

> Flux d'azote en Suisse

Une analyse des flux de matière pour l'année 2005

*Résumé de la publication «Stickstoffflüsse in der Schweiz»
www.umwelt-schweiz.ch/uw-1018-d*

> Avant-propos

Les composés azotés réactifs ont une importance essentielle dans l'environnement. Ils sont libérés en quantités considérables par les activités humaines. Leurs propriétés physiques et chimiques, et donc leur impact sur l'environnement, sont en outre radicalement modifiés sous l'effet de processus de transformation naturels et techniques. Le compartiment environnemental considéré joue néanmoins un rôle déterminant: par exemple, si l'effet fertilisant des sels d'ammonium est recherché dans les sols agricoles, ce même effet est indésirable dans les eaux, car il contribue à leur surfertilisation.

L'objet de cette étude est d'identifier et de quantifier les principaux flux de composés azotés entre les différents compartiments environnementaux. Une étude similaire avait été menée en 1994. Contrairement à cette ancienne version, la méthode appliquée ici est celle de l'«analyse des flux de matière au niveau suisse». De nouveaux flux d'azote ont été intégrés, et les données actualisées. Outre une description de la situation en 2005, le présent travail fait aussi une comparaison avec la situation de 1994. A cet effet, les données de l'ancienne étude ont été adaptées à la présentation de la nouvelle méthodologie. Une série de cas particulièrement pertinents ont été choisis pour suivre les évolutions sur la période de 1994 à 2005 et interpréter les modifications.

Certains flux de matière importants ont diminué entre 1994 et 2005. Les émissions d'oxydes d'azote dues aux combustions et aux transports ont été pratiquement divisées par deux. En outre, l'apport d'engrais de ferme sur les terres agricoles a aussi diminué, tout comme l'emploi d'engrais minéraux, et les émissions dans l'atmosphère dues à l'élevage de bétail. De même, les émissions d'azote des stations d'épuration ont été réduites grâce à un programme ciblé. Toutefois, quelques flux d'azote non négligeables ont augmenté dans le même temps, comme les importations de matières fourragères.

Des modifications des flux d'azote sont à prévoir, par exemple avec l'utilisation croissante de la biomasse à des fins énergétiques. Les bilans d'azote pour 2005 des sous-groupes agriculture et sylviculture, fabrication et utilisation de produits, environnement et gestion des déchets servent donc de base pour la suite des travaux.

Cette publication a pu être réalisée grâce aux connaissances et à la collaboration de divers services et de nombreuses personnes. Nous saisissons cette occasion pour remercier en particulier Agroscope Reckenholz, l'EPF et l'Eawag pour avoir mis à disposition des données et des informations sur les flux de matière dans le secteur de l'agriculture et de l'hydrologie. Enfin, nos remerciements s'adressent également aux nombreuses personnes qui nous ont fourni des informations des cantons, des bureaux de conseil et du secteur de l'industrie et de l'artisanat.

Gérard Poffet
Sous-directeur
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

> Résumé

Situation initiale

Par les multiples formes qu'il revêt et grâce à sa fonction d'élément fertilisant, l'azote joue un rôle clé pour l'ensemble de la nature organique. C'est un élément constitutif essentiel pour la production de protéines et donc pour notre alimentation. Cependant, au cours des dernières décennies et des évolutions intervenues dans le domaine des transports, de l'industrie, des ménages et de l'agriculture, les activités humaines ont émis de grandes quantités de composés azotés réactifs dans l'air, dans les sols et dans l'eau qui ont considérablement perturbé les concentrations dans l'environnement. Les émissions dans les différents milieux de composés azotés comme l'ammoniac/ammonium ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), le monoxyde et le dioxyde d'azote (NO , NO_2), etc. sont sources de nuisances pour l'homme, les animaux et les plantes ainsi que pour leurs biocénoses. Le protoxyde d'azote (N_2O , gaz hilarant) et le trifluorure d'azote (NF_3) sont de puissants gaz à effet de serre qui contribuent au réchauffement climatique. Le nitrate (NO_3^-) – un élément nutritif des plantes – est important en toxicologie humaine et conduit à la sur-fertilisation des eaux superficielles, y compris dans les mers peu profondes (mer du Nord).

Situation initiale

En 1993, la Commission fédérale de la protection des eaux a analysé pour la première fois le bilan de l'azote en Suisse. Par la suite, le «Groupe de projet Bilan de l'azote en Suisse», mis en place par les Départements de l'Intérieur et de l'Economie publique, a réalisé une vue d'ensemble de la gestion de l'azote en Suisse en 1994 et développé une stratégie de réduction des émissions d'azote. Les mesures proposées ont été partiellement mises en œuvre au moyen des politiques agricoles et environnementales. Si elles ont permis de réduire efficacement les quantités de polluants atmosphériques azotés provenant des transports, de l'industrie et des ménages, elles n'ont pas eu autant de succès dans l'agriculture. Aujourd'hui, la Suisse est encore loin d'avoir atteint ses objectifs.

Le présent rapport décrit les flux d'azote en Suisse pour l'année de référence 2005 et présente les tendances observées depuis la dernière enquête de 1994. Il fournit une base factuelle pour actualiser la stratégie de l'azote et planifier les prochaines mesures. Les destinataires sont les décideurs, les spécialistes de l'agriculture et de l'environnement dans les administrations publiques et le secteur privé, de même que les instituts universitaires qui s'occupent de façon plus générale de la thématique de l'azote.

La problématique des excédents d'azote et de leurs conséquences sur l'environnement prend une dimension à la fois nationale et internationale. Dans le cadre de divers accords internationaux (Convention de Genève (CLRTAP)/Protocole de Göteborg, Protocole de Kyoto (protoxyde d'azote, dioxyde d'azote), Conventions OSPAR, Conférences internationales pour la protection de la mer du Nord (INK), Etats riverains de la mer du Nord et Commission internationale pour la protection du Rhin (CIPR), et Commission internationale pour la protection des eaux du lac de Constance (IGKB)), la Suisse s'est engagée à prendre des mesures pour réduire les excédents d'azote. Pour

respecter ses engagements, elle régule la gestion de l'azote en édictant des prescriptions relevant du droit de l'environnement, de la protection des eaux et de l'agriculture.

Composés azotés

Les composés d'azote réactifs résultant des activités humaines provoquent une cascade d'effets sur les écosystèmes, comme l'eutrophisation des eaux ou la surfertilisation et l'acidification des sols. Ils mettent en danger la biodiversité et portent atteinte à la santé humaine. Les composés les plus importants sont les oxydes d'azote (NO_x), l'ammoniac (NH₃), le protoxyde d'azote (N₂O) et le nitrate (NO₃⁻), qui se transforment continuellement de l'un en l'autre sous l'effet de différents processus intervenant dans l'atmosphère, l'hydrosphère et la pédosphère et par suite des activités humaines.

Composés azotés

Méthodologie

Les processus ayant une incidence sur l'azote en Suisse sont subdivisés en quatre sous-systèmes:

Méthodologie

- > Agriculture et sylviculture (L);
- > Production de produits/utilisation de produits (P);
- > Environnement (U);
- > Gestion des déchets (A).

En outre, le système a besoin d'un sous-système spécial «étranger» pour pouvoir répertorier les importations et les exportations. Les sous-systèmes sont répartis en «processus», tels qu'élevage, transports, atmosphère, etc. Les processus sont à la fois l'origine et le but des flux d'azote pris en considération dans le système.

La méthodologie appliquée à la présente analyse des flux de matière se base sur le guide de l'OFEFP: «Analyse des flux de matière au niveau suisse» paru en 1996.

La quantification des flux d'azote a été effectuée en premier lieu à partir de données disponibles provenant principalement de projets (de recherche) et de publications de l'OFEV, de l'ART, du WSL, d'Eawag et de l'IRAB.

La qualité des données relatives aux charges est très variable. S'il est possible de quantifier les incertitudes de certains flux, dans la majorité des cas celles-ci ont été évaluées.

Résultats pour l'année 2005

Les plus grosses charges d'azote sont échangées entre les sous-systèmes agriculture et sylviculture, environnement et étranger. Dans le sous-système agriculture et sylviculture, la situation se révèle particulièrement complexe, car outre de nombreux flux, on y observe également d'importantes transformations entre les composés azotés.

Parmi les flux de composés azotés ayant une incidence écologique, les plus importants en qualité et en quantité sont les suivants:

- > Plantes fourragères des sols agricoles dans l'élevage 132 ktN (L8)
- > Engrais de ferme/pacage de l'élevage dans les sols agricoles: 86 ktN (L1)
- > Ecoulement par les cours d'eau: 73 kt (U14)
- > Transport par l'atmosphère vers l'étranger: 56 ktN (U10)
- > Engrais minéraux (importations) dans les sols agricoles: 52 ktN (I4)
- > Importation de l'étranger par l'atmosphère: 44 ktN (I8)
- > Eaux usées dans les STEP: 43 ktN (P8)
- > Emissions par l'élevage dans l'atmosphère: 42 ktN (L4)
- > Produits/aliments provenant de l'élevage: 35 ktN (L3)
- > Lessivage des sols agricoles: 34 ktN (L5)
- > Importations de fourrages pour l'élevage 32 ktN (I3)
- > Fixation de N₂ par les plantes agricoles 32 ktN (U1)
- Importation de denrées alimentaires et autres substances 25 ktN (I2)

Tendances des flux de matière entre 1994 et 2005

- > *Flux décroissants:* Grâce aux mesures efficaces qui ont été prises dans le domaine des installations de combustion et des transports, les émissions de NO_x dans l'atmosphère sont en recul, et par conséquent les dépôts sur les sols aussi. D'autres flux, à savoir l'épandage d'engrais de ferme sur les sols agricoles, la production indigène de fourrages, l'utilisation d'engrais minéraux, et les émissions de NH₃- et de N₂O dans l'atmosphère, ont également diminué. Les émissions d'azote par les stations d'épuration ont aussi baissé grâce à un programme de réduction ciblé. Les charges d'azote dans les cours d'eau transfrontaliers montrent également une tendance à la baisse.
- > *Flux croissants:* Les importations de fourrages ont augmenté, à commencer par celles de soja. Cet effet pourrait s'expliquer par l'utilisation accrue de fourrages concentrés dans la production animale, et par l'interdiction des farines animales dans l'alimentation du bétail (en raison de l'ESB).
- > *Flux ayant peu changé:* Les produits issus de l'élevage et de la production végétale, les exportations de l'industrie alimentaire, de même que le lessivage et l'entraînement par ruissellement des sols n'ont pas subi beaucoup de changement sur la période 1994 à 2005.

Les tableaux suivants fournissent des informations détaillées sur les principaux flux d'azote entre 1994 et 2005.

Résultats pour l'année 2005

Tendances des flux de matière entre 1994 et 2005

Fig. A > Système global en Suisse en 2005; flux d'azote entre les sous-systèmes

Les principaux flux d'azote dans le système global en 2005. Le système global est divisé en quatre sous-systèmes qui comprennent chaque fois plusieurs processus. Les flèches désignent la somme des flux d'azote entre les sous-systèmes, en milliers de tonnes de N par an (ktN/a), et se réfèrent à l'année 2005. Les indications en noir correspondent aux flux totaux d'azote (moyenne et intervalle d'incertitude) qui comprennent aussi bien les composés azotés ayant une incidence écologique que l'azote atmosphérique, celles en bleu se réfèrent uniquement aux flux d'azote atmosphérique.

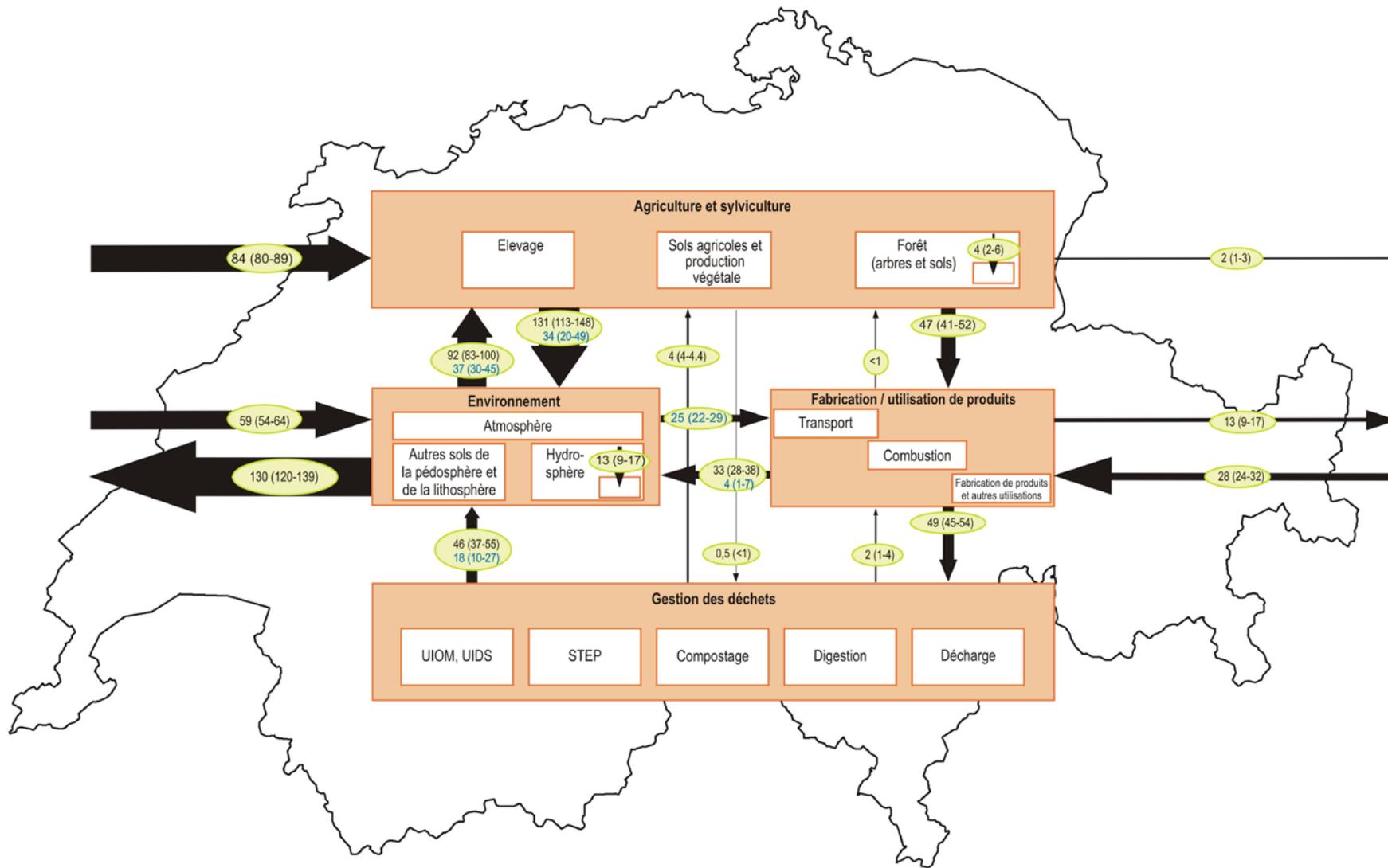
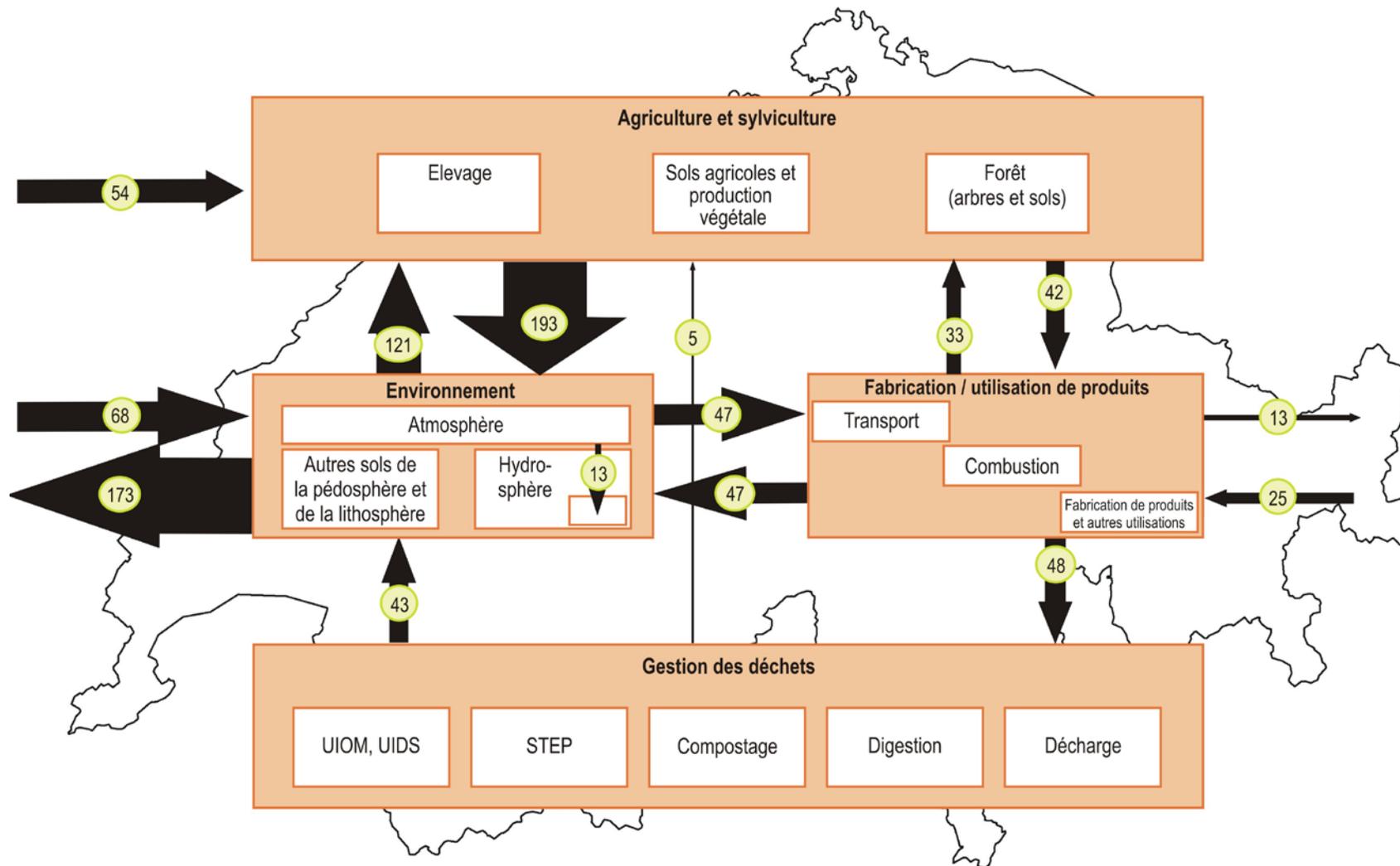


Fig. B > Système global en Suisse en 1994; flux d'azote entre les sous-systèmes

Les principaux flux d'azote dans le système global en 1994. Les flux de 1994 ont été transformés pour correspondre au nouveau système, car les sous-systèmes y sont définis de manière légèrement différente que dans la source originale (PG N-Haushalt CH 1996). Les flèches désignent la somme des flux d'azote entre les sous-systèmes, en milliers de tonnes de N par an (ktN/a), et se réfèrent à l'année 1994. Les indications correspondent aux flux totaux d'azote (moyenne), qui comprennent aussi bien les composés azotés ayant une incidence écologique, que l'azote atmosphérique.



PG N-Haushalt CH (1996), GSK 1993 (1990).

L'exportation de 173 ktN de l'environnement correspond à 98 ktN emportées par les cours d'eau + 5 ktN emportées par les eaux souterraines + 70 ktN transportées par l'atmosphère vers l'étranger (exportation).

L'importation de 25 ktN (arrondi) dans la fabrication/utilisation de produits correspond à 24 ktN importées par les denrées alimentaires et autres matières +0,5 ktN par le bois d'importation.

L'importation de 68 ktN dans l'environnement correspond à 47 ktN importées par l'atmosphère depuis l'étranger +21 ktN importées par les cours d'eau

Le flux de 193 ktN de l'agriculture et de la sylviculture vers l'environnement correspond à 83 ktN de dénitrification dans l'agriculture (dont 8 kt N₂O-N)+51 ktN par gazéification de NH₃ +37 ktN de pertes de NO₃ dans l'agriculture+12 ktN de pertes de NO₃ par la forêt+10 ktN de dénitrification par la forêt

Tab. A > Comparaison des principaux flux d'azote de 1994/1990 avec ceux de 2005

Comparaison des principaux flux d'azote selon le bilan des matières en Suisse 1994/1990 (PG N-Haushalt CH 1996; GSK 1993) avec les flux d'azote actuels pour l'année 2005 (présente étude). La désignation des flux est basée sur la présente étude (chiffres de 2005). La désignation des flux d'azote de 1994 a été ajoutée dans les cas où il existe une marge d'interprétation. Les flux comprenant uniquement de l'azote atmosphérique (N₂) sont indiqués en bleu.

	1994/1990 [kt N]	2005 [kt N]	Remarques à propos de la qualité des données	Explications concernant les tendances entre 1994 et 2005
Agriculture et sylviculture				
L8: Plantes fourragères des sols agricoles vers l'élevage	180	132	Valeur de 1994 pour les fourrages des sols agricoles vers l'élevage tirée de GSK 1993. Il n'existe pas d'informations détaillées; on ne sait notamment pas si les charges de N ₂ ont été prises en considération. Valeur probablement trop haute.	
L1: Engrais de ferme/pacage de l'élevage vers les sols agricoles	97	86	Valeur de 1994 d'après l'inventaire des gaz à effet de serre, OFEV 2009b. La valeur de GSK 1993 (flux d'engrais de ferme depuis l'élevage vers les sols agricoles et la production végétale) de 155 ktN paraît trop élevée; il n'existe pas d'informations détaillées à ce propos.	
L4: Emissions par l'élevage dans l'atmosphère L6 (r): Emissions par les sols agricoles dans l'atmosphère	51 (gazéification de NH ₃) 8 (émissions de N ₂ O)	42 11		Recul global des émissions de NH ₃ en raison de la diminution des effectifs d'animaux et de l'utilisation d'engrais minéraux, de l'amélioration de la gestion des engrais de ferme et des changements intervenus dans l'élevage. Beaucoup d'incertitudes pour la dénitrification.
<u>Somme L4 + L6 (r)</u> L6 (nr): Emissions de N ₂ des sols agricoles dans l'atmosphère	59 <u>75</u>	53 <u>28</u>	Dénitrification de N ₂ : valeur très incertaine. Intervalle d'incertitude 1994: 50–100 ktN.	
L3: Produits/aliments provenant de l'élevage L9: Produits récoltés/aliments provenant de la production végétale <u>Somme L3 + L9</u>	<u>42</u> (produits agricoles)	35 10 <u>45</u>	Valeur de 1994 tirée de PG N-Haushalt CH 1996. Autres valeurs de comparaison 1994 selon OSPAR: produits/aliments provenant de l'élevage: 28 ktN; produits récoltés/aliments provenant de la production végétale: 10 ktN.	Augmentation des produits d'origine animale en raison de l'intensification de l'élevage. Augmentation des effectifs d'animaux de rente depuis 2004 (cf. fig. 16).
L5: Lessivage/entraînement par ruissellement depuis les sols agricoles dans l'hydrosphère	37	34	Aucune valeur actuelle n'est disponible. La valeur pour 2005 est une déduction (cf. annexe, flux L5).	On s'attend à une diminution par rapport à 1994 (évaluation).
L14: Lessivage depuis la forêt dans l'hydrosphère	12	9	Valeur de 1994 très incertaine. Intervalle d'incertitude 1994: 8–16 ktN.	Le lessivage dépend de la surface forestière et des dépôts sur les sols forestiers. Une légère augmentation de la surface forestière et une diminution marquée des dépôts expliquent la nette diminution des valeurs de lessivage.
L15 (r): Dénitrification de la forêt (sans N ₂) U11 (r): Dénitrification d'autres sols (sans N ₂) <u>Somme L15 (r) + U11(r)</u>	<1	1,1 0,4 <u>1,5</u>		Beaucoup d'incertitude; dénitrification difficile à déterminer. Le N ₂ constitue la plus grande partie du flux.
<u>L15 (nr) Dénitrification N₂ de la forêt</u>	<u>9</u> (Dénitrification de sols non forestiers)	<u>6</u>	Dénitrification de N ₂ : valeur très incertaine. Intervalle d'incertitude 1994: 6–12 ktN.	
U13 (r): Dénitrification N ₂ O, NO _x de l'hydrosphère <u>U13 (nr): Dénitrification N₂ de l'hydrosphère</u> <u>Somme U13 (r) + U13 (nr)</u>	<u>13</u> (y compris N ₂)	1 (sans N ₂) <u>11</u> (N ₂) <u>12</u>	Estimation de N ₂ très incertaine. Intervalle d'incertitude 1994: 9–18 ktN (y compris N ₂).	

	1994/1990 [kt N]	2005 [kt N]	Remarques à propos de la qualité des données	Explications concernant les tendances entre 1994 et 2005
Fabrication / utilisation de produits				
P8: Eaux usées dans les STEP	Inconnu car flux interne	43		
P2: Emissions de NO _x , NH _y des transports dans l'atmosphère P3: Emissions de NO _x , NH _y d'installations de combustion dans l'atmosphère <u>Somme P2 + P3</u>	<u>47</u> (de proces- sus de com- bustion, dont 43 NO _x)	18 8 <u>26</u>	Selon les nouvelles évaluations (OFEV 2009a), les émissions de NO _x pour 1994 auraient été surestimées à l'époque d'environ 5 kt N.	Diminution des émissions grâce aux mesures de protection de l'air.
P10: Exportation de l'industrie alimentaire et d'autres produits	13	16	Evaluation difficile car la teneur moyenne en N des produits d'exportation est incertaine. Intervalle d'incertitude 1994: 10–15 kt N	
Environnement				
U14: Ecoulement par les cours d'eau	98	73	Valeur 1994: charges mesurées à la frontière suisse. Moyenne des années 1986–1995. Données NADUF, Eawag. Valeur 2005: moyenne pour le Rhin 1995– 2007; extrapolée à l'ensemble de la Suisse. Données NADUF, Eawag. Intervalle d'incertitude 1994: 90–110 kt N.	Diminution grâce à des mesures de réduction efficaces dans les secteurs de l'industrie, des transports et de l'agriculture.
U16: Exportation par les eaux souterraines	5	<1	Données de 1994 très incertaines.	La valeur tirée de GSK 1993 (SRU 209) est jugée trop élevée, il n'existe que peu de sources de données.
U3: Dépôts sur la forêt U4: Dépôts sur les sols agricoles U7: Dépôts sur d'autres sols de la pédosphère et de la lithosphère U9: Dépôts sur les eaux <u>Somme U3 + U4 + U7 + U9 (dépôts totaux)</u>	32 32 13 3 <u>80</u>	27 27 11 3 <u>69</u>	Les dépôts totaux pour 1994 ont été répartis entre les quatre types de surfaces (forêt, sols agricoles, autres sols et eaux) sur la base des nouvelles connaissances concernant les vitesses de déposition, afin d'avoir une base de comparaison par rapport à 2005.	Diminution du total des dépôts et des dépôts sur tous les types de surfaces (excepté l'eau). La valeur inchangée de 3 kt N pour les eaux est liée au fait que les chiffres sont arrondis.
U10: Transport atmosphérique vers l'étranger (exportation)	70	56	Intervalle d'incertitude 1994: 55–85 kt N (dont 30–55 NO _x et 20–35 NH _y).	Diminution grâce aux mesures de protection de l'air, la réduction concerne avant tout les NO _x .
U1: Fixation de N par les plantes agricoles	45	32	Données de 1994 de mauvaise qualité. Intervalle d'incertitude 1994: 30–60 kt N. Valeur 1994 selon l'inventaire des GES agricultures et OSPAR: 37 kt N.	Diminution possible en raison de la diminution de la part des légumineuses dans les grandes cultures. Difficile à évaluer.
U5: Consommation de N ₂ par les transports, les installations de combustion et les processus	47 (processus de combustion)	25		Diminution grâce aux mesures de protection de l'air.
U12: Lessivage depuis d'autres sols dans l'hydrosphère	6	11	Données 1994 et 2005 de mauvaise qualité. Intervalle d'incertitude 1994: 2–10 kt N.	
U2: Fixation de N ₂ par la forêt	12	5	Données 1994 de mauvaise qualité. Intervalle d'incertitude 1994: 8–16 kt N.	La tendance ne correspond pas à la réalité mais est liée à la méthodologie. Il n'existe probablement pas de tendance réelle à la hausse ni à la baisse.

	1994/1990 [kt N]	2005 [kt N]	Remarques à propos de la qualité des données	Explications concernant les tendances entre 1994 et 2005
Gestion des déchets				
A5: Eaux usées épurées depuis les STEP dans l'hydrosphère	30	26		Diminution grâce à l'amélioration des méthodes d'élimination de l'azote dans les STEP.
Etranger → Suisse				
I4: Engrais minéraux (importations) dans les sols agricoles	33	52	Somme engrais minéraux et de recyclage 1994 selon inventaire des GES agriculture et OSPAR: 65 ktN.	Diminution de l'utilisation d'engrais minéraux.
P1: Engrais minéraux (production indigène)	33	<< 0,5		
<u>Somme utilisation d'engrais minéraux</u>	<u>66</u>	<u>52</u>		
A7: Boues d'épuration pour les engrais de ferme		1		Diminution de l'utilisation d'engrais de recyclage en raison de l'interdiction des boues d'épuration pour la fumure / la disposition transitoire pour certaines surfaces est définitivement arrivée à échéance le 30 septembre 2006.
A9: Compost pour les sols agricoles		3		
<u>Somme engrais de recyclage</u>	<u>5 (boues d'épuration, compost)</u>	<u>4</u>		
<u>Somme engrais minéraux et de recyclage</u>	<u>71</u>	<u>56</u>		
I8: Importation depuis l'étranger par l'atmosphère	47	44	Chiffres 1994 tirés d'EMEP 1995. Intervalle d'incertitude 1994: 37–57 ktN (dont 27 NO _x et 20 NH ₃).	
I2: Importation de denrées alimentaires et autres matières	24	25		Accroissement de l'exploitation du bois.
I5: Importation de bois	0,5	2		
<u>Somme I2+I5</u>	<u>25</u>	<u>27</u>		
I3: Importation de fourrages pour l'élevage	21	32	Valeur de 1994 selon OSPAR: 26 ktN.	Augmentation des importations de soja.
I1: Ecoulement par les cours d'eau	21	15	Valeur pour 2005 évaluée sur la base des données de 1994. Intervalle d'incertitude 1994: 15–25 ktN.	

Interprétation

Les flux de matière «actifs» les plus importants sont les entrées d'azote à travers les importations de fourrages et d'engrais commerciaux, les émissions d'oxydes d'azote par les processus de combustion, et les émissions d'ammoniac de l'agriculture. Ajoutés à la manière dont les sols agricoles sont travaillés et cultivés, ces flux sont responsables de l'activation de tous les autres flux de matière «induits», comme les émissions depuis les sols, le lessivage et l'entraînement par ruissellement depuis les sols dans l'hydrosphère, l'écoulement vers l'étranger, ou encore les dépôts atmosphériques sur les sols. Ces flux de matière induits sont à l'origine des problèmes liés aux importantes déperditions d'azote, tels que diminution de la fertilité des sols, recul de la biodiversité, dégradation de la qualité de l'eau, «dead zones» dans les embouchures des fleuves, atteintes à la santé humaine, etc. Pour résoudre ces problèmes, il faut d'abord une réduction des gaz à effet de serre et ensuite une fermeture des cycles. D'une manière générale, l'une des principales difficultés de la réduction des pertes d'azote est d'éviter que des stratégies unilatérales n'entraînent des pertes dans un autre canal. Une approche intégrale ne doit pas se limiter à l'azote mais aussi tenir compte, notamment, de la question des ressources et des réflexions sur la protection du climat.

Interprétation

Dans le secteur de l'agriculture, les importations d'engrais commerciaux ont diminué, mais les importations de fourrages (en particulier de soja) ont augmenté.

En ce qui concerne les émissions de polluants atmosphériques, les composés oxydés (NO_x) ont sensiblement diminué grâce aux diverses mesures de réduction prises dans le domaine des transports et des installations de combustion, alors que les composés réduits (NH_y), émis principalement par l'agriculture, n'ont que faiblement reculé. Les dépôts de composés d'azote oxydés présentent donc aussi un recul plus marqué que les composés d'azote réduits. Cela dit, les valeurs limites d'immission en Suisse pour le NO_2 sont encore souvent dépassées dans les centres-villes et le long des routes nationales. En Suisse, les dépôts totaux de N dépassent à grande échelle les *critical loads* pour l'azote.

Malgré la croissance démographique, les rejets d'azote dans l'hydrosphère par les eaux usées ménagères et industrielles ont diminué. C'est le résultat d'un programme d'investissement ciblé qui a permis d'améliorer l'efficacité de l'élimination des installations d'épuration des eaux usées. Les rejets diffus dans l'hydrosphère présentent eux aussi une tendance à la baisse. Cependant, l'objectif international de réduire de moitié les apports d'azote dans le Rhin et dans la mer du Nord sur la période de 1985 à 2001 n'a de loin pas été rempli, et il en va de même pour les autres Etats membres.

Les flux de marchandises (denrées alimentaires, produits pétroliers, bois, etc.) n'ont pas beaucoup changé aussi bien au plan des importations qu'à celui des exportations. Un élément marquant dans ces flux est la disparition de la production indigène d'engrais minéraux et le recul général de l'utilisation de ce type d'engrais. Parallèlement, les importations de fourrages – un flux actif – ont fortement augmenté (voir ci-dessus).

L'actualisation de l'analyse des matières a permis de déceler des lacunes de données et d'importantes incertitudes dans les flux d'azote. Leur quantification demanderait beaucoup de travail, en particulier en ce qui concerne les flux induits. Pour les flux actifs, les données sont meilleures.

Comme le montre la tendance de ces dernières années, les polluants atmosphériques azotés émis par les transports, l'industrie et les ménages ont pu être réduits efficacement, alors que la problématique de l'azote dans l'agriculture n'a pu être atténuée que dans une moindre mesure. Si les transports et l'industrie ont constitué par le passé les plus importantes sources d'émission d'azote, c'est aujourd'hui l'agriculture qui vient en tête. Ces prochaines années, des améliorations devront donc aussi être apportées dans ce secteur.

L'utilisation de la bioénergie (p. ex. agrocarburants) va aller croissant. Les activités en cours visent à développer des systèmes à rendement élevé et à les optimiser au niveau de l'économie d'entreprise. Jusqu'à présent, on ne s'est guère intéressé aux effets sur le cycle de l'azote. Or ils pourraient se révéler importants, car la production de méthane à partir de substances organiques ne génère pas seulement de l'azote atmosphérique non réactif et d'autres produits secondaires, mais aussi de l'ammoniac.