de 47 habitants par kilomètre carré.

La majeure partie de la zone étudiée comporte des schistes famenniens et frasnien dont la couverture a été déblayée pendant la période quaternaire. Les sols sont principalement limono-caillouteux, à drainage favorable sauf dans la dépression de Beauraing-Focant (sols argileux à mauvais drainage).

Les aquifères sont limités aux couches superficielles altérées des formations schisto-gréseuses. Ils constituent, dans la plupart des cas, les seules réserves d'eau exploitables par les communes de ces régions.

## Bilan azoté

À notre échelle de travail, des mesures précises des apports d'engrais (minéraux, organiques) ainsi que les exportations d'azote par les récoltes (taux d'azote, rendements) sont difficilement réalisables et il faut recourir à des données régionales [5]. L'utilisation d'un système d'informations géographiques (SIG) permet de déterminer avec précision l'occupation du sol du bassin étudié. La digitalisation des cartes topographiques au 1 : 25 000 de l'Institut géographique national de Belgique permet un ajustement précis des données communales du recensement agricole et horticole de mai 1990 [6].

Les données globales sont vérifiées et recoupées par des mesures sur le terrain, notamment pour l'occupation du sol et la teneur moyenne en nitrates des nappes. Cette dernière est calculée à partir des résultats des campagnes d'échantillonnage de l'eau des sources : 25/3/1992 (30 sources), 16/4/1992 (30), 01/5/1992 (30), 17-28/5/1992 (153), 11/12/1992 (11) et 04/2/1993 (11). L'analyse est réalisée par chromatographie liquide à haute pression sur colonne anionique.

Les méthodes d'ajustement et les calculs des différents flux d'azote sont expliqués dans un travail antérieur [4] et font l'objet d'une publication plus détaillée [7].

Le bilan des flux d'azote (figure 1) montre que, déduction faite de l'azote exporté par les récoltes, l'azote apporté par les pluies (190 t N/an), les engrais minéraux (840 t N/an) et d'origine animale (765 t N/an) détermine un surplus de 408 tonnes par an.

La région est caractérisée par une agriculture traditionnelle mixte où les prairies permanentes représentent 60 % de la surface agricole utilisée. Les cultures sont conduites sur des sols depuis longtemps dévolus au même système cultural. Si l'on considère les sols à l'équilibre au point de vue azote (réorganisation brute = minéralisation brute sans accumulation), les devenir possibles des 408 tonnes de N par an sont la dénitrification, le lessivage et l'écoulement de surface vers le réseau hydrographique.

Les rejets industriels (10 t N/an) et une partie des rejets domestiques (25 t N/an) rejoignent directement le réseau hydrographique tandis qu'une partie (10 t N/an) des eaux usées domestiques rejoint la nappe.

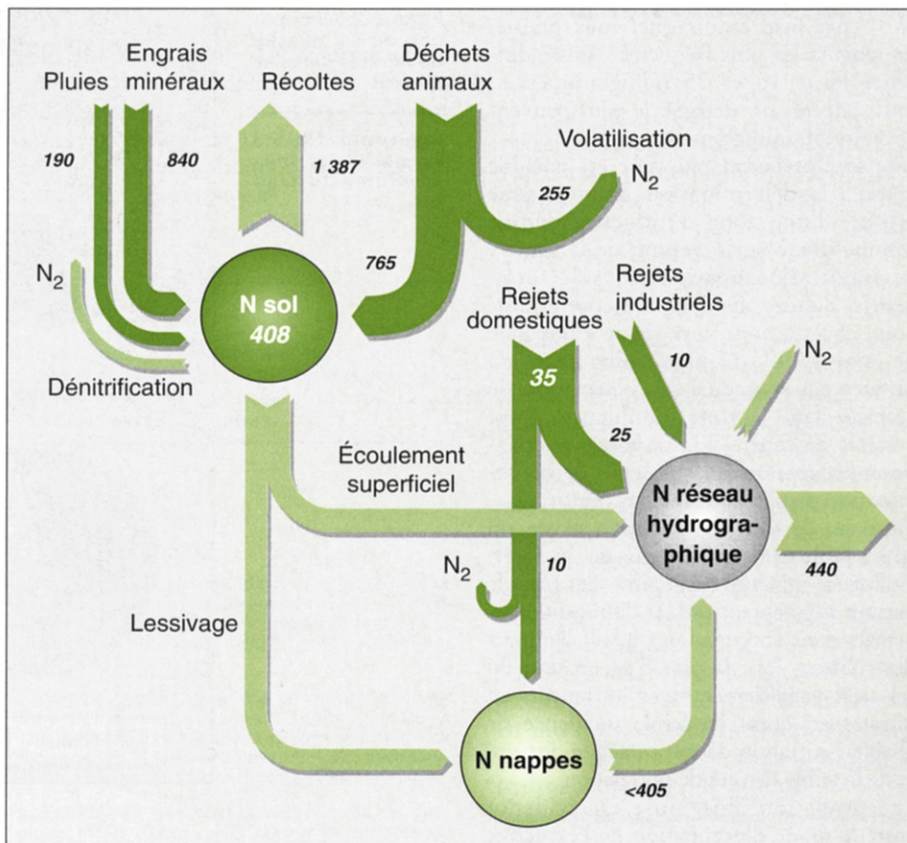


Figure 1. Bilan azoté (N en t/an) à l'échelle du bassin versant étudié (19 000 ha).

Figure 1. Nitrogen balance (N t/yr) in the watershed (19,000 ha).

Les quantités d'azote exportées par les nappes, bien que difficilement mesurables, devraient être inférieures à 405 tonnes par an.

Les pertes d'azote par dénitrification, transformant les nitrates en azote gazeux *via* des bactéries, éliminent ainsi une partie de la charge azotée des sols, des rivières et des effluents domestiques.

La faible incidence des rejets domestiques et industriels est due au caractère rural et peu peuplé de la zone étudiée.

L'évaluation des flux d'azote à l'échelle du bassin montre que la majorité de l'azote retrouvé dans le réseau hydrographique provient de l'azote excédentaire du sol, soit par écoulement superficiel soit *via* les nappes après lessivage.

Une partie de l'azote peut s'accumuler dans le sol et le sous-sol ou atteindre les nappes souterraines. Cependant, ces phénomènes d'accumulation semblent peu importants dans nos conditions, eu égard à la faible profondeur et à la capacité de stockage réduite des formations aquifères de la région.

## Différences de teneur en nitrates des sources

La valeur moyenne de 18 milligrammes de  $\text{NO}_3^-$  par litre dans l'eau des sources, déterminée d'après les résultats de la campagne de mai 1992, indique une situation relativement saine en terme de pollution des eaux souterraines par les nitrates, avec toutefois une importante variabilité spatiale de la contamination azotée.

Ainsi, 63 % des sources testées présentent une teneur en nitrates inférieure à 25 milligrammes de  $\text{NO}_3^-$  par litre alors que 9 % dépassent la norme de 50 milligrammes et que 39 % ont un taux inférieur à 10 milligrammes.

Le mode d'occupation du sol constitue le principal facteur explicatif des différences de contamination azotée des sources : l'eau sous forêt présente des taux inférieurs à 10 milligrammes de

$\text{NO}_3^-$  par litre tandis que, sous prairie, les teneurs les plus fréquentes sont comprises entre 10 et 25 milligrammes et, sous culture, on dépasse le plus souvent 25 voire 50 milligrammes.

Une interprétation plus fine est possible grâce à la détermination, pour chaque source, d'une zone d'influence définie comme microbassin versant de la source. Le mode d'occupation du sol (forêt, prairie, culture, habitat) a été déterminé pour chaque zone lors de la campagne de mai 1992. À partir des taux de nitrates par source et de l'occupation de l'espace dans la zone d'influence, il est possible de chiffrer l'importance des relations occupation du sol/degré de contamination azotée de la source (figure 2).

Du point de vue de la pollution azotée, on constate le rôle protecteur de la forêt, l'influence mineure des prairies (les taux de nitrates augmentent avec la diminution des prairies dans l'occupation du sol), l'impact des cultures dont la part d'occupation du sol croît parallèlement avec les teneurs en nitrates et, enfin, la faible incidence de l'habitat en raison de son caractère dispersé et de la faible densité de population.

La corrélation ainsi mise en évidence entre le mode d'occupation de l'espace et les teneurs en nitrates des sources s'explique essentiellement par les caractéristiques hydrogéologiques de la région : la faible capacité de stockage et le caractère superficiel des nappes limitent la dilution et induisent une réponse rapide et locale à toute arrivée de polluant.

Même si les caractéristiques géologiques et pédologiques jouent aussi un rôle dans les processus de transformation et de lessivage de l'azote, elles ne déterminent pas, dans la région, les différences de concentration en nitrates observées dans l'eau des sources.

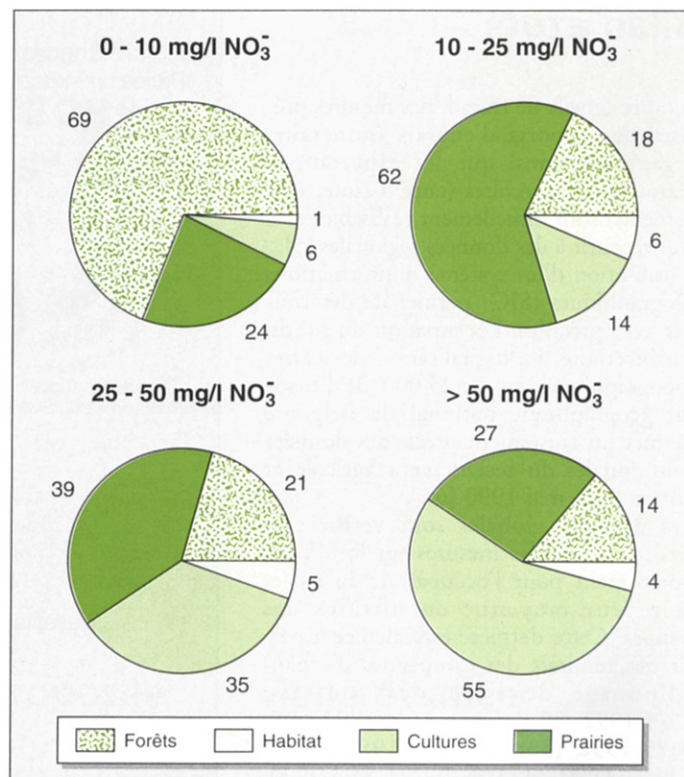
Cependant, dans la dépression du bassin versant, là où le sol est argileux avec un mauvais drainage, les faibles teneurs en nitrates des sources pourraient s'expliquer par un effet retard et une dénitrification plus marquée.

## Conclusions et perspectives

Notre étude établit une nette corrélation entre l'occupation du sol et les taux de  $\text{NO}_3^-$  dans l'eau des sources. Par ailleurs, les caractéristiques hydrogéologiques de la région étudiée induisent des temps de transfert courts de l'azote depuis les hori-

**Figure 2.** Occupation du sol et taux de nitrates dans les sources.

**Figure 2.** Nitrate levels in springs according to land use.



zons sous-racinaires jusqu'aux nappes phréatiques, avec des capacités de stockage réduites. Dès lors, la dynamique de l'azote s'en trouve simplifiée, plus aisée à

étudier, et il est possible de mettre en place des études d'incidence des activités agricoles, domestiques et industrielles sur la qualité des eaux souterraines.

## Summary

### Nitrate balance in a shallow aquifer area of Wallonia (Belgium)

J.M. Marcoen, X. Demarets, R. Agneessens, R. Biston, P. Limbourg

*The nitrate dynamics was studied in an area of southern Belgium characterized by shallow phreatic aquifers with low storage capacity in weathered shale and sandstone bedrock which is typical of 48% of the territory of the Region wallonne.*

*We interpreted the nitrogen balance at the scale of a drainage basin (figure 1) and studied the correlations between nitrate contents in springs and environmental factors (soil cover, geology, soils).*

*In the particular case of the area investigated (figure 2), forest acts as protective agent ( $\text{NO}_3^- < 10 \text{ mg/l}$ ), meadows have a minor influence ( $10 - 25 \text{ mg/l}$ ), cropped areas give a significant contribution ( $25 - 50 \text{ mg/l}$ ), while housings, due to dispersion and low density of the population, have a minor incidence.*

*The high correlation between the type of soil occupancy and the nitrate content of springs was linked to the specific hydrogeological characteristics of the area under investigation.*

*Cahiers Agricultures 1995 ; 4 : 430-3*

L'étude des nitrates sous prairie se heurte à d'importants problèmes de représentativité des échantillons de sol à cause des déjections animales. L'échantillonnage des profils de sol devrait prendre en compte, en parallèle, l'évolution de la teneur en nitrates de l'eau des sources issues de la nappe correspondant à la zone des parcelles expérimentales. On peut envisager la même démarche (coupler les mesures dans les sols et aux sources) pour des sols superficiels et/ou caillouteux.

Il serait intéressant d'étudier les variations horaires, journalières, saisonnières des teneurs en nitrates de ces milieux particuliers que sont les sources, afin de valider la représentativité des mesures effectuées.

L'utilisation d'un SIG offre d'intéressantes possibilités grâce à la superposition de couches d'information constituées par les différents facteurs susceptibles d'influencer la dynamique de l'azote : données pédologiques, géologiques, topographiques, hydrologiques, climatiques, occupation du sol, etc.

L'étude de la pollution des eaux souterraines par les nitrates est envisageable selon plusieurs optiques : études sur des petits bassins versants (où la mesure de tous les paramètres est possible) et études menées sur des bassins de superficie plus importante, avec des caractères explicatifs différents mais néanmoins complémentaires.

L'analyse du bilan des flux de nitrates effectué sur le bassin versant étudié révèle, d'une part, l'existence d'un excédent d'azote au niveau du sol (résultant du déséquilibre entre les apports au sol et les exportations par les récoltes et le pâturage) et, d'autre part, l'importance des phénomènes de lessivage et d'écoulement superficiel (qui éliminent la majeure partie de l'azote excédentaire du sol).

L'étude des corrélations entre paramètres laisse apparaître que, dans une région

caractérisée par des nappes souterraines peu profondes et de faible capacité de stockage, le mode d'occupation agricole et forestier du sol constitue le principal facteur explicatif de la distribution spatiale de la contamination de l'eau des sources par les nitrates ■

### Remerciements

Cette étude a été réalisée avec l'aide du Comité scientifique de la conservation de la nature et de la protection des eaux (ASBL), Namur, Belgique.

### Références

- 1 Roger M. Surveillance de la qualité des eaux de distribution. In : Dautrebande S, et al., eds. *Actes du colloque « Les ateliers de l'eau »*, Gembloux, fév.-mars 1994. Liège : Cebedoc, 1994 : 81-100.
2. Van Drecht G. *Modelling of nitrate leaching from agricultural soils on a regional scale in The Netherlands*. Abstracts of 2nd International Symposium on Environmental Geochemistry, 16-19 September 1991. Uppsala (Sweden) ; 2 p.
3. Fédération des scouts catholiques de Belgique (FSC). *Carte de la teneur en nitrates de sources en Wallonie, Opération Sources d'avril 1989*. Bruxelles : FSC, 1989.
4. Demarets X. *Détermination et analyse des flux de nitrates dans un sous-bassin de la Lesse*. Gembloux : Travail de fin d'études d'ingénieur agronome, UER des Sciences du sol et de la terre, Faculté universitaire de Gembloux, 1992 ; 79 p.
5. Institut national de statistique de Belgique. *Statistiques agricoles, rendements par région naturelle*. Bruxelles : ministère des Affaires Économiques, 1985 à 1991.
6. Institut national de statistique de Belgique. *Recensement agricole et horticole de mai 1990. Données pour les communes de Houyet et Beauraing*. Bruxelles : ministère des Affaires Économiques, 1990 ; 16 p.
7. Demarets X, Marcoen JM. *Pollution nitrique et mode d'occupation des sols : un cas d'étude en Wallonie*. Tribune de l'Eau (remis pour publication).

## Résumé

Cette étude porte sur la problématique des nitrates en Wallonie (Belgique), région caractérisée à 48 % par des aquifères superficiels de faible capacité de stockage et limités aux couches altérées des formations schisto-gréseuses. Nous avons analysé le bilan des nitrates à l'échelle du bassin versant et étudié les corrélations entre contenu en nitrates des sources et facteurs environnementaux (mode d'occupation des sols, géologie, et types de sols).

Du point de vue de la pollution azotée, on constate le rôle protecteur de la forêt, l'influence mineure des prairies, l'impact des cultures et la faible incidence de l'habitat en raison de son caractère dispersé et de la faible densité de la population.

La forte corrélation entre le mode d'occupation de l'espace et les teneurs en nitrates des sources s'explique essentiellement par les caractéristiques hydrogéologiques de la région étudiée.