15 Impact des mesures écologiques sur les pertes de phosphore du secteur agricole suisse

Felix Herzog, Walter Richner, Ernst Spiess et Volker Prasuhn

Les émissions de phosphore provenant de l'agriculture suisse ont diminué, pourtant les objectifs environnementaux définis par la Confédération ne seront que partiellement atteints en 2005. L'excédent du bilan de phosphore au niveau national a fortement diminué et la valeur-cible fixée par la Confédération a été dépassée depuis 1996. Il subsiste tout de même, encore et toujours, un excédent de phosphore de 6'000 t par année. La charge diffuse des eaux en phosphore provenant de l'agriculture suisse a diminué depuis 1990–1992 de 10 à maximum 30 % et non comme prévu de 50 %. Dans les régions problématiques d'exploitation intensive, autour des lacs du Plateau, une grande part de la charge des lacs en phosphore provient directement des sols qui, depuis des années, sont fortement fertilisés avec du phosphore. C'est pourquoi, une amélioration de la pratique agricole ne montrera ses effets qu'avec une forte latence. Pour continuer de réduire les excédents du bilan de phosphore, on doit augmenter les exigences des prestations écologiques requises (PER) dans le secteur des apports de phosphore. Dans les régions problématiques, des mesures complémentaires pour éliminer le phosphore des terrains sursaturés sont nécessaires.

Felix Herzog,
Walter Richner,
Ernst Spiess et
Volker Prasuhn,
Agroscope
FAL Reckenholz,
Reckenholzstr. 191,
CH-8046 Zürich

Objectifs à atteindre

L'Office fédéral de l'agriculture et la Confédération ont formulé des objectifs qui doivent être atteint au moyen des mesures écologiques resp. des prestations écologiques requises (PER, Conseil fédéral 1998a) d'ici 2005 (OFAG 1999, Feuille fédérale 2002), ils sont résumés dans l'introduction (chapitre 1, tab. 1).

Le bilan national du phosphore

L'objectif de diminuer sur le plan national d'ici 2005 l'excédent de phosphore (P) provenant de l'agriculture dans le bilan des entrants/sortants à 50 % (10'000 t de P par année) a déjà été atteint en 1996 (Feuille fédérale 2002). En 2002, l'excédent de phosphore s'élevait encore à 6'000 t de P, ce qui représente une réduction de 65 % par rapport à la période de référence 1990–92 (chapitre 11, fig. 4). Ce recul s'était déjà amorcé en 1980 et il est principalement dû à la réduction de l'utilisation des engrais minéraux et à la diminution des importations fourragères (chapitre 11, fig. 2).

Qualité des eaux de surface

La qualité des eaux de surface en regard du phosphore s'est nettement améliorée au cours de ces dernières décennies. En particulier dans les grands lacs, les teneurs en phosphore soluble eutrophisant ont constamment baissé depuis les années quatre-vingt (chapitre 12, fig. 1–6). Cette évolution est principalement due au raccordement d'une grande partie des ménages et des industries aux stations d'épuration, à la plus grande efficacité de ces dernières dans l'élimination du phosphore et à l'interdiction des lessives contenant des phosphates. Quelle était la part de l'agriculture dans ces développement positifs et dans quelle mesure l'objectif de réduire entre 1990–92 et 2005 de 50 % la charge en phosphore due à l'agriculture dans les eaux de surface a-t-il été atteint, cela est difficile à analyser. On ne peut distinguer par les mesures faites dans les eaux, la part de la charge de phosphore due à l'agriculture, de celle provenant d'autres sources (apports pédo-géologiques, sources ponctuelles). Malgré l'évolution satisfaisante de l'état des grands lacs en regard du phosphore, les problèmes d'eutrophisation ne sont toujours pas résolus pour les lacs du Plateau dont les bassins versants présentent une forte densité d'animaux de rente. Dans le bassin versant du lac de Sempach, nous observons de gros efforts et des améliorations au niveau de l'affourragement (fourrages à moins forte teneur en phosphore) et de l'épandage du lisier (chapitre 13, tab.1) et aussi une légère amélioration de la qualité de l'eau (chapitre 12, fig. 2). Dans le bassin versant du ruisseau du Lippenrüti, que nous avons examiné, les couches supérieures du sol sont tellement saturées avec du phosphore, que lors de chaque épisode pluvieux, si les précipitations sont assez importantes, du phosphore peut être dissous et ruisseler (chapitre 13, tab. 2, fig. 3). Dans ces conditions, l'amélioration des techniques agricoles n'a pas – ou seulement avec une grande latence – d'impact sur le ruissellement de phosphore.

Par rapport à l'érosion et à la pollution des eaux, il manque jusqu'à maintenant les bases pour une analyse au niveau national. Dans la région du cas d'étude de Frienisberg, nous estimons le recul de l'érosion – et donc la perte de phosphore lié aux particules érodées – à environ 15 jusqu'à maximum 25 % (chapitre 14).

Quand on essaye de quantifier la réduction des apports de phosphore provenant de sources diffuses dus à l'agriculture, on doit tenir compte du fait que les terrains des deux cas d'étude présentaient des charges supérieures à la moyenne et que des mesures complémentaires avaient été mises en place. Sur des terrains moins fortement chargés en phosphore, on doit compter avec de plus petites réductions. Proportionnellement, les régions avec de grandes charges de phosphore auraient dû présenter un recul surproportionné pour que la moyenne du recul national de 50 % soit atteinte. Dans les régions dont les sols ont été enrichis avec du phosphore et dont la plus grande partie des pertes de phosphore se fait par le ruissellement et les drainages, on doit pour le phosphore – comme pour l'azote – compter avec un temps de latence, de l'ordre de grandeur de plus de dix ans avant de remarquer l'impact des mesures écologiques.

Sur la base des résultats des deux cas d'étude de terrain (chapitres 13, 14) et de calculs de simulation (chapitre 12), et en tenant compte des restrictions évoquées plus haut, nous estimons que la réduction des pertes diffuses de phosphore dues à l'agriculture n'a été que de

10 jusqu'à maximum 30 % depuis 1990–92. Dans ces conditions, l'objectif d'une réduction de 50 % d'ici 2005 ne peut pas être atteint.

Contribution des différentes mesures écologiques

Le recul des fuites de phosphore provenant de l'agriculture de 10 % jusqu'à maximum 30 % n'est pas dû aux seules mesures écologiques resp. PER, mais il y à toute une série d'autres facteurs d'influence. Il est difficile de séparer les uns des autres, l'effet particulier de chaque mesure et des facteurs d'influence. Le facteur d'influence le plus important est la pluviométrie – la quantité et la distribution des précipitations annuelles – elle domine tous les autres paramètres. Seules des séries de mesures sur de longues périodes (dix ans voire plus) peuvent permettre de tirer des conclusions sur la signification de chaque facteur. Les affirmations faites ici ne sont donc que des approximations.

Bilan de fumure équilibré

Comme pour l'azote, nous considérons l'exigence d'un bilan de fumure équilibré comme le pivot central de la réduction de l'excédent de phosphore. Dans le cas d'étude du ruisseau du Lippenrüti, l'excédent de phosphore de près de 50 % a été ramené à la norme dans les dix ans qui ont suivi 1990–92 (chapitre 13, tab. 1). Toutefois, il ne s'agit pas là d'un endroit représentatif de la Suisse, mais d'une région particulièrement polluée. La réduction a moins été atteinte par une diminution du cheptel que par la plus grande utilisation de fourrages écologiques moins riches en phosphore et par les contrats de prise en charge d'engrais de ferme.

Protection appropriée du sol

Une couverture du sol durant toute l'année protège les sols de l'érosion et, par là, les eaux de l'apport de phosphore lié aux particules du sol. Dans le cas d'étude de Frienisberg, nous estimons que l'exigence d'une couverture minimale du sol pendant l'hiver (indice de protection du sol), accompagnée des mesures cantonales d'encouragement pour des procédés de travail du sol sans labour, ont réduit l'érosion de près de 30 % (chapitre 14).

Autres directives PER et mesures écologiques

L'exigence d'un assolement régulier a eu un effet positif mais moindre sur la protection des sols et donc sur les pertes de phosphore dues à l'érosion. Les surfaces de compensation écologiques ne sont placées de façon ciblée à côté des eaux de surface que dans certains cas particuliers (Herzog *et al.* 2005), si bien qu'elles ne font office de zone tampon que rarement. Les surfaces elles-mêmes ne devraient plus être fertilisées ou alors de façon très réduite et, de ce fait, une certaine réduction de la charge en phosphore peut en être la conséquence. Nous n'avons pas explicitement étudié l'effet de conditions de détention respectueuses des animaux de rente sur les pertes de phosphore, mais nous estimons que leur impact est petit.

De même, l'influence des cultures biologiques (110'134 ha en 2003, OFAG 2004) et de la production extensive de céréales et de colza (EXTENSO, 78'425 ha en 2003, OFAG 2004) n'a pas été évalué. Nous supposons que le programme EXTENSO n'a pas d'influence sur les pertes de phosphore. L'influence de la culture biologique sur la quantité de perte de phosphore par l'érosion et le ruissellement n'est pour le moment pas éclaircie. En se basant sur les recherches bibliographiques de Auerswald *et al.* (2003), il semblerait que, même au niveau mondial, peu de recherches aient été effectuées dans ce domaine, seule une étude a démontré un plus petit risque d'érosion lors de culture biologique.

Autres facteurs d'influence

Législation sur l'environnement

En 1992, la révision de la Loi sur la protection des eaux (LEaux) est entrée en vigueur.

Dans les articles 14, 27 et 51 sont formulées les exigences quant à l'utilisation des engrais de ferme (l'épandage, la capacité de stockage, les contrats de prise en charge d'engrais, la charge en unités gros bétail UGB, etc.), l'exploitation des sols et la vulgarisation (Assemblée fédérale 1991). En 1994 sont parues de nouvelles directives concernant la protection des eaux (OFAG/OFEFP 1994). L'Ordonnance sur la protection des eaux de 1999 réglemente, entre autres, les objectifs écologiques pour les eaux, les exigences de qualité de l'eau et les exigences pour les exploitations pratiquant la garde d'animaux de rente (Conseil fédéral 1998b). L'Ordonnance sur les atteintes portées au sol réglemente, entre autres, la protection contre l'érosion (Conseil fédéral 1998c). L'observation de ces lois devrait aussi avoir contribué à une diminution de la charge des eaux en phosphore provenant de l'agriculture. Une évaluation, ou une quantification de leurs influences, n'a été faite par aucune partie.

Mesures régionales

Dans les régions des deux cas d'étude de terrain (ruisseau du Lippenrüti, Frienisberg), des mesures complémentaires ont été prises pour diminuer le ruissellement de phosphore (d'après l'article 62a LEaux) resp. pour protéger le sol (programme cantonal d'encouragement des procédés de travail du sol sans labour). Ces mesures ont été appliquées plus tardivement que les mesures écologiques resp. les PER et ont consolidé leur impact dans ces régions. Au niveau suisse, il n'y a pourtant que trois projets découlant de l'art. 62a de LEaux (lac de Baldegg, lac de Hallwil, lac de Sempach) destinés à diminuer les pertes de phosphore causées par le ruissellement et l'érosion. Des programmes cantonaux volontaires de protection du sol ont été initiés dans les cantons d'Argovie, de Bâle-Campagne, de Berne, de Fribourg et de Soleure, mais, par manque de moyens financiers, ils ont été en partie soit limités, soit abandonnés.

Des prescriptions cantonales de réduction de pertes de phosphore, découlant des exigences des PER, n'existent que dans le canton de Lucerne (Canton de Lucerne 2002). Nous partons du principe que ces efforts faits pour augmenter la qualité de l'eau n'ont encore eu que peu d'effets au niveau national.

Progrès technique, vulgarisation

La tendance observée au niveau suisse d'utiliser des procédés de travail du sol sans labour, rendue possible par les avancées techniques et les avantages économiques, devraient se répercuter sur une diminution de l'érosion du sol. Durant la première moitié des années nonante, le labour était encore la principale méthode utilisée pour la préparation des grandes cultures (Hausheer *et al.* 1998). Depuis, les méthodes de cultures sans labour et en particulier les semis sous litière ont beaucoup gagné en importance. Anken (comm. pers.) estime que, pour le blé, la portion de surface préparée sans labour devrait être d'environ 30 %. L'ensemencement direct, qui est la forme de préparation sans labour la plus utilisée, a passé de 60 ha en 1992 à 11'761 ha en 2004 (Swiss No-Till 2005). Les exigences des PER pour la protection des sols ont sûrement contribué à cette évolution satisfaisante.

Un autre facteur d'influence, qui ne fait pas partie des programmes agro-écologiques, est la diminution du nombre d'animaux de rente (de 1,43 à 1,29 mio. d'UGB entre 1990 et 2002, OFAG 2004) qui a provoqué une réduction de la production d'engrais de ferme et, de là, une diminution de la valeur estimée des apports de phosphore par l'épandage (de 24'200 t de P à 21'000 t de P). La diminution des terres ouvertes de 312'000 ha (1990–1992) à 284'000 ha (2003) pour une surface agricole utile relativement constante (OFAG 2004) a réduit la surface des terres potentiellement touchée par l'érosion.

Nous partons du principe que la sensibilisation des agricultrices et agriculteurs, ainsi qu'une meilleure formation et la vulgarisation ont des répercutions positives sur la gestion de phosphore dans les exploitations. Les PER, et surtout l'obligation de suivre un bilan de fumure équilibré, devraient avoir mené à une prise de conscience dans la manière d'utiliser les engrais minéraux et de ferme. Nous n'avons, bien entendu, pas pu quantifier cette influence.

Connaissances tirées d'autres projets

Dans quatre terrains d'étude du canton de Fribourg, Julien *et al.* (2002) ont constaté que les directives des PER étaient dans l'ensemble bien acceptées par les agriculteurs, et donc aussi bien respectées. La teneur en phosphore d'échantillons d'eau a été mesurée pour quinze emplacements, et elle est restée stable pendant la période d'analyse (1996–2001).

Pour le bassin versant du Greifensee, Prasuhn *et al.* (2004) estiment que 39 % des apports diffus de phosphore dans le lac proviennent de l'érosion, suivi par le ruissellement de particules solubles de phosphore (28 %), de pertes de drainage (11 %) et de la lixiviation (10 %). Si l'on y ajoute le phosphore provenant de sources ponctuelles (élimination des eaux usées) et les apports pédo-géologiques, les eaux du lac sont trop chargées. Des mesures selon l'article 62a LEaux pourraient diminuer les apports provenant de l'agriculture d'un tiers. Des projections jusqu'en 2011 en utilisant différentes hypothèses de politique agricole tendent toutes vers une extensification et provoquent une diminution des apports de phosphore provenant de la production agricole de 20–25 %. Comme la participation de l'agriculture à la charge totale de phosphore du Greifensee n'est que de 35 %, ces réductions ne suffiraient pas pour atteindre la valeur-cible de concentration de phosphore dans le lac.

Des résultats de calculs de simulation d'autres régions (Rhin, lac de Constance, canton de Berne), ainsi que des interprétations de séries de mesures de données de différents lacs (lac de Baldegg, lac de Sempach, Léman, etc.), montrent que partout a eu lieu une diminution des pertes de phosphore provenant de l'agriculture, mais que l'objectif d'une réduction de 50 % n'a pu être atteint nulle part (chapitre 12).

Frossard *et al.* (2004) effectuent un état des lieux sur le thème du phosphore dans le sol en Suisse. Soutenus par des recherches sur des cas d'étude de terrain, ainsi que par des observations de terrain au niveau cantonal ou provenant de réseaux d'exploitations, ils arrivent à peu près à la même conclusion que ce rapport. Ils signalent que, seulement dans peu de localités, la teneur en phosphore disponible pour les plantes est tellement faible que le rendement des cultures pourrait en être affecté. Le plus souvent la majorité des sols examinés présente un indice de saturation en phosphore élevé.

Perspectives et recommandations

Bilan de phosphore

L'objectif d'une réduction au niveau national en ce qui concerne les excédents agricoles de phosphore a été atteint, voire même dépassé. Cela ne doit pas nous faire perdre de vue que, chaque année, on a à faire à un excédent de 6'000 t de phosphore – et cela même si, en fait, les bilans de fumure des exploitations devraient être équilibrés. Le surplus de phosphore s'accumule en majeure partie dans les sols et représente un danger potentiel pour les cours d'eau et les lacs. De plus, le phosphore est une ressource limitée, qui doit être utilisée parcimonieusement.

Il existe plusieurs raisons qui font que le bilan national de phosphore n'est pas équilibré, alors que les bilans d'exploitation qui suivent les directives des PER le sont effectivement. Ainsi, les retombées atmosphériques (350 t de P/année) ne sont pas prises en considération dans les bilans d'exploitation. Sûrement plus significatives par leur importance, les marges de tolérance cumulatives du «Suisse-Bilanz» (+10 % de marge du solde du bilan, d'autres tolérances avec les pertes à la crèche et le bilan du fourrage de base utilisables par les chefs d'exploitation. De surcroît, il faut tenir compte que les valeurs indicatrices données par le «Suisse-Bilanz» se basent sur des conditions optimales de production, qui ne sont souvent pas rencontrées en pratique. Une autre possibilité serait des lacunes dans la mise en application par les autorités d'exécution (voir ci-dessous).

Pour diminuer la divergence entre le bilan national et les bilans de fumure des exploitations, toutes ces causes devraient être testées. Les tolérances inhérentes au «Suisse-Bilanz»

devraient en particulier être reconsidérées. Il est nécessaire d'éviter que cette marge de tolérance soit complètement utilisée chaque année et il faut aspirer à un solde de bilan sur la moyenne de plusieurs années de 100 %.

Application

Nous ne pouvons pas juger dans quelle mesure l'observation des directives liées aux PER pourrait être améliorée par une meilleure mise en application par les autorités d'exécution (vulgarisation, contrôles); mais cette question devrait tout de même être abordée. En 2003, l'observation des directives liées aux PER a été contrôlée dans les deux tiers des exploitations annoncées. Dans 12% des cas, des manquements ont été constatés. Après les lacunes dans l'intégralité et la justesse des enregistrements et après les manquements dans les exigences d'un élevage respectant le bien-être des animaux, on trouvait en troisième position les manquements concernant un bilan de fumure équilibré (OFAG 2004). L'efficacité de l'utilisation d'engrais peut être encore augmentée par une meilleure vulgarisation et l'élaboration d'une aide de planification simplifiée. Pour cela, de nouveaux progrès, en particulier dans les techniques d'épandage des engrais de ferme sur les cultures tout en ménageant l'environnement, sont nécessaires.

Protection du sol

L'importance de la couverture du sol en hiver, comme elle a été atteinte par l'indice de protection du sol, doit être préservée. Si la réglementation technique simplifiée de la protection des sols des PER (Conseil fédéral 1998a), entrée en vigueur depuis 2004, devait provoquer une recrudescence de la mise en culture de jachère nue et un recul des cultures dérobées et des prairies artificielles, et par conséquent une diminution des semis directs et sous litière et une augmentation de l'érosion, alors l'indice de protection du sol devrait être réintroduit.

Mesures régionales

Dans les cours d'eau et les lacs qui sont encore et toujours trop pollués par le phosphore, les apports diffus provenant de l'agriculture en restent le plus souvent la cause principale. Ici, la réalisation de projets complémentaires d'après l'art. 62a de la LEaux peut engendrer une amélioration. Dans ces projets, l'accent doit être particulièrement mis sur l'assainissement des terrains particulièrement sursaturés de phosphore. Nous conseillons, dans ces cas-là, une fumure spécifique à chaque parcelle, qui tiendrait en particulier compte de la teneur en phosphore du sol (ne pas tenir compte totalement des besoins des cultures en phosphore pour les terrains qui sont déjà sursaturés en phosphore). Il convient également d'explorer le retournement et le réensemencement des parcelles d'herbages permanents fortement sursaturées, pour que le phosphore qui s'est accumulé dans les derniers centimètres du sol puisse mieux se répartir dans les couches superficielles (Schärer 2003). Pour ces cas, les risques doivent être soigneusement calculés et une érosion supplémentaire ou une lixiviation de l'azote pendant le retournement et la phase de rétablissement doivent être évités.

Dans les régions fortement polluées avec du phosphore, la véritable cause des excédents de phosphore est la forte densité des animaux sur de petites surfaces. Depuis les années soixante, le développement interne a été conseillé aux agricultrices et agriculteurs de ces régions pour des raisons économiques. Après qu'ils aient suivi cette recommandation, on a vu les problèmes environnementaux qui en ont résulté. Ceux-ci peuvent être résolus à court terme par des mesures techniques (préparation des engrais de ferme, contrat de cession des engrais de ferme, etc). Toutefois, nous ne considérons pas de telles mesures comme durables, à moyen ou long terme le nombre d'animaux doit absolument baisser. Avec l'encouragement du développement interne, la politique agraire a pris une responsabilité et maintenant elle doit développer des alternatives socialement supportables.

Récapitulatif

Dans l'ensemble, nous constatons une incidence positive des PER par rapport aux pertes de phosphore, même si l'objectif d'une réduction de 50 % ne pourra pas être atteint. Chaque année présente un excédent de 6'000 t de phosphore, bien que les bilans de fumure des exploitations soient censés être équilibrés. Pour réduire cette divergence et continuer à diminuer les pertes de phosphore provenant de l'agriculture, les exigences actuelles concernant la gestion de phosphore dans les PER doivent être maintenues, certaines exigences doivent être ponctuellement accentuées, la vulgarisation et les contrôles doivent s'intensifier. Dans les régions problématiques, les PER doivent être soutenues par des projets efficaces se basant sur l'art. 62a de LEaux. En appliquant des mesures complémentaires pour remplir les objectifs écologiques encore non atteints, on ouvre un conflit d'intérêt quant 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 et de recherches

Besoins d'évaluation et de clarification

Comme décrit plus haut, il existe une divergence manifeste entre le fait que pratiquement toutes les exploitations agricoles suisses doivent présenter un bilan de fumure équilibré («Suisse-Bilanz») dans le cadre des PER et l'excédent national du bilan de phosphore de plusieurs milliers de tonnes de phosphore. Les raisons de cette contradiction devraient être éclaircies. D'un côté, le «Suisse-Bilanz» devrait être testé dans sa conception, p. ex. quant à l'utilisation du cumul des différentes marges de tolérance et, d'autre part, pour des exploitations modèle avec différentes orientations de production, le bilan de fumure devrait être calculé d'après le «Suisse-Bilanz» et par des bilans d'évaluation classiques (p. ex. le bilan de Hoftor), et les résultantes des soldes des bilans comparés. Du côté du bilan national de phosphore, la marge d'erreur du solde du bilan devrait être estimée pour pouvoir évaluer de manière fiable l'ampleur de l'écart avec un bilan national équilibré. Suite aux résultats de ces clarifications méthodiques, le «Suisse-Bilanz» pourrait être, le cas échéant, optimisé ou des alternatives pourraient être trouvées dans l'évaluation des bilans, adaptées à chaque exploitation.

Les projets d'évaluation de la Confédération dans leur forme actuelle ne se poursuivront pas. Dans le cadre des indicateurs agro-environnementaux (OFAG 2002), le bilan national de phosphore sera toujours calculé selon l'ancienne méthode ou celle de l'OCDE et mis à disposition chaque année. L'OFEFP va également poursuivre les séries de mesures de la «Surveillance nationale en continu des cours d'eau suisses (NADUF)». Un indicateur de la teneur en phosphore des lacs, sur la base de séries de mesures nationales et cantonales déjà existantes, est également prévu. De plus, des indicateurs de monitoring des risques d'érosion et de la teneur en phosphore des sols des terres agricoles sont en discussion (Gaillard *et al.* 2003). La FAL va continuer l'analyse du terrain d'étude de Frienisberg (chapitre 12) jusqu'au moins en 2007, pour dresser des cartographies de la progression de l'érosion dans le temps, et ce sur une assez longue période pour que les effets des mesures des exploitations puissent être distingués des conditions météorologiques annuelles. La région sert aussi de site de référence pour, le cas échéant, le développement à venir d'indicateurs agro-environnementaux. Pour le terrain d'étude du ruisseau du Lippenrüti, la FAL prévoit d'autres études ciblées sur la dynamique du phosphore dans les régions fortement polluées.

Il manque des données représentatives sur l'agriculture suisse pour cerner l'étendue et la signification, ainsi que l'évolution dans le temps, des mesures concernant les techniques de production (p.ex. système de travail du sol, quantité d'éléments nutritifs utilisés, rotation des cultures, parts des aliments écologiques pour les animaux de rente). Des connaissances sur le développement des techniques de production sont indispensables pour interpréter les

changements dus à leurs incidences écologiques sur le secteur agricole. Une partie de ces données va probablement être prélevée du cadre du projet «dépouillement centralisé des bilans écologiques des exploitations agricoles individuelles» (Pfefferli *et al.* 2001).

Besoins de recherche

Dans le domaine des PER et du bilan de l'azote provenant de l'agriculture les besoins de recherches avant tout nécessaires sont les suivants :

- En raison des grandes réserves de phosphore sur les terres agricoles à forte densité animale, il est prévisible que la problématique du phosphore dans la région des lacs du Plateau ne puisse être résolue à court terme. Dans le cadre de recherches appliquées, il faudrait tester quelles mesures peuvent engendrer un appauvrissement des sols en phosphore ou un mélange des couches superficielles des sols, sans pour autant provoquer d'autres dégâts environnementaux indésirables. De même, toujours dans l'esprit d'une lutte temporaire contre les symptômes, il faut développer des méthodes efficaces de préparation des engrais de ferme, si possible couplées avec une production d'énergie (biogaz). Le produit des engrais de ferme ainsi transformés se trouve sous une forme transportable, qui peut être évacuée des régions à forte charge en éléments nutritifs due à la grande densité animale.
- A moyen et long terme, les problèmes des régions fortement polluées ne peuvent être résolus de façon durable que si la densité animale peut y être réduite. Pour cela, il faut développer des alternatives sociales supportables et économiquement souples, qui tiennent compte du cadre de la problématique du développement agricole. De telles alternatives demandent une collaboration interdisciplinaire au niveau des projets d'étude.
- On ne connaît pratiquement rien, quant aux effets possibles de l'agriculture biologique sur le cycle et les pertes de phosphore (ruissellement, érosion) (Auerswald *et al.* 2003). Ces relations devraient être étudiées par comparaison avec les autres systèmes de culture.
- Des procédés de travail du sol sans labour sont sans aucun doute une précieuse contribution au recul de l'érosion. Mais il existe encore et toujours des problèmes non résolus dans les domaines de la lutte contre les mauvaises herbes et les maladies des plantes (p. ex. fusariose), qui limitent l'application de ces mesures. Des efforts de recherches dans ces domaines peuvent permettre l'évaluation de ces limitations et optimiser les procédés de travail du sol sans labour.
- L'observation selon laquelle la dynamique du phosphore dans le ruisseau du Lippenrüti s'est beaucoup modifiée depuis l'an 2000 (Lazzarotto *et al.* 2005) engendre des questions de recherches fondamentales. L'interaction habituelle entre le débit et les concentrations de phosphore lors de crues n'existe plus. Par contre, il existe des concentrations de phosphore extraordinairement hautes dans le débit de base pendant la période de végétation. De plus, pendant ces périodes, on assiste depuis peu à de grosses variations journalières des concentrations de phosphore et d'azote. Cette dynamique a aussi pu être observée dans un autre affluent du lac de Sempach, mais n'a pas pu être expliquée de façon satisfaisante (Müller *et al.* 2003). L'étude de ce phénomène pourrait contribuer à une meilleure compréhension des processus impliqués dans les pertes de phosphore des sols agricoles, en particulier par rapport à la signification des facteurs d'influence comme les propriétés du sol (type de sol, etc.), la teneur en phosphore du sol et la fraction de phosphore.

Ainsi, avec le phosphore, on a aussi bien besoin de faire de la recherche orientée sur les applications que de la recherche fondamentale. Là-dessus, vient se greffer – comme pour l'azote – la question de l'optimisation du système d'exploitation agricole lors de conflits d'intérêt. Des conflits d'intérêt, on en trouve par exemple lors de la diminution du travail du sol, qui a certes une répercussion positive sur la protection du sol, mais qui augmente la pression des maladies et des mauvaises herbes. Un autre exemple se trouve dans l'épandage du lisier.

Pour éviter le ruissellement de phosphore, le lisier doit être épandu par temps sec, alors que pour obtenir une réduction des pertes d'ammoniac, il serait mieux de l'épandre par temps humide ou même lors de faibles précipitations. Dans la résolution de la problématique de phosphore, on doit tenir compte du fait que les exploitations agricoles sont complexes et qu'en général les mesures se répercutent sur plusieurs secteurs. Dans la comparaison des avantages et des désavantages, les chefs d'exploitation ont besoin d'une aide dans la gestion des conflits d'intérêt.

Bibliographie

Assemblée fédérale, 1991. Loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux. Berne, RS 814.20.

Auerswald K., Kainz M. et Fiener P., 2003. Soil erosion potential of organic versus conventional farming evaluated by USLE modelling of cropping statistics for agricultural districts in Bavaria. Soil Use and Management 19, 305–311.

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.

Conseil fédéral, 1998c. Ordonnance du 1er juillet 1998 sur les atteintes portées aux sols. Berne, RS 814.12.

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.

Frossard E., Julien P., Neyroud J.-A. et Sinaj S., 2004. Le phosphore dans les sols. État de la situation en Suisse. Le phosphore dans les sols, les engrais, les cultures et l'environnement. OFEFP, Cahiers de l'Environnement 368, Berne, 180 pp.

Gaillard G., Daniel O., Desaules 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.

Hausheer J., Rogger C., Schaffner D., Keller L., Freyer B., Mulhauser G., Hilfiker J. et Zimmermann A., 1998. Ökologische und produktionstechnische Entwicklung landwirtschaftlicher Pilotbetriebe 1991 bis 1996 – Schlussbericht der Nationalen Projektgruppe Öko-Pilotbetriebe. Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), Tänikon. 170 S.

Herzog F., Dreier S., Hofer G., Marfurt C., Schüpbach B., Spiess M. et Walter T., 2005. Effect of ecological compensation areas on floristic and breeding bird diversity in Swiss agricultural landscapes. Agriculture, Ecosystems and Environment 108(3), 189–204.

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'envrionnement du canton de Fribourg.

Kanton Luzern, 2002. Verordnung über die Verminderung der Phosphorbelastung der Mittellandseen durch die Landwirtschaft. http://www.lawa.lu.ch/verordnung703a.pdf

Lazzarotto P., Prasuhn V., Butscher E., Crespi C., Flühler H. et Stamm C., 2005. Phosphorus export dynamics from two Swiss grassland catchments. Journal of Hydrology Vol. 304, 139–150.

Müller B., Reinhardt M. et Gächter R., 2003. High temporal resolution monitoring of inorganic nitrogen load in drainage waters. Journal of Environmental Monitoring 5, 1–7.

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.

Pfefferli S., Grar M., Nemecek T. et Gaillard G., 2001. Monitoring und Management der potenziellen Umweltwirkungen der Landwirtschaft. Machbarkeitsstudie zur zentralen Auswertung einzelbetrieblicher Ökobilanzen. Agroscope FAT Tänikon.

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.

Schärer M. , 2003. The influence of processes controlling phosphorus availability on phosphorus losses in grassland soils. Diss 15312 ETHZ. 140 S.

Swiss No-Till, 2005. http://www.no-till.ch