L'ÉCOCONDITIONNALITÉ RÉDUIT LA POLLUTION AZOTÉE ET PHOSPHATÉE PROVOQUÉE PAR L'AGRICULTURE SUISSE

Ernst Spiess*, Volker Prasuhn, Walter Richner et Felix Herzog
Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Reckenholzstrasse 191, CH-8046 Zurich
Tel. +41 44 377 73 49, ernst.spiess@art.admin.ch

Environmental cross-compliance mitigates nitrogen and phosphorus pollution from Swiss agriculture

In 1993 Swiss agricultural policy was revised with – amongst other goals – the objective of improving the environmental performance of agriculture. A voluntary agri-environmental scheme to promote integrated production (IP) was introduced. In 1999 the IP standards were integrated in cross-compliance requirements and termed Proof of Ecological Performance (PEP). We evaluated the effectiveness of this policy in terms of reducing diffuse nitrogen (N) and phosphorus (P) pollution of ground- and surface water. We combined monitoring schemes covering the reference period from before the introduction of IP / PEP (1990-92) with the evaluation of cause/effect relationships in selected case-study areas. The evaluation showed an overall reduction of diffuse N and P pollution from agriculture even though some goals were not reached. Nitrate leaching declined, but only a 3-4 mg L^{-1} reduction was observed rather than the intended decrease of 5 mg L^{-1}. The P pollution of surface waters from agriculture decreased by only 10-30% instead of 50%. The intended reduction of the nitrogen surplus of Swiss agriculture by 33% was not attained, but the P surplus of Swiss agriculture was more than halved. IP / PEP practices that improved N and P management included reduced N and P fertiliser inputs and pig and poultry feedstuffs with reduced N and P contents, both of which are a consequence of the requirement of equilibrated farm nutrient balances, as well as increased use of cover cropping and of conservation-tillage systems.

Introduction

L'intensification croissante de la production agricole depuis la deuxième guerre mondiale a conduit à une augmentation massive de la production agricole. Cette évolution a permis d'assurer l'approvisionnement de la population en denrées alimentaires à des prix toujours plus bas. Un tel progrès a néanmoins ses inconvénients: les dépenses publiques nécessaires au soutien du secteur agricole ont augmenté, de même que la pollution de l'environnement. C'est pourquoi, un processus de réorientation de la politique agricole commençait à la fin des années huitante. En 1993, le gouvernement suisse a remplacé partiellement les subventions pour les produits agricoles par des paiements directs. Une part de ces payements directs a été liés à des programmes écologiques comme la production intégrée (PI), l'agriculture biologique (Bio), la production extensive des céréales et de colza (sans fongicides, insecticides et raccourcisseurs de paille) et les surfaces de compensation écologique (prairies et pâturages extensives, haies, jachères florales etc.). En 1996, l'intégration de l'écoconditionnalité dans la Constitution fédérale était acceptée par votation populaire. Par la suite, les directives pour la production intégrée étaient intégrées en grande partie dans l'écoconditionnalité et celle-ci est nommée les prestations écologiques requises (PER). Depuis 1999 en vigueur, les PER sont la condition à remplir par les exploitations pour avoir droit à tous les paiements directs, quels qu'ils soient, et pas uniquement écologiques (Ordonnance sur les paiements directs, 1998). La participation des agriculteurs aux programmes n'a cessé de croître, de sorte qu'aujourd'hui 97 % de la surface agricole utile totale de la Suisse est exploitée selon les règles des PER (fig. 1). La majorité des trois pourcents restants sont exclus du système des paiements directs principalement pour des raisons formelles (p. ex. situation de propriété, de revenu ou de l'âge du chef d'exploitation) et ne sont donc pas tenus de remplir les PER.

Les mesures écologiques des prestations écologiques requises

Les PER réunissent un nombre de mesures (Ordonnance sur les paiements directs, 1998), parmi lesquelles certaines visent explicitement la réduction de l'azote et du phosphore émis par l'agriculture:

- Bilan de fumure équilibré: les apports d'engrais dans l'ensemble de l'exploitation ne doivent pas dépasser les besoins des plantes en azote et en phosphore de plus de 10 %.
- Assolement régulier: un choix approprié des cultures contribue à réduire l'érosion, le ruissellement superficiel et la lixiviation.

- Protection appropriée du sol: il s'agit de réduire l'érosion en augmentant la couverture végétale du sol en hiver.

Une autre mesure des PER peut également influencer les flux des éléments nutritifs:

- Part équitable de surfaces de compensation écologique (au minimum 7 % de la surface agricole utile de l'exploitation, respectivement au minimum 3,5 % pour les cultures intensives): ces surfaces doivent servir en premier lieu à promouvoir la biodiversité. Mais comme elles ne doivent pas être fertilisées ou seulement très peu, elles peuvent également contribuer à réduire les pertes en éléments nutritifs.

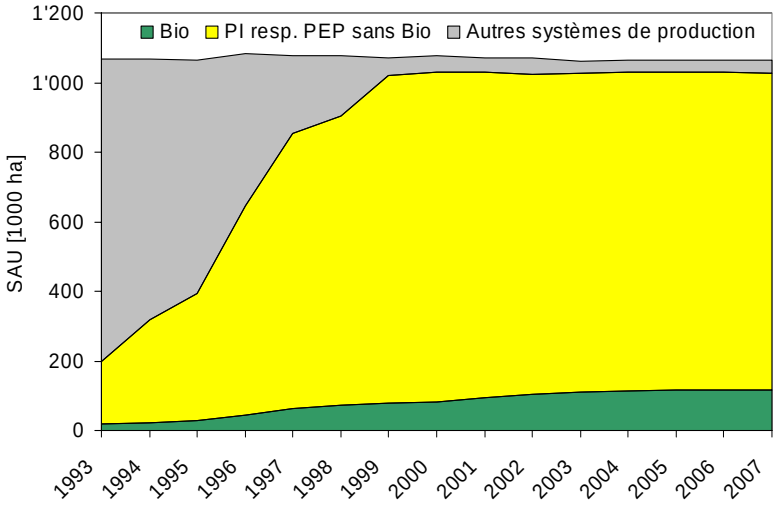

Figure 1 - Evolution de la surface agricole utile exploitée selon les règles de la production intégrée (PI) ou des prestations écologiques requises (PEP, depuis 1999) et de l'agriculture biologique (Bio).

Objectifs environnementaux

Les PER avaient pour but d'atteindre plusieurs objectifs environnementaux. En 1995, des objectifs de la mise en œuvre et des objectifs liés aux effets à atteindre ont été formulés (Forni ***et al.***, 1999). Ces objectifs environnementaux devaient être atteints d'ici 2005, la référence choisie étant 1990-92, les trois années avant l'introduction des paiements directs. Le tableau 1 donne une vue d'ensemble des objectifs dans les domaines de l'azote et du phosphore.

Tableau 1 - Objectifs environnementaux relatifs à l'azote et au phosphore.

Azote:

- Réduction de 33 % de l'excédent d'azote selon le bilan national des entrées et des sorties
- Réduction moyenne de la teneur en nitrate (NO_3) des eaux souterraines de 5 mg NO_3 l^{-1}

Phosphore:

- Réduction de 50 % de l'excédent du phosphore selon le bilan national des entrées et des sorties
- Réduction de 50 % de la charge des eaux de surface en phosphore provenant de l'agriculture

La réalisation de ces objectifs a été contrôlée à l'aide de projets d'évaluation. Ces derniers ont été lancés au milieu des années nonante et comprenaient des éléments de monitoring nationaux ainsi que des études de cas afin d'étudier les relations de causes à effets. Ci-après nous présentons quelques résultats des projets réalisés à notre station de recherche (Herzog ***et al.***, 2005 et 2008).

Azote

L'évolution dans le temps de l'excédent d'azote dans l'agriculture suisse a été étudiée à l'aide du bilan des entrées et des sorties (Spiess, 2005a). Les calculs pour l'année 2005 ont donné un excédent de 96 kg N ha^{-1} (fig. 2). De 1980 à 2005, l'excédent a baissé de quelques 40 kg N ha^{-1}, ce qui s'explique notamment par la réduction des importations d'aliments fourragers, la diminution des retombées atmosphériques d'azote et enfin par l'utilisation moins importante des engrais minéraux. Les premières années qui ont suivi l'introduction des paiements directs, la baisse de l'excédent a été particulièrement importante. Par contre, de 1997 à 2005, on n'a pu observer aucune baisse

supplémentaire. C'est pourquoi on n'a pas atteint l'objectif fixé, à savoir une réduction de 40 kg N ha^{-1} de l'excédent entre 1990-92 et 2005. En effet, la réduction était seulement d'environ 25 kg N ha^{-1}.

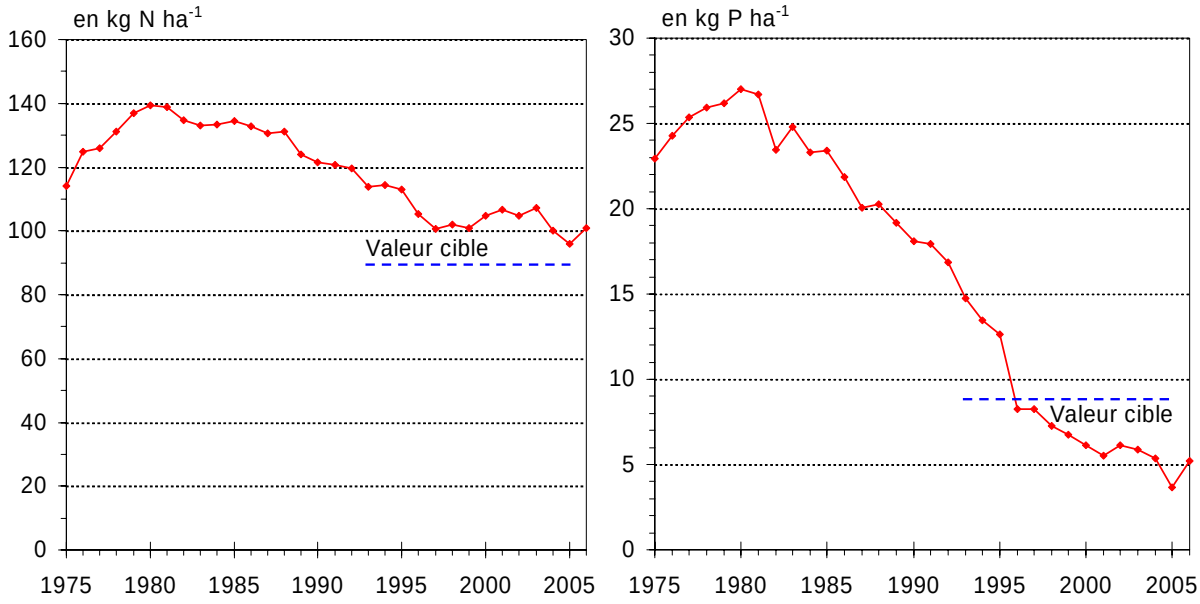

Figure 2 - Excédents d'azote et de phosphore entre 1975 et 2006 et valeurs cibles pour 2005 (ramené à la surface agricole utile).

Les modifications de la teneur des eaux souterraines en nitrates ont été appréhendées à l'aide d'une série temporelle de données dans le canton de Berne (Spiess, 2005b). Cette méthode permet de contrôler si l'objectif d'une réduction de 5 mg NO_3 l^{-1} de la teneur en nitrate des eaux souterraines pouvait atteint entre 1990 et 2005. Jusqu'en 2004, la teneur en nitrate a baissé en moyenne de 3,2 mg NO_3 l^{-1} pour atteindre une valeur de 16,5 mg NO_3 l^{-1} dans 182 captages d'eau dont le bassin versant était exploité par l'agriculture, en totalité ou en partie (tab. 2). A titre de comparaison, la teneur en nitrate relevée dans 41 captages dont les bassins hydrologiques étaient situés en forêt et dans des surfaces sans végétation est restée constante sur un niveau de 7 mg NO_3 l^{-1}. Sur le Plateau et dans les Préalpes, la teneur en nitrate des captages dont le bassin hydrologique fait l'objet d'une exploitation agricole a diminué de manière significative, ce qui n'est pas le cas dans le Jura, ni dans les Alpes. Si la tendance est restée inchangée, l'objectif de réduction ne pouvait donc être atteint que dans le Plateau et les Préalpes, mais pas dans l'ensemble du canton de Berne.

Tableau 2 - Teneurs moyennes en nitrates dans les captages du canton de Berne avec ou sans influence agricole dans le bassin versant.

Catégorie Région	Teneur en nitrate (mg NO_3 l^{-1}) 1990-92	1993-95	1996-98	1999-01	2002-04	Difference[1)]	Nombre de captages
Bassins versants avec agriculture	19,7	20,2	18,7	17,8	16,5	-3,2	182
Alpes	2,3	2,5	2,6	2,3	2,6	+0,3	39
Préalpes	20,6	20,8	18,7	17,3	16,2	-4,4	53
Plateau	28,8	29,6	27,6	26,7	24,4	-4,4	81
Jura	9,0	8,9	9,1	7,9	7,9	-1,1	9
Bassins versants sans agriculture	7,0	7,2	7,2	6,8	6,9	-0,1	41

[1)] Différence entre les périodes 1990-92 et 2002-04

Le calcul de la lixiviation des nitrates sous les surfaces agricoles et non agricoles du canton de Berne à l'aide du modèle de flux de matières MODIFFUS a permis de constater une baisse d'environ 12 % entre 1990 et 1999. La modification de la répartition des grandes cultures, c.-à-d. la mise en place croissante de cultures engendrant une plus faible lixiviation des nitrates, ainsi que l'utilisation plus limitée des engrais azotés dans les grandes cultures ont largement contribué à cette réduction, à

raison de 4 % chacune (tab. 3). Par ailleurs, la mise en place accrue de cultures dérobées a également contribué à réduire fortement la lixiviation des nitrates.

Tableau 3 - Réduction estimée de la lixiviation des nitrates entre 1990 et 1999 suite à différents facteurs d'influence (en % de la quantité de N lixivié en 1990 sous toutes les surfaces du canton de Berne et sous les terres assolées).

Facteur d'influence	Toutes les surfaces	Terres assolées
Modification de la répartition des cultures dans les grandes cultures	4 %	7 %
Réduction de l'utilisation des engrais azotés dans les grandes cultures	4 %	7 %
Augmentation des cultures dérobées	3 %	6 %
Réduction des retombées atmosphériques d'azote	1 %	< 1 %
Extensification de la production fourragère	< 1 %	-
Total	12 %	20 %

Phosphore

Le développement dans le temps de l'excédent de phosphore provenant de l'agriculture suisse a été aussi étudié à l'aide d'un bilan des entrées et des sorties (Spiess, 2005c). Entre 1980 et 2005, l'excédent a diminué d'environ de 24 kg P ha^{-1} (fig. 2), ce qui est principalement dû à la réduction massive de l'utilisation des engrais minéraux et à la diminution des importations d'aliments fourragers. L'objectif d'une réduction de l'excédent de P de 9 kg P ha^{-1} était déjà atteint en 1996. Bien que les bilans de P de 97 % des exploitations agricoles suisses soient censés être équilibré, il y a toujours actuellement un excédent annuel d'à peu près 5 kg P ha^{-1}.

La qualité des eaux superficielles par rapport au phosphore s'est nettement améliorée ces dernières décennies, en particulier dans les grands lacs. Cette évolution est en premier lieu due au raccordement d'une grande partie des ménages et des industries aux stations d'épuration, à l'amélioration des performances d'épuration des dites stations d'épuration et à l'interdiction d'utilisation des phosphates dans les lessives. Il est difficile de déterminer la part de l'agriculture dans cette évolution satisfaisante. Aujourd'hui, la charge en P des eaux superficielles est principalement due au ruissellement de P soluble (avant tout des herbages) et à l'érosion de P particulaire (avant tout des terres assolées).

L'entraînement par ruissellement et le drainage des prairies intensives étaient étudiés dans le bassin versant du ruisseau du Lippenrüti, un affluent du lac de Sempach dans la Suisse centrale (Prasuhn et Lazzarotto, 2005). On a évalué l'effet des mesures écologiques par une analyse minutieuse de l'évolution de l'occupation des sols et la charge quantifiée en phosphore du ruisseau. Dans cette région avec une haute densité de bétail, nous avons observé de nets efforts de la part des agriculteurs dans l'affouragement (utilisation renforcée d'aliments appauvris en phosphore) et dans l'épandage du lisier. Une simulation précipitations-ruissellement liée à un modèle de phosphore a démontrée pour la période de végétation de l'année 1999, qu'en moyenne seul 10 % des apports de phosphore provenaient directement de l'épandage du lisier (entraînement du lisier par le ruissellement de surface). Autour de 90 % des pertes de phosphore provenaient du sol, car la couche superficielle du sol est tellement saturée en phosphore que, lors de précipitations, ce dernier peut se dissoudre et ruisseler soit directement, soit par les drainages dans le ruisseau du Lippenrüti. A cause de la grande accumulation de phosphore dans les sols, l'effet des mesures écologiques ne peut être perceptible qu'après des dizaines d'années. Dans ces conditions, l'objectif d'une diminution de 50 % des pertes de phosphore d'origine agricole ne pouvait pas être atteint. Les pertes de phosphore d'origine agricole ont régressé d'environ 30 % entre 1992 et 2003, mais on n'a pas constaté de diminution statistiquement confirmée de la charge en phosphore du ruisseau.

L'érosion du sol est la source la plus importante d'apport de phosphore dans les régions de grandes cultures intensives. Sur un terrain d'étude du canton de Berne (région de Frienisberg), on a tenté de démontrer l'effet des mesures écologiques, par un monitoring des dégâts provoqués par l'érosion, par l'occupation des sols et le travail du sol ainsi que par une simulation mathématique (Prasuhn, 2005).

Les relevés des dommages ont démontré que la moyenne des pertes de sols de 1998 à 2004 était de 15 % plus basse que celle de 1987 à 1989. Alors que, dans cette période, la plus grande partie de la perte de volume a été érodée pendant le semestre d'été, entre 1998 à 2004, la perte due à l'érosion était nettement plus grande pendant le semestre d'hiver (tab. 4). D'une part, les procédés de travail du sol sans labour (semis direct, semis sur bandes fraisées, semis sous litière avec complément de

mulch enrichi) ont nettement augmenté pour les cultures de printemps. D'autre part, il existe une tendance générale à l'augmentation des précipitations en hiver. En outre, des machines de récoltes lourdes provoquent des tassements et des dommages à la structure du sol en automne.

L'érosion dans le terrain d'analyses a été calculée suivant la simulation de l'Équation Universelle des Perte en Terre (EUPT). Le risque d'érosion pondéré par rapport à la surface s'élevait en 1987 à 5,9 t ha^{-1} et pour la période 1998 à 2004 à 4,6 t ha^{-1}. Le recul de près de 23 % est en grande partie dû aux modifications du facteur C (facteur de gestion des récoltes) de l'EUPT.

Avant tout, et en raison de l'augmentation des procédés de travail du sol sans labour et de l'augmentation des cultures dérobées, les pertes de sol ont diminué de 15 à 30 % depuis l'introduction des mesures écologiques. L'objectif d'une réduction de 50 % des pertes de phosphore par l'agriculture n'a pas pu être atteint.

Tableau 4 - Comparaison de quelques résultats des relevés des dommages causés par l'érosion sur le terrain d'étude de Frienisberg pour les périodes 1987-89 et 1998-2004.

	1987-1989 Moyenne sur 3 ans	1998-2004 Moyenne sur 7 ans
Surfaces endommagées par l'érosion (% des terres assolées)	16	15
Volume de perte de sol (t ha^{-1} de l'ensemble des terres assolées)	0,71	0,62
Part due à l'érosion linéaire (%)	67	70
Part due à l'érosion en nappe (%)	33	30
Part du semestre d'été / cultures de printemps (%)	65	46
Part du semestre d'hiver / cultures d'automne (%)	35	54
Apport de matériel d'érosion dans les eaux (%)	10-20	21

Efficacité des mesures des PER

Nous considérons que l'exigence d'un bilan de fumure équilibré dans l'exploitation agricole représente un aspect central de la réduction des excédents d'éléments nutritifs. Les calculs de modèle établis montrent que cette mesure a contribué à une réduction substantielle de la lixiviation des nitrates pour des rendements largement équivalents dans les grandes cultures. Elle a sans aucun doute contribué à ce que les agriculteurs utilisent les engrais de ferme et les engrais minéraux de manière plus réfléchie. Les mesures de protection du sol se sont également avérées efficaces. Nous estimons qu'elles ont aussi contribué à réduire la lixiviation des nitrates. Mais ces mesures contribuent avant tout à limiter l'érosion. Les teneurs des sols en phosphore sont trop élevées sur de nombreux sites. Ces sites ne peuvent atteindre un niveau d'approvisionnement en phosphore plus respectueux de l'environnement que si la fumure tient compte des résultats des analyses de sol.

Références bibliographiques

FORNI, D. *et al.*, 1999, Evaluation der Ökomassnahmen und Tierhaltungsprogramme. *Agrarforschung* vol. 6, p. 107-110.

HERZOG, F. *et al.*, 2005, Mesures écologiques: un effet modérément positif. *Revue suisse Agric.*, vol. 38, p. 63-68.

HERZOG, F. *et al.*, 2008, Environmental cross-compliance mitigates nitrogen and phosphorus pollution from Swiss agriculture. *Environ. Sci. Pol.*, vol. 11, p. 655-668.

Ordonnance sur les paiements directs, 1998, *RS 910.13 Ordonnance du 7 décembre 1998 sur les paiements directs versés dans l'agriculture*, Berne, 54 p., www.admin.ch/ch/f/rs/c910_13.html.

PRASUHN, V., 2005, Charge des eaux de surface en phosphore due à l'érosion. *Les cahiers de la FAL*, 57, p. 108-119.

PRASUHN, V., LAZZAROTTO, P., 2005, L'entraînement par ruissellement du phosphore des herbages du bassin versant du lac de Sempach. *Les cahiers de la FAL*, n° 57, p. 95-107.

SPIESS, E., 2005a, Le bilan de l'azote en Suisse. *Les cahiers de la FAL*, n° 57, p. 26-31.

SPIESS, E., 2005b, Lixiviation des nitrates et évolution de la teneur des eaux souterraines en nitrates dans le canton de Berne. *Les cahiers de la FAL*, n° 57, p. 41-48.

SPIESS, E., 2005c, Le bilan du phosphore en Suisse. *Les cahiers de la FAL*, n° 57, p. 82-85.