

Risques de pertes en nitrates

Adapter la stratégie culturale au type de sol

Face à l'augmentation des concentrations en nitrates dans les ressources en eau potable du Val-de-Saône, plusieurs actions de reconquête de la qualité de l'eau ont été entreprises sans pouvoir mesurer l'efficacité de chacune de ces stratégies. Une étude originale - couplant expérimentations et modélisation en agronomie comme en hydrogéologie - a permis d'identifier les principaux facteurs de contamination et de mettre au point des outils d'aide à la décision. Avec des résultats clairs et tangibles.



Prélèvement de l'eau dans les bougies poreuses.

Sandra Novak
François Kockmann
Antoine Villard
Chambre d'Agriculture 71
Olivier Banton
Laboratoire d'hydrogéologie,
université d'Avignon
Jean-Christophe Comte
HYDRIAD

Pour comprendre et limiter la pollution diffuse des eaux souterraines par les nitrates, la Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire a initié entre 1997 et 2005 une étude sur les champs captants de Boyer et de L'Abergement de Cuisery (région de Tournus). Cette étude comportait 2 volets :

- un volet agronomique visant à définir le rôle des différents systèmes de culture, des sols et du climat sur les pertes de nitrates sous les racines,
 - un volet hydrogéologique pour comprendre le transfert des nitrates des sols vers les eaux souterraines.
- L'objectif final est de four-

nir une méthode intégrée de protection de la qualité des eaux de captage, basée sur le croisement des connaissances agronomiques et hydrogéologiques.

Un dispositif de mesure sur les principaux sols et systèmes de culture

Afin de comprendre les mécanismes de transfert des nitrates dans les sols, 15 sites expérimentaux, représentatifs de la diversité des sols et des systèmes de cultures, ont été équipés de bougies poreuses enterrées à 1 mètre de profondeur. Ce dispositif permet de prélever l'eau contenue dans le sol sous les racines, puis d'en mesurer la concentration en nitrates. Les prélèvements ont été réalisés d'octobre à mai en période de drainage, tous les 15 jours.

Un modèle agri-environnemental pour tester de nouveaux scénarii

Les mesures sur la période 1998-2002 ont permis de calibrer le modèle agri-environnemental « AgriFlux » simulant l'écoulement de l'eau et le devenir de l'azote dans les sols. Ainsi validé dans le contexte local, AgriFlux peut être utilisé pour tester différentes stratégies de gestion des systèmes de culture et construire une grille de risque indiquant le potentiel de pertes en nitrates pour les différentes combinaisons de sol et de culture du Val-de-Saône.

La prairie permanente : une qualité de l'eau assurée

Pour tous les types de sol, la prairie permanente extensive constitue la pratique la plus efficace de protection de la qualité des eaux : les flux de nitrates ne dépassent pas 6 kg N/ha/an et les concentrations sous les racines sont faibles et inférieures à la norme guide de 25 mg/l.

Un sol, un système de culture : indicateurs des pertes en nitrates sous les racines (tab. 1)

Grille de risque des pertes en nitrates en Val-de-Saône

Sol		Terrains d'alluvions récentes				Terrains de plateau	Basses terrasses de la Saône		
		Alluvions argileuses lourdes	Alluvions argileuses	Alluvions argilo-sableuses sur sable	Alluvions argilo-limono-sableuses	Limon battant hydro-morphe	Sable argileux	Sable	Sable cru
Réserve utile (mm)		174	151	67	211	220	106	98	32
Système de culture									
Prairie permanente		(1)							
		(2)							
Cultures de printemps et d'hiver	Blé / tournesol	(1)							
		(2)							
	Blé / tournesol avec CIPAN	(1)							
		(2)							
	Maïs grain / soja / blé / colza / blé	(1)							
		(2)							
Cultures de printemps	Maïs grain / blé / colza / blé	(1)							
		(2)							
	Maïs grain / blé / colza / blé avec CIPAN	(1)							
		(2)							
	Maïs grain / soja	(1)							
		(2)							
Cultures de printemps	Monoculture de maïs, dose Ferti-Mieux - 40 kg N/ha	(1)							
		(2)							
	Monoculture de maïs, dose Ferti-Mieux	(1)							
		(2)							
Cultures de printemps	Monoculture de maïs, dose Ferti-Mieux + 40 kg N/ha	(1)							
		(2)							

Les valeurs correspondent à des moyennes interannuelles calculées à partir des simulations réalisées avec AgriFlux sur la période 1998-2003. Les cases jaunes, non simulées, ne sont pas des modalités présentes en Val-de-Saône.

Légende :

- (1) Concentration en nitrate (mg/l)
- (2) Flux d'azote en kg N-NO₃ /ha/an

0 - 25	25 - 50	50 - 80	> 80	non simulé
0 - 10	10 - 30	30 - 80	> 80	non simulé

Le rôle primordial du type de sol

Lorsque le terrain est cultivé, le type de sol joue un rôle primordial sur les pertes en azote. Elles sont très nettement inférieures pour les sols argileux et sablo-argileux (3 à 42 kg N/ha/an), comparés aux sols sableux (72 à 131 kg N/



ha/an). Les sols limoneux ont des valeurs proches des sols les plus argileux (6 à 8 kg N/ha/an).

La monoculture de maïs, conduite selon les préconisations Ferti-Mieux, produit une eau à moins de 50 mg/l de nitrates pour les sols argileux et limoneux alors qu'elle dépasse les 100 mg/l pour les alluvions argilo-limono-sableuses et les sols sableux.

Un impact de la fertilisation azotée variable selon le type de sol

En sols argileux et limoneux, une surfertilisation de 40 kg N/ha par rapport à la dose conseil Ferti-Mieux en monoculture de maïs peut faire passer les concentrations moyennes au-delà de 50 mg/l.

Maïs en alluvions argileuses inondables.

Les conseils Ferti-Mieux ont ainsi permis de « cultiver une eau potable ». Inversement, diminuer les préconisations de 40 kg N/ha a des effets très modérés sur les pertes en nitrates, dans la mesure où les doses conseillées dans ces situations sont déjà faibles.

En sols sableux ou pour les alluvions argilo-limono-sableuses, une diminution de 40 kg N/ha par rapport aux conseils Ferti-Mieux reste insuffisante : la concentration en nitrate, même si elle diminue de près de 25 %, reste largement supérieure à 50 mg/l.

Un effet secondaire des cultures

L'introduction du soja dans une monoculture de maïs a très peu d'effet sur la qualité de l'eau, excepté dans les sols d'alluvions argilo-sableuses, où les flux d'azote sont diminués de près de 30 % en moyenne sur la rotation.

Les pertes en nitrates des rotations maïs/blé/colza/blé et maïs/soja/blé/colza/blé sont très proches de celles simulées en monoculture de maïs.

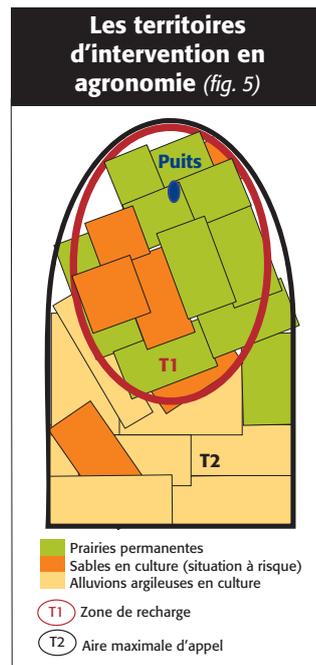
Comparées aux autres successions culturales en terrains sableux, les pertes moyennes en azote sont réduites en rotation blé/tournesol (environ - 35 % par rapport à la monoculture de maïs pour les sols sableux et - 5 % pour le sol argilo-sableux). Ces résultats sont surtout dus à la culture de tournesol, peu fertilisée, dont les concentrations annuelles après la récolte sont inférieures à 70 mg/l alors qu'elles atteignent 168 mg/l après le blé.

L'effet des CIPAN dépend aussi du type de sol

La moutarde et des repousses de colza ont été testées comme Cultures Intermédiaires Piège A Nitrate



(CIPAN) dans les rotations blé/tournesol et maïs/blé/colza/blé. Implantées peu après la récolte de la culture principale, elles ont été détruites en septembre (repousses de colza) ou en novembre (moutarde). Dans ces rotations où les CIPAN sont présentes une année sur deux et où la fertilisation est abaissée, les flux d'azote sont diminués de 23 à 37 % en sols sablo-argileux et limoneux, mais seulement de 9 % en sols sableux. Il est vraisemblable que dans ces sols très filtrants, les nitrates se retrouvent rapidement hors de portée des racines.



Au niveau du bassin d'alimentation, quelles conséquences sur la concentration en nitrate de la nappe ?

Afin de comprendre le transfert des nitrates vers l'aquifère, des mesures mensuelles du niveau piézométrique de la nappe et de sa teneur en nitrates sont réalisées entre 1998 et 2004 sur un réseau de 43 piézomètres localisés sur les champs captants de Boyer et de L'Abergement de Cuisery.

Par ailleurs, une synthèse des études hydrogéologiques déjà réalisées donne les bases pour circonscrire les limites du système aquifère. Elle permet également de mieux cerner les paramètres hydrodynamiques : transmissivité, perméabilité, épaisseur de la zone saturée, coefficient d'emmagasinement. Les données ainsi acquises ont permis de paramétrer le modèle «Modflow», puis de simuler les écoulements des eaux souterraines, donnant lieu à un bilan hydrogéologique, par champ captant.

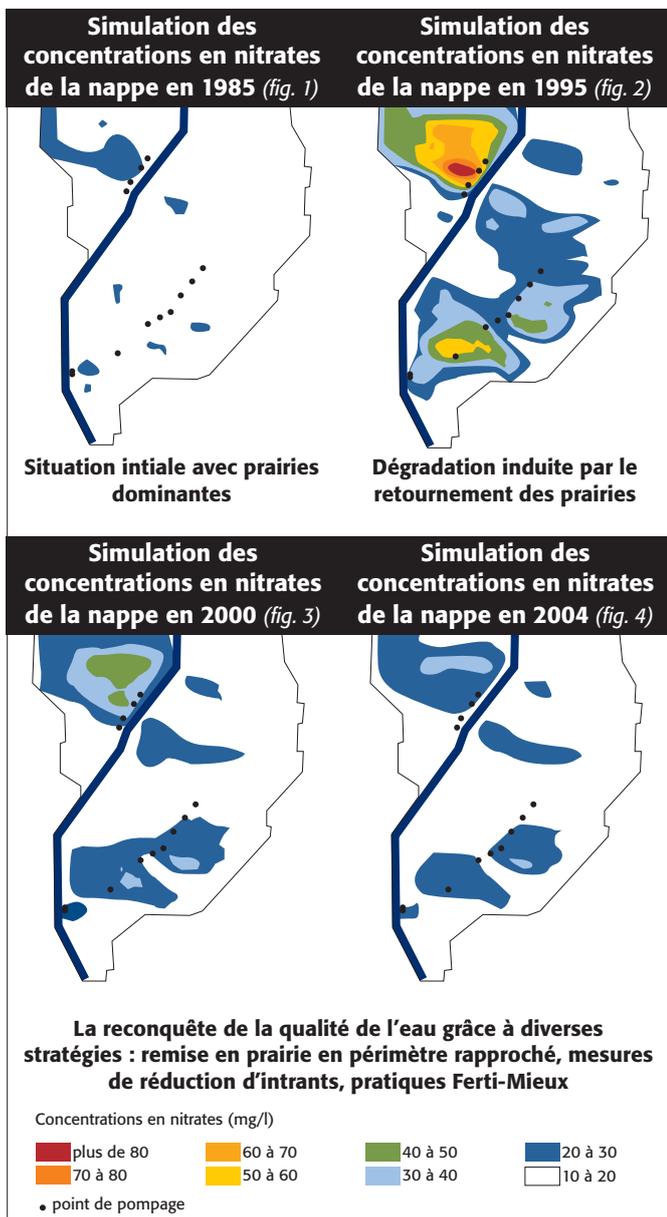
Le croisement des données agronomiques (types de sol, occupation du sol, histoire culturale, pratiques agricoles) et des données hydrogéologiques ont ensuite permis de simuler le transfert des nitrates dans la nappe alluviale et l'évolution dans le temps de la

distribution spatiale de leurs concentrations.

La reconquête de la qualité

Les illustrations montrent la situation initiale avec prairies dominantes (1985) (figure 1), la dégradation induite par le retournement des prairies (1995) (figure 2), puis la reconquête de la qualité de l'eau réalisée de 1995 à 2004 (figures 3 et 4) en conjuguant diverses stratégies : remise en prairie en périmètre rapproché, mesures de réduction d'intrants et/ou pratiques Ferti-Mieux

Remise en prairies autour des puits de captage pour l'alimentation en eau potable.



tation. Les résultats sont significatifs sachant que des marges de progrès existent dans les modalités de gestion actuelles.

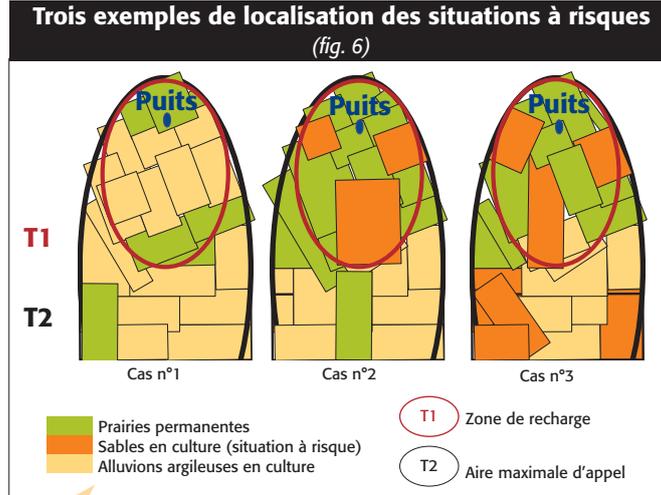
Les territoires d'intervention en agronomie

Les résultats de l'expérimentation conduisent à proposer un « guide méthodologique », basé sur le croisement des connaissances en agronomie et en hydrogéologie.

Pour un puits donné, la démarche revient à :

- déterminer la provenance des eaux captées, puis à délimiter l'aire maximale d'appel en amont du captage, correspondant à une délimitation sécuritaire du territoire susceptible de contribuer en eau et en nitrates au puits ;
- cartographier les différentes unités « sols/systèmes de culture », et évaluer les flux d'eau et de nitrates associés, afin d'identifier la zone de recharge contribuant directement au débit de captage.

Dans la *figure 5*, l'ellipse rouge incluant des parcelles en vert et en orange, représente la zone de recharge : c'est le territoire d'intervention agronomique prioritaire (T1). L'espace situé au-delà de l'ellipse rouge, mais à l'intérieur de l'aire d'appel, correspond au territoire d'intervention secondaire (T2).



L'importance et la localisation des situations à risque (SR) déterminent la stratégie la plus pertinente.

Le choix d'une stratégie

Les résultats de l'expérimentation montrent que la présence, l'importance et la localisation des situations à risque (SR), en l'occurrence les sols sableux (ou argileux en surface, sableux en profondeur) déterminent la stratégie la plus pertinente.

Trois cas de figure sont possibles (*figure 6*) :

- n°1 : en l'absence de SR en T1, (ou en T1 et T2), la seule généralisation des pratiques de fertilisation Ferti-Mieux sur toutes les parcelles en culture, localisées en T1 et T2, sera efficace ;
- n°2 : en présence de SR uniquement en T1, la remise en prairie permanente des SR,

localisées en T1, conjuguée au respect de Ferti-Mieux sur toutes les autres parcelles en T1 et T2, est la stratégie recommandée ;

- n°3 : en présence de SR en T1 et T2, la remise en prairie des SR en T1, la contractualisation de MAE (Mesures Agro Environnementales) en SR localisées en T2 et la généralisation de Ferti-Mieux sur toutes les autres parcelles, en T1 et T2, sont à conseiller simultanément.

Ces situations-type guident les compromis agronomiques à rechercher, au cas par cas. Toutefois, nous présentons une grande diversité de situations, selon les caractéristiques du milieu naturel.

L'expérimentation s'est concrétisée par deux outils d'aide à la décision :

- la « grille d'indicateurs de risque » (*tableau 1*), utilisable par les agriculteurs et leurs conseillers en zone vulnérable du Val-de-Saône,
- un « guide méthodologique », visant à déterminer les territoires d'intervention en agronomie et les stratégies pertinentes associées. Ce guide est mis à l'épreuve sur des champs captants analogues, concernés par le Contrat de Vallée Inondable de la Saône. La démarche est applicable aux situations similaires de

nappes alluviales de la Loire et du Doubs, sous réserve de se doter d'une connaissance suffisante du fonctionnement hydrogéologique de chaque aquifère. ■

Remerciements

La Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire, pour mener à bien ce travail, a bénéficié du soutien financier de l'Agence de l'Eau RM&C, du Conseil Général de Saône-et-Loire, de la DIREN, du Conseil Régional en Bourgogne et du Syndicat Mixte d'Etudes Saône-Doubs via un programme européen Life. Les auteurs associent M. Benoît (INRA Mirecourt) pour le transfert d'expérience opéré lors de la mise en place du dispositif, G. Creusot (DIREN) et E. Cremille (Agence de l'eau RM&C), hydrogéologues, pour leur contribution critique, ainsi que les agriculteurs partenaires pour leur coopération.

En savoir plus

- Banton O. et al., 1993, *AgriFlux : logiciel d'évaluation des pertes environnementales de contaminants agricoles*, Rapport INRS-Eau, Ste-Foy, Canada.
- Collectif, 2006, *La reconquête de la qualité de l'eau en Saône-et-Loire : exemple de Boyer-l'Abergement de Cuisery*, CD-Rom, diffusion Chambre d'Agriculture 71. Contact : 03 85 29 56 12, agro-environnement@sl.chambagri.fr
- Comte J-C. et al., 2006, *Modélisation du transfert des nitrates dans les formations alluviales du Val-de-Saône du secteur de Tournus (Saône-et-Loire)*, Ingénieries, à paraître.
- Novak S. et al., 2006, *Elaboration d'une grille de risque des pertes en nitrates pour les principaux sols et systèmes de culture du Val-de-Saône*, Ingénieries, à paraître.
- Sébillotte M. & Meynard J.M., 1990, *Système de culture, système d'élevage et pollution azotée*, in : Nitrate, Agriculture, Eau, INRA Editions, p.283-312.
- Villard A. et al., 2003, *Etude des flux d'eau et d'azote nitrrique sous racines sur deux champs captants du Val-de-Saône : expérimentation avec bougies poreuses et modélisation avec « AgriFlux »*, Ingénieries, 35, p. 3-17.

