



9 Effet des mesures écologiques sur les émissions d'azote provenant de l'agriculture suisse

Felix Herzog, Samuel Cornaz, Michel Decrem, Jens Leifeld, Harald Menzi, Reto Muralt, Ernst Spiess et Walter Richner

Les émissions d'azote dues à l'agriculture suisse ont baissé. Dans l'ensemble, l'utilisation de l'azote est devenue plus efficace. Il n'empêche que les objectifs environnementaux fixés par la Confédération pour 2005 ne seront atteints qu'en partie. Depuis 1996, l'excédent d'azote dans le bilan national est relativement constant et se situe environ 25'000 t N au-dessus de la valeur-cible. Les teneurs en nitrates dans les eaux souterraines d'après les relevés effectués dans différents captages d'eaux de source et d'eaux souterraines représentatifs ont certes baissé, mais en moyenne, cette baisse n'atteint pas les 5 mg/l souhaités. Plus de 90 % des captages d'eau potable dont le bassin versant hydrogéologique est exploité à des fins agricoles présentent moins de 40 mg NO₃⁻/l dans les eaux souterraines. Dans les zones de grandes cultures toutefois, ce seuil est tout juste atteint. Les objectifs relatifs à la réduction des émissions d'ammoniac et de gaz hilarant, eux, seront atteints. Pour continuer à réduire l'excédent du bilan d'azote, il faudra renforcer les exigences des prestations écologiques requises (PER) dans le domaine de l'utilisation de l'azote. Enfin, dans les zones de grandes cultures, des efforts supplémentaires sont nécessaires pour assurer et améliorer la qualité des eaux souterraines et de l'eau potable.

Felix Herzog,
Michel Decrem,
Jens Leifeld,
Ernst Spiess et
Walter Richner,
Agroscope
FAL Reckenholz,
Reckenholzstr. 191,
CH-8046 Zürich
Samuel Cornaz
et Reto Muralt,
OFEP,
Division protection
des eaux,
CH-3003 Bern
Harald Menzi,
Haute école suisse
d'agronomie,
Länggasse 65,
CH-3052 Zollikofen

Réalisation des objectifs

L'Office fédéral de l'agriculture et la Confédération ont formulé des objectifs qui doivent être atteints d'ici 2005 (OFAG 1999, Feuille fédérale 2002) à l'aide de mesures écologiques et des prestations écologiques requises (PER, Conseil fédéral 1998a). Les objectifs sont énoncés dans l'introduction (chapitre 1, tab. 1).

Bilan national de N

L'objectif qui consiste à ramener à 86'000 t N l'excédent annuel d'azote dans le bilan national des entrées et sorties d'ici 2005 (Feuille fédérale 2002) ne pourra pas être atteint. Certes, on observe un recul de l'excédent d'azote depuis 1980, notamment grâce à la réduction de l'utilisation d'engrais minéraux et d'aliments fourragers importés (chapitre 3, fig. 3),

mais depuis 1996, l'excédent national s'est stabilisé à un niveau d'env. 110'000 t N par an (chapitre 3, fig. 5). Depuis lors, rien n'indique qu'il va continuer à baisser. Au contraire, au cours des dernières années, les excédents d'azote ont même eu plutôt tendance à augmenter légèrement, car on a de nouveau utilisé plus d'engrais minéraux azotés et qu'on a importé plus d'aliments fourragers.

Qualité des eaux souterraines

En ce qui concerne la qualité des eaux souterraines, nous étions chargés d'observer la réalisation de deux objectifs:

1. *Réduction de 5 mg/l de la charge en NO₃⁻ de plusieurs captages d'eaux souterraines représentatifs (sources et puits) entre 1990–92 et 2005 (OFAG 1999).* Cet objectif ne pourra pas être atteint. On observe néanmoins une amélioration de la qualité des eaux souterraines en ce qui concerne les nitrates. Sur le Plateau, où les teneurs en nitrates sont généralement les plus élevées et où l'exploitation agricole est la plus intensive, nous avons observé un recul moyen d'env. 2 mg/l jusqu'en 1999–2001. Dans les Préalpes, à partir d'un niveau déjà plus bas, le recul était également plus important (3 mg/l). Dans le Jura et dans les Alpes, les teneurs en nitrates sont restées basses et relativement constantes (chapitre 5, tab. 2). En moyenne des 158 stations de mesures qui se situent principalement sur le Plateau, on a observé une baisse de 3,7 mg NO₃⁻/l entre 1989–91 et 2002–03 (chapitre 4, tab. 4). Toutefois, cette valeur n'est pas différenciée selon l'utilisation des sols dans le bassin versant. Même si la tendance à la baisse des teneurs en nitrates se maintient, il ne sera pas possible d'atteindre l'objectif d'une réduction générale de 5 mg/l d'ici 2005. Comme il est pratiquement impossible de réduire davantage les teneurs dans les régions peu polluées, la baisse aurait donc dû être plus que proportionnelle dans les régions fortement polluées.

2. *Dans 90% des captages d'eau potable dont les bassins versants hydrogéologiques sont situés dans des zones agricoles, les teneurs des eaux en nitrates doivent être inférieures à 40 mg/l (Feuille fédérale 2002).* Cet objectif a été atteint si l'on établit la moyenne des années 2002–03. Dans les bassins versants qui sont essentiellement consacrés aux grandes cultures, l'objectif a été atteint de justesse dans 90,2 % des stations de mesures par rapport à la teneur moyenne en nitrates. Par rapport à la teneur maximale en nitrates, l'objectif n'a pas été atteint par 87 % des stations. En outre, 53,2 % de ces captages présentaient des teneurs moyennes en nitrates supérieures à l'exigence de l'Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux, Conseil fédéral 1998b) relative à l'utilisation des eaux souterraines, soit 25 mg/l (chapitre 4, tab. 3). Dans les régions avec exploitation mixte et cultures fourragères voire dans les régions avec pâturages d'estivage, les captages présentant des teneurs en nitrates au-dessus de l'exigence de l'OEaux représentaient un pourcentage de 9,2 % et de 0 % (teneurs moyennes), soit des pourcentages nettement plus bas. Etant donné la tendance encore légèrement à la baisse des teneurs en nitrates, nous pouvons partir du principe qu'elles seront du même ordre en 2005. Lors de l'interprétation des baisses de teneurs en nitrates décrites plus haut, il faut tenir compte du fait que l'abandon de certains captages d'eaux souterraines présentant de trop fortes teneurs en nitrates durant la période d'étude a également permis d'atteindre l'objectif fixé.

Qualité de l'air

L'objectif qui consistait à réduire les émissions d'ammoniac à 48'700 t N par an d'ici 2005 (Feuille fédérale 2002) sera atteint. En 2000 déjà, les émissions provenant de l'agriculture ne représentaient plus que 41'300 t N, ce qui correspond à un recul de 11 % depuis 1990 (chapitre 7, tab. 1). La baisse a d'ailleurs tendance à se poursuivre légèrement. Pour atteindre les objectifs à long terme du protocole de Göteborg resp. du Conseil fédéral (réduction des émissions agricoles de NH₃ de 40–50 % encore), l'agriculture devrait néanmoins faire de considérables efforts supplémentaires (réduction du nombre d'animaux et/ou investissements importants pour la mise en place de mesures permettant de limiter les émissions).

Dans le cadre de la convention sur le climat, les Etats se sont engagés à réduire les émissions des gaz à effet de serre de 8 % durant la période de 2008 à 2012 par rapport à la situation de 1990 (ONU 1997). Cette obligation est valable pour l'ensemble de l'économie et n'est pas nécessairement proportionnelle aux différents secteurs ou aux différents gaz à effet de serre. Il est néanmoins utile de faire une répartition par secteur et par gaz à effet de serre pour mieux évaluer l'impact de chacune des mesures. Dans le cas du gaz hilarant, la baisse est estimée à 10 % dans le secteur agricole entre 1990 et 2002. Cette baisse est due notamment à la réduction de l'utilisation des engrais minéraux, ainsi qu'à la baisse de l'effectif animal et à la réduction de la production d'engrais de ferme qui en découle (chapitre 8, fig. 2). Les émissions continueront à évoluer proportionnellement au développement de ces deux facteurs. Etant donné les tendances relativement constantes depuis 1998, il est peu probable que les émissions de gaz hilarant provenant de l'agriculture continuent à baisser à l'avenir. Il faudrait d'abord envisager une nouvelle réduction de l'effectif d'animaux de rente en Suisse.

Contribution des différentes mesures des PER

Comme nous l'avons déjà exposé en introduction (chapitre 1), il est difficile de séparer l'impact des différentes mesures ou celui des PER des autres facteurs d'influence (mesures supplémentaires de politique agricole et de politique environnementale, progrès biotechnologique, mécanismes des marchés), facteurs qui agissent aussi sur les flux de matières. C'est pourquoi les remarques faites ici ne sont que des estimations qui reposent sur des simulations et des expertises.

Bilan de fumure équilibré

Le bilan de fumure équilibré exigé par les PER est l'instrument le plus efficace de ces dernières en ce qui concerne la réduction de l'excédent d'azote. Sur la base des études de cas réalisées dans le canton de Berne et à Fehraltorf, nous estimons que cette exigence a permis de réduire la lixiviation des nitrates de 5–20 % dans les terres assolées (chapitre 5, tab. 3; chapitre 6, fig. 6). Les rendements relativement stables dans la production végétale ont permis d'utiliser 10 % d'engrais azotés minéraux et organiques en moins. A notre avis, le recul de l'emploi des engrais minéraux est notamment dû au bilan de fumure équilibré exigé par les PER et à l'utilisation plus réfléchie des engrais azotés.

Protection appropriée du sol

La couverture du sol en hiver est une importante mesure pour réduire la lixiviation des nitrates. Nous estimons que l'exigence de l'indice de protection des sols a entraîné une réduction d'environ 10 % (chapitre 6, fig. 6). Cette réduction est sans doute également liée à l'augmentation générale des surfaces exploitées avec des procédés de travail du sol sans labour, technique qu'il est possible d'appliquer après des cultures dérobées. Ce mode de culture a sans doute également des répercussions favorables sur la réduction de la lixiviation des nitrates.

Suite à la dernière révision de l'Ordonnance sur les paiements directs (Conseil fédéral 1998a), l'indice de protection des sols a néanmoins été remplacé par une méthode plus simple pour la saisie avec des exigences moindres en ce qui concerne la couverture du sol. Si ce changement entraîne de nouveau une hausse des jachères nues pendant la saison d'hiver, la lixiviation des nitrates augmentera de nouveau.

Autres directives PER et mesures écologiques

Il est probable que le pourcentage de surfaces de compensation écologique, pour la plupart non fertilisées, qui représente actuellement 10 % de la surface agricole utile en Suisse ainsi que l'assolement régulier exigé ont également contribué à la réduction des émissions et

immisions d'azote. Nous estimons toutefois que l'impact de ces mesures est moindre par rapport à celui du bilan de fumure équilibré et de la protection du sol. Par contre, les programmes qui visent à promouvoir le bien-être des animaux et contribuent ainsi à une forte augmentation des stabulations libres et des aires d'exercice extérieures ont un effet néfaste sur les émissions d'ammoniac. Toutefois, la hausse des émissions d'ammoniac qui s'ensuit est relativement faible (+1,2 % entre 1990 et 2000, chapitre 7). Elle est plus que compensée par d'autres évolutions comme l'augmentation de la pâture. Le développement de l'élevage sur pâture est certes bénéfique pour la réduction des émissions d'ammoniac, mais risque de renforcer la lixiviation des nitrates. Il existe donc des objectifs conflictuels dont il faut avoir conscience.

Nous n'avons pas spécialement étudié l'influence de l'agriculture biologique (110'134 ha en 2003, OFAG 2004) ni de la production extensive de céréales et de colza (EXTENSO, 78'425 ha en 2003, OFAG 2004). Ces deux systèmes de cultures ont généralement tendance à utiliser moins d'engrais azotés (Gaillard et Nemecek 2002). Cela se répercute au moins sur le bilan national de l'azote, mais on ne sait pas si ces systèmes de culture ont des effets sur les émissions de nitrates, d'ammoniac et de gaz hilarant, ni dans quelles proportions.

Autres facteurs d'influence

Législation sur l'environnement

En 1992, la Loi révisée sur la protection des eaux (LEaux) est entrée en vigueur. Les articles 14, 27 et 51 de cette loi contiennent des exigences en ce qui concerne la gestion des engrais de ferme (p. ex. épandage, capacité de stockage, contrats de reprise, nombre d'unités de grand bétail UGB), l'exploitation des sols et la vulgarisation (Assemblée fédérale 1991). En 1994, une nouvelle directive a été publiée en matière de protection des eaux (OFAG/OFEFP 1994). L'Ordonnance sur la protection des eaux de 1999 règle notamment les objectifs écologiques relatifs aux eaux, les exigences touchant la qualité des eaux et les exigences s'appliquant aux exploitations qui détiennent des animaux de rente (Conseil fédéral 1998b). Le respect de ces textes a sans doute également contribué à réduire la pollution des eaux par l'azote provenant de l'agriculture. Cependant, leur influence n'a pas encore été évaluée, ni quantifiée.

Mesures régionales

Nos études ne nous permettent pas de tirer de conclusions sur les éventuels effets locaux des projets relatifs aux nitrates basés sur l'art. 62a LEaux. Nous pouvons néanmoins largement exclure qu'ils aient eu une influence sur les modifications observées jusqu'ici à l'échelle nationale, car il existe peu de projets de ce type pour l'instant. Ils ne concernent d'ailleurs qu'un très faible pourcentage de la surface agricole utile et ils ont été mis en place il y a peu de temps.

Progrès technique, marché, vulgarisation

Par contre, il existe des facteurs d'influence en dehors des programmes agroécologiques. En premier lieu vient la baisse de l'effectif animal (de 1,43 à 1,29 millions d'UGB entre 1990 et 2002, OFAG 2004). Cette baisse est principalement due au progrès biotechnologique, qui a permis de produire la même quantité de lait et de viande avec un plus petit nombre d'animaux et donc de réduire la production d'engrais de ferme, ce qui a conduit à une réduction des émissions d'ammoniac. Les développements sur les marchés des produits agricoles, tel que le léger recul de la consommation de viande des dernières années, ont aussi contribué à cette réduction du cheptel. La baisse des surfaces ouvertes de 312'000 ha (1990/92) à 284'000 ha (2003) avec une surface agricole utile constante dans l'ensemble (OFAG 2004) s'explique également par des décalages dans la structure des coûts et des

prix, ainsi que par le changement structurel dans l'agriculture. Cette évolution devrait aussi avoir tendance à contribuer à la réduction de la lixiviation des nitrates.

Nous partons du principe que la sensibilisation des agriculteurs, l'amélioration de la formation et de la vulgarisation ont également eu des répercussions positives sur la gestion de l'azote dans les exploitations. Il est vrai qu'il nous est impossible de quantifier cette influence.

Connaissances tirées d'autres projets

Dans quatre zones de recherches du canton de Fribourg, Julien *et al.* (2002) ont étudié la mise en oeuvre des PER et l'impact sur le déversement dans les eaux de substances provenant de l'agriculture. Les chercheurs ont observé une stabilisation des teneurs des eaux souterraines en nitrates. Cette baisse n'a cependant pu être qu'en partie mise sur le compte des PER. Les auteurs insistent sur l'écho favorable réservé par les agriculteurs aux PER et sur l'importance des PER pour la sensibilisation de la population agricole aux questions écologiques.

Dans le cadre du «projet Greifensee», Prasuhn *et al.* (2004) ont étudié les flux de matières dans le bassin versant du Greifensee (ZH). Les pertes d'azote ont été estimées à l'aide du modèle MODIFFUS (Prasuhn et Mohni 2003). Les pertes par lixiviation étaient à leur plus haut niveau (46 kg N/ha et an, état 1999) sous les terres ouvertes drainées. Sous les terres assolées, elles s'élevaient en moyenne à 35 kg/ha et an, sous les zones d'habitation et les jardins à 22 kg N/ha et an et enfin, sous les herbages et les forêts à 9 resp. 8 kg N/ha et an. Les simulations ont étudié les effets d'une éventuelle suppression des contributions écologiques à l'avenir (Zraggen *et al.* 2004). Le résultat indique que cela résulterait dans une nette intensification de l'agriculture et de l'exploitation des surfaces, avec néanmoins une baisse probable des terres assolées. Ce scénario entraînerait une réduction des pertes d'azote dans les eaux pour l'ensemble du bassin versant. Cette réduction atteindrait son apogée en cas d'ouverture des marchés à l'UE (-27 %, Zraggen *et al.* 2004). Ceci impliquerait néanmoins une hausse des pertes d'azote sous forme gazeuse suite à l'augmentation de la détention animale, hausse qui n'a pas été prise en compte dans les simulations.

Prasuhn et Mohni (2003) ont calculé les apports d'azote dans les eaux souterraines et les eaux de surface provenant de sources diffuses pour 38 bassins versants du canton de Berne en 2000 à l'aide du modèle de flux de matières MODIFFUS et ont comparé les résultats avec un calcul réalisé auparavant par Prasuhn et Braun (1994) en 1990. Ils en ont conclu que les pertes diffuses d'azote avaient baissé de l'ordre de 5 %. Ils estiment que les mesures écologiques ont contribué, au total, à une réduction de l'ordre de 10 % de la lixiviation des nitrates sous les terres assolées. Un nouveau calcul a largement confirmé cette estimation (chapitre 5, tab. 3).

Perspectives et recommandations

Bilan d'azote

Rien ne permet d'espérer que les directives des PER actuellement en vigueur puissent conduire à réduire davantage l'excédent national d'azote. L'excédent d'azote est stable depuis 1997, voire légèrement en hausse. La hausse est due notamment au fait que la consommation d'engrais minéraux a de nouveau augmenté de 4'500 t N depuis 1997, ainsi qu'à l'augmentation de 11'500 t des importations d'aliments fourragers. Pour maintenir l'excédent national d'azote au niveau actuel, les obligations instaurées par les PER ne doivent pas être assouplies et doivent continuer à s'appliquer à toutes les exploitations. Si l'on souhaite s'approcher encore de l'objectif qui préconise un excédent maximum de 86'000 t d'azote par an, il faudrait notamment revoir les seuils de tolérance dans les bilans d'azote des exploitations (p. ex. le seuil de tolérance de 10 % vers le haut dans le bilan glo-

bal, le seuil de tolérance de 5 % dans le bilan du fourrage de base). Le bilan de l'azote à l'échelle de l'exploitation s'est avéré l'instrument le plus efficace pour augmenter l'efficacité des apports d'azote. C'est donc à ce niveau qu'une intervention serait la plus prometteuse. Pour atteindre complètement les objectifs, les émissions d'azote dans l'agriculture devraient être considérablement réduites par rapport à aujourd'hui (réduction du nombre d'animaux ainsi que de l'emploi d'aliments fourragers et d'engrais azotés achetés dans le commerce).

Application

Nous ne pouvons pas évaluer dans quelle mesure une meilleure application (vulgarisation, contrôle) pourrait améliorer le respect des directives des PER. Cette question devrait néanmoins être tirée au clair. En 2003, le respect des directives des PER a été contrôlé dans deux tiers des exploitations inscrites. Des manquements ont été constatés dans 12 % des cas. Les enregistrements incomplets et incorrects constituaient la principale cause de manquement, suivi par le non-respect des exigences de la détention respectueuse du bien-être des animaux. En troisième position venait le non-respect du bilan de fumure équilibré (OFAG 2004). Nous partons du principe que les PER ont conduit à une utilisation plus réfléchie des engrais azotés. L'amélioration de la vulgarisation et l'établissement d'outils de planification simples peuvent permettre de rendre l'emploi de l'azote encore plus efficace. A ce niveau, il faut mettre l'accent notamment sur l'utilisation des engrais de ferme.

Nitrates dans les eaux souterraines

En ce qui concerne les teneurs en nitrates, nous nous attendons à une stabilisation au niveau relativement bas atteint actuellement. Etant donné le décalage dans le temps entre les émissions de nitrates (lixiviation provenant du sol) et les immissions de nitrates (mesure des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines), on pourra éventuellement observer encore une légère baisse. Si la tendance à la hausse des excédents d'azote venait néanmoins à se confirmer, les teneurs en nitrates des eaux souterraines augmenteraient de nouveau elles aussi. Sur ce plan, il serait nécessaire d'intervenir notamment dans les régions de grandes cultures du Plateau. Il faut éviter que dans les grandes cultures, on fertilise de nouveau à outrance avec de l'azote, au-delà des besoins des cultures, sans quoi les gains d'efficacité obtenus jusqu'à présent seraient de nouveau perdus. Les exigences mentionnées plus haut relatives au solde d'azote de «Suisse-Bilanz» permettraient de contrer cette tendance. En outre, il faut conserver l'état de couverture végétale du sol en hiver, tel qu'il a été atteint grâce à l'indice de protection des sols. Si le nouveau règlement technique de protection du sol en vigueur depuis 2004 devait entraîner un accroissement des jachères nues en hiver, il faudrait réintroduire l'indice de protection des sols. Les projets nitrates selon l'art. 62a LEaux ont déjà été lancés. S'ils sont soigneusement planifiés et appliqués, ils pourront apporter une contribution efficace à la réduction des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines fortement polluées.

Climat

L'importance de la protection climatique et donc également l'importance de la réduction des pertes d'azote sous forme gazeuse vont croissant. Par ailleurs, il est nécessaire de continuer à réduire les émissions d'ammoniac pour réduire l'eutrophisation et l'acidification des écosystèmes naturels. En ratifiant les conventions internationales, la Suisse est dans l'obligation juridique de réduire les émissions d'ammoniac. Pour le gaz hilarant, il n'existe pas d'obligation de réduction directe, mais l'obligation découle indirectement de l'engagement à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Les obligations à moyen terme de réduire les pertes d'ammoniac et de gaz hilarant dans le secteur agricole seront vraisemblablement remplies. Il est cependant possible qu'à l'avenir les exigences soient encore plus sévères. C'est pourquoi il faut continuer à faire des efforts de vulgarisation et de motivation pour promouvoir les stabulations à émissions réduites, optimiser l'affouragement, le stockage et l'épandage des engrais de ferme et enfin, réduire les pertes de nitrates.

Récapitulatif

Dans l'ensemble, l'efficacité de l'emploi de l'azote a augmenté depuis la période de référence 1990–92. Le niveau de rendement dans la production végétale a pu être maintenu tandis que les émissions ont diminué dans les eaux souterraines et l'atmosphère. Cependant, depuis la seconde moitié des années 1990, la baisse des émissions d'azote stagne. L'emploi d'azote a même tendance à augmenter de nouveau. Cette tendance pourrait à moyen terme mettre en péril les effets environnementaux positifs obtenus jusqu'à présent.

Nous avons pu constater un effet positif des PER sur l'environnement même si les objectifs n'ont pas été atteints dans certains domaines (excédent du bilan national d'azote, recul de la teneur des eaux souterraines en nitrates). Pour pouvoir atteindre les objectifs à moyen terme, les PER devront conserver leur forme actuelle, les exigences devront être ponctuellement amplifiées, les efforts en terme de vulgarisation et de mise en œuvre devront être intensifiés et enfin, dans les régions problématiques, les PER devront être renforcées par les projets nitrates déjà en cours selon l'art. 62a LEaux.

L'application de mesures supplémentaires pour atteindre les objectifs écologiques qui n'ont pas encore été remplis à ce jour crée d'importants conflits d'intérêt par rapport à la rentabilité de la production agricole. Les mesures qui vont au-delà des exigences actuelles des PER doivent être analysées en ce qui concerne l'efficacité des coûts et des priorités doivent être établies.

Besoins d'évaluation

Les projets d'évaluation de la Confédération sous leur forme actuelle touchent à leur fin. Ils seront en partie remplacés par des indicateurs agro-environnementaux (OFAG 2002, Gaillard *et al.* 2003):

- Bilan national d'azote. Ce dernier continuera à être calculé selon la méthode actuelle et la méthode OCDE et sera disponible chaque année.
- Emissions d'azote provenant de l'agriculture, significatives pour l'environnement: cet indicateur est développé depuis 2005 à Agroscope FAL Reckenholz et sera calculé pour la première fois pour l'année 2006.
- Le «Réseau national d'observation de la qualité des eaux souterraines» (NAQUA) de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage est opérationnel depuis 2002. Il sera poursuivi et développé.

En outre, la FAL continuera à établir des inventaires pour les gaz à effet de serre d'origine agricole (gaz hilarant, méthane) et à les actualiser chaque année. Pour l'ammoniac, l'inventaire constitue une obligation internationale. Il est prévu que l'OFEP effectue un nouveau calcul détaillé tous les cinq ans et actualise les données tous les ans.

Ces travaux permettent de bien se représenter l'état de l'environnement par rapport à l'azote et à l'agriculture. Il s'agit toutefois avant tout d'instruments d'observation, qui ne permettent que de tirer des conclusions limitées en ce qui concerne les causes des tendances observées. Pour faire plus, il faudrait des projets d'évaluation au sens strict du terme qui étudient l'influence de la pratique agricole et des mesures agro-politiques sur les flux d'azote, comme dans les études de cas réalisées dans le canton de Berne (chapitre 5) et à Fehraltorf (chapitre 6). A une échelle régionale moyenne, on peut envisager de réunir les relevés effectués dans le cadre du NAQUA et des études relatives à l'exploitation agricole des sols dans les différents bassins versants hydrogéologiques, puis d'évaluer le tout avec un modèle empirique, statistique, à méso-échelle des flux de matières comme MODIFFUS (Prasuhn et Mohni 2003). Dans les bassins versants les plus petits et notamment dans les zones où des projets ont été mis en place selon l'art. 62 LEaux, il est possible d'estimer l'impact des différentes mesures (comme dans l'étude de cas de Fehraltorf; chapitre 6) à l'aide de modèles d'azote dynamiques.

Besoins de recherche

Sur le plan des PER et du bilan d'azote, les besoins de recherche se font sentir notamment dans les domaines suivants :

- La recherche dans le domaine des «Bonnes pratiques agricoles» par rapport à la gestion agricole de l'azote doit être poursuivie (Richner *et al.* 2003). Les connaissances scientifiques doivent être mises rapidement et efficacement à disposition de la pratique par la vulgarisation.
- Des recherches sont également nécessaires pour augmenter encore l'efficacité de l'azote dans le domaine de la production animale (p. ex. optimisation des systèmes d'affouragement et de stabulation pour limiter les émissions d'ammoniac; conditionnement des engrais de ferme pour faciliter leur transport et augmenter l'efficacité des éléments nutritifs contenus dans les engrais finaux) et dans le domaine de la production végétale (p. ex. plan de fumure plus précis grâce à de meilleurs systèmes de diagnostic et de meilleures simulations; amélioration des pronostics relatifs à la mobilisation de l'azote issu du réservoir d'azote organique du sol; amélioration des techniques de fertilisation pour optimiser la libération de l'azote dans les engrais).
- Dans l'agriculture biologique, sachant qu'on n'utilise pas d'engrais minéraux, on a tendance à employer l'azote de manière plus modérée. Il est d'autant plus important d'optimiser les flux d'azote au sein des exploitations et d'éviter les pertes. C'est pourquoi la recherche doit également apporter sa contribution, notamment en ce qui concerne la gestion des engrais de ferme.
- Dans le but de réduire les pertes d'azote, il faudrait chercher à optimiser les nouveaux systèmes de culture, tels que les procédés respectueux des sols, la réduction du travail du sol et les cultures associées.
- Il faut poursuivre le développement des modèles de simulation d'azote afin d'estimer les pertes dans les bassins versants. Il existe certes un grand nombre de modèles de simulation relatifs à l'azote qui présentent différentes approches et conviennent pour diverses échelles. En Suisse, jusqu'à présent, ils ont rarement été utilisés avec succès. Des recherches sont encore nécessaires sur le plan de la validation ainsi que pour estimer l'incertitude des résultats. Ces modèles permettent de faire des prévisions par rapport aux modifications du mode d'exploitation (p. ex. en relation avec les projets selon l'art. 62a LEaux).
- Il faudrait tester l'emploi de modèles de simulation d'azote à l'échelle de l'exploitation et de la région et saisie expérimentale des émissions de gaz hilarant pour des sites d'herbages différemment utilisés, de manière à mieux adapter les facteurs d'émissions du gaz hilarant aux contingences suisses.
- L'optimisation du système d'exploitation agricole en cas de conflits d'intérêts pose un problème non résolu, non seulement par rapport à la gestion de l'azote, mais par rapport aux autres flux de matières (tous les éléments nutritifs, produits phytosanitaires), à l'énergie employée et à la biodiversité.

Les besoins de recherches vont donc de la recherche agronomique classique pour améliorer l'efficacité de l'azote employé et limiter les pertes, au développement d'instruments permettant d'évaluer le bilan de l'azote et d'établir des stratégies d'optimisation. Enfin, les efforts en matière de formation et de vulgarisation doivent continuer à être renforcés.

Bibliographie

- Assemblée fédérale, 1991. Loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux. Berne, RS 814.20.
- Conseil fédéral, 1998a. Ordonnance sur les paiements directs versés dans l'agriculture. RS 910.13.
- Conseil fédéral, 1998b. Ordonnance sur la protection des eaux. Berne, RS 814.201.
- Feuille fédérale, 2002. Message concernant l'évolution future de la politique agricole (Politique agricole 2007) du 29 mai 2002. Chancellerie fédérale, FF V (02.046), 4'395–4'682.

- Gaillard G. et Nemecek T., 2002. Ökobilanzierung des Extensioanbaus von Getreide und Raps. *Agrarforschung* 9 (11–12), 490–495.
- Gaillard G., Daniel O., Desaulles A., Flisch R., Herzog F., Hofer G., Jeanneret P., Nemecek T., Oberholzer H., Prasuhn V., Ramsauer M., Richner W., Schüpbach B., Spiess E., Vonarburg U.-P., Walter T. et Weisskopf P., 2003. Agrar-Umweltindikatoren: Machbarkeitsstudie für die Umsetzung in der Schweiz. *Cahier de la FAL* 47.
- Julien P., Niggli T. et Vorlet L., 2002. Sites d'observation pour les mesures écologiques en agriculture. Institut agricole Grangeneuve et Office de la protection de l'environnement du canton de Fribourg.
- OFAG, 1999. Evaluation der Ökomassnahmen und Tierhaltungsprogramme, Konzeptbericht. Berne, Office fédéral de l'agriculture.
- OFAG, 2002. Développement des indicateurs agro-environnementaux et monitoring. Berne, Office fédéral de l'agriculture. <http://www.blw.admin.ch/rubriken/00690/index.html?lang=fr>
- OFAG, 2004. Rapport agricole. Berne, Office fédéral de l'agriculture.
- OFAG/OFEFP, 1994. Instructions pratiques pour la protection des eaux dans l'agriculture. Berne, Office fédéral de l'agriculture et Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage.
- Prasuhn V. et Braun M., 1994. Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffverluste aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Bern. Schriftenreihe der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarkulturchemie und Umwelthygiene (FAC) Liebefeld-Bern Nr. 17.
- Prasuhn V. et Mohni R., 2003. GIS-gestützte Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffeinträge aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Bern. Interner Bericht. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz. 223 S. www.reckenholz.ch/doc/de/forsch/umwelt/wasser/wasser.html
- Prasuhn V., Herzog F., Schärer M., Frossard E., Flühler H., Flury C. et Zgraggen K., 2004. Stoffflüsse im Greifenseegebiet: Phosphor und Stickstoff. *Agrarforschung* 11 (10), 440–445.
- Richner W., Anken T., Dubois D., Keck M., Lüscher A., Neftel A., Prasuhn V., Weisskopf P., Vullioud P. et Zihlmann U., 2003. Forschungsperspektiven für das Stickstoffmanagement in der Landwirtschaft. *Cahier de la FAL* 43, 65–70.
- UN, 1997. Protocole de Kyoto à la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. New York, Nations Unies.
- Zgraggen K., Flury C., Gotsch N. et Rieder P., 2004. Gestaltung der Landnutzung in der Region Greifensee. *Agrarforschung* 11 (10), 470–477.