

Pertes d'ammoniac après l'épandage d'engrais de ferme

Différences très nettes en fonction des conditions

Rainer Frick, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles (FAT), CH-8356 Tänikon
Harald Menzi et Peter Katz (actuellement à la FAT), Station fédérale de recherches en agroécologie et agriculture (FAL),
Institut de recherches en protection de l'environnement et en agriculture (IUL), Liebefeld, CH-3003 Berne

Lorsqu'on utilise des engrais de ferme, les pertes d'azote sous forme d'ammoniac volatil sont inévitables. Outre l'impact que ce phénomène peut avoir sur l'environnement, c'est également une quantité d'azote précieuse pour l'agriculteur qui disparaît ainsi. Ces pertes expliquent d'ailleurs pourquoi il est si difficile d'évaluer l'effet de l'azote contenu dans le lisier et le fumier. Pour pouvoir utiliser les engrais de ferme avec efficacité, il est indispensable que les pertes d'azote soient réduites. La FAT a effectué d'importants essais en collaboration avec l'IUL de Liebefeld dans les années 1991-1995 pour améliorer les connaissances dans ce domaine. Ces essais avaient pour but de quantifier les pertes d'ammoniac liées à l'utilisation des engrais de ferme et d'établir des recommandations en conséquence pour diminuer ces pertes. En fonction des conditions, les pertes sont très variables. Elles oscillent entre 8 et 30 kg d'azote par hectare, soit entre 25 et 95% de l'azote ammoniacal appliqué. Avec le lisier, les pertes concernent en moyenne 50% de l'azote ammoniacal; avec le fumier, elles s'élèvent en moyenne à 60-70%. Pour le lisier comme pour le fumier, les émissions augmentent très nettement immédiatement après l'épandage. Les émissions qui ont lieu pendant les premières heures ont donc une importance décisive pour les

pertes totales. Le niveau des pertes dépend de plusieurs facteurs: les conditions météorologiques immédiatement après l'épandage (température, humidité de l'air et force du vent), le type et la composition de l'engrais de ferme; et, s'il s'agit de lisier, la teneur en matière sèche et l'état du sol (percolation). Choisir une date favorable pour l'épandage, diluer suffisamment le lisier, appliquer des mesures d'incorporation dans les grandes cultures, et utiliser une technique d'épandage spéciale permet d'influencer les pertes de manière ciblée.

Sommaire	Page
Problématique	2
D'où provient l'ammoniac?	2
Impact des émissions d'ammoniac	2
Méthodologie	2
Résultats	4
Conséquences pour la pratique	9
Perspectives	10
Bibliographie	10



Fig. 1. Pertes d'azote par volatilisation après l'épandage d'engrais de ferme: pour les maîtriser, il faut connaître précisément leur origine.

Problématique

Dès qu'il y a production, stockage et épandage d'engrais de ferme, il y a émission d'azote (N) sous forme d'ammoniac volatil (NH_3). L'agriculture suisse perd ainsi chaque année environ 50 kt d'azote. Près de 90% de ces émissions d'ammoniac proviennent de la détention d'animaux de rente, les 10% restants sont liés à l'emploi d'engrais minéraux et de boues d'épuration. En ce qui concerne les émissions dues à la détention d'animaux, elles proviennent à près de 70% de l'élevage bovin. Or, les pertes élevées d'ammoniac portent préjudice à l'environnement comme aux agriculteurs.

Une bonne moitié des pertes totales d'ammoniac provient de l'utilisation d'engrais de ferme. Des mesures réalisées à l'étranger avaient déjà montré, il y a plusieurs années, que lorsqu'on utilisait du lisier, jusqu'à 95% de l'azote ammoniacal appliqué était susceptible de se volatiliser. Pour mieux connaître les pertes d'ammoniac liées à l'utilisation des engrais de ferme dans les conditions de production suisses, la FAT et l'IUL ont effectué d'importants essais entre 1991 et 1995. A combien s'élèvent les pertes lors de l'épandage de lisier et de fumier? Quels facteurs influencent les pertes? Est-il possible de réduire les pertes lors de l'épandage en prenant des mesures simples? Le présent rapport réunit les résultats du programme de mesure effectué pendant ces cinq années.

D'où provient l'ammoniac?

Près de la moitié de l'azote d'origine animale se présente sous forme soluble – principalement sous forme d'urine et d'acide urique. Ces liaisons d'azote solubles se décomposent rapidement en ammonium (NH_4^+) et ammoniac (NH_3). En solution aqueuse, NH_4^+ et NH_3 se trouvent en équilibre dynamique:



Lorsque le pH est supérieur à 7, le rapport $\text{NH}_3 / \text{NH}_4^+$ se modifie de plus en plus au profit de NH_3 . Dans le lisier, le pH est contrôlé par la concentration d'acides organiques légèrement volatils. Après l'épandage, ces acides organiques s'oxydent, ce qui se traduit par une hausse du pH de la solution et favorise la volatilisation de l'ammoniac contenu dans le lisier.

Impact des émissions d'ammoniac

sur l'environnement ...

Les molécules d'ammoniac sont emportées par le vent depuis le point d'émission sur une distance allant de quelques mètres à quelques centaines de kilomètres avant de retomber tôt ou tard sur le sol sous forme d'ammoniac, d'ammonium ou d'aérosols. Sur le plateau suisse, les retombées s'élèvent en moyenne à près de 30 kg d'azote par hectare chaque année. Une grande partie de ces dépôts est due aux émissions d'ammoniac à partir des engrais de ferme. Sur les surfaces agricoles utilisées intensivement, cette fertilisation gratuite venue du ciel ne pose pas de problème. Dans les écosystèmes proches de la nature (forêts, prairies maigres et zones marécageuses) par contre, qui supportent très peu d'azote, ces apports incontrôlés sont comparables à une surfumure. Les conséquences éventuelles sont les suivantes: modification importune du peuplement végétal, appauvrissement des espèces et bilan des éléments nutritifs perturbé. Dans le sol, les apports d'azote at-

mosphérique accentuent la nitrification de NH_3 . Les ions H^+ ainsi libérés contribuent à l'acidification des sols lorsque ceux-ci sont mal tamponnés. Dans l'atmosphère, les problèmes causés par l'ammoniac ne sont pas négligeables non plus, car il influence différents processus. L'ammoniac favorise par exemple l'oxydation de SO_2 en acide sulfurique (H_2SO_4).

... et sur l'agriculture

Pour l'agriculteur, l'ammoniac qui se volatilise c'est tout d'abord la perte d'une précieuse quantité d'azote provenant de sa propre exploitation. Mais ce qui est encore plus important, c'est l'incertitude qui en résulte en ce qui concerne l'efficacité des engrais de ferme employés. Tant qu'on ne sait pas si 10 ou 90% de l'azote ammoniacal contenu dans le lisier ou le fumier épandu se volatilise, il est quasiment impossible d'évaluer à peu près correctement l'effet de l'azote et d'utiliser au mieux les engrais de ferme. Les exploitations conventionnelles réagissent de la façon suivante: soit on apporte à chaque fois une quantité excessive d'engrais de ferme, soit, pour des raisons de sécurité, on apporte plus d'azote minéral que les plantes n'en ont effectivement besoin. La surfumure qui en découle accroît le risque de pollution de l'environnement par ruissellement ou lixiviation des éléments fertilisants. En outre, les exploitations PI et Bio doivent limiter les apports d'azote et réduire au minimum les pertes par volatilisation d'ammoniac pour éviter un manque à gagner qui ne serait pas le bienvenu.

Comment les mesures ont-elles été effectuées?

Deux méthodes différentes ont été utilisées. Avec la première, les essais ont été réalisés en plein champ dans des conditions proches de la pratique et avec la seconde, ils ont été effectués dans des tunnels aérodynamiques. Les essais en plein champ ont servi en premier lieu à quantifier les pertes effectives d'azote, liées à l'utilisation du lisier et du fumier dans la pratique, et à étudier plus précisément l'influence

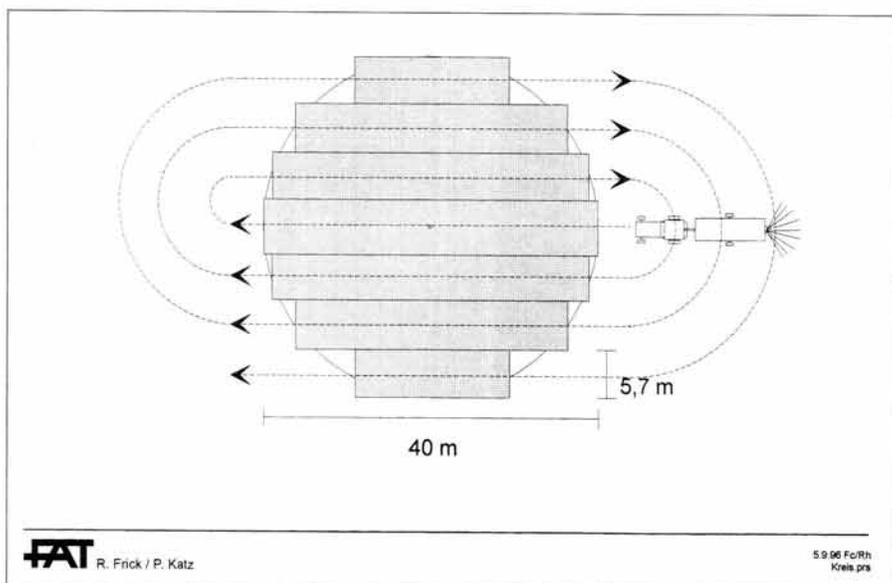


Fig. 2. Dans les essais en plein champ, le lisier a été épandu avec une citerne à pression sur plusieurs passages, de sorte que le lisier était disposé en cercle le plus exactement possible. La quantité a été réglée en fonction de la vitesse d'avancement du tracteur. Les instruments de mesure ont été placés au centre du cercle. Schéma d'après Katz, Diss EPF 1996.

des paramètres météorologiques. Ces essais ont également permis de comparer partiellement différents procédés. Les tunnels aérodynamiques utilisés en complément ont permis l'examen ciblé de facteurs d'influence spécifiques et variables (tels que l'effet de la dilution ou de la quantité épandue) sur les pertes d'ammoniac dans le lisier.

Essais en plein champ

Au cours de ces essais, on a travaillé avec la méthode micrométéorologique Z_{inst} de Wilson (1982) (Fig. 3). Pour ce faire, les engrais de ferme ont été épandus en quantité souhaitée sur une surface approximativement circulaire de 12,5 ares au moyen des outils utilisés



Fig. 3. Essais en plein champ proches de la pratique à échelle 1:1: Mesure continue de la concentration d'ammoniac et de la vitesse du vent à une hauteur donnée au-dessus du sol pendant 2 à 4 jours.

habituellement dans la pratique (citerne à pression ou épandeur à fumier) (Fig. 2). On a ensuite enregistré les émissions d'ammoniac sur cette surface, pendant plusieurs jours et de manière continue. On a donc mesuré quelles étaient la concentration de NH_3 et la vitesse du vent au centre du cercle, à une hauteur donnée en fonction de la couverture végétale du sol, en principe jusqu'à ce que la concentration sur la surface d'émission atteigne la concentration ambiante «naturelle». En règle générale, c'était le cas au bout de deux jours, de sorte que les mesures étaient achevées au bout de deux à trois jours, voire quatre dans les cas exceptionnels. Les instruments de mesure avaient déjà été installés pendant l'épandage et étaient mis en service dès la fin de l'épandage. Cette technique a permis d'assurer l'enregistrement des émissions dès leur début. En opérant le produit de la concentration de NH_3 par la vitesse du vent durant les différentes périodes, on a pu calculer la quantité d'ammoniac émise (en kg N par ha). Puis, en opposant les pertes totales d'ammoniac à la quantité d'azote ammoniacal appliquée avec les engrais de ferme, on a pu calculer les pertes d'azote en pourcentage de la quantité d'azote ammoniacal épandu.

La concentration de NH_3 a été déterminée à l'aide de collecteurs passifs. Ces derniers sont constitués d'un tube en polypropylène pourvu d'une membrane en Téflon, à travers laquelle les molécules de NH_3 diffusent avant d'être recueillies dans une solution acide. Cinq collecteurs passifs ont été placés à chaque point de mesure. Ils devaient être échangés à intervalles donnés. Au début des essais, l'exposition durait env. une heure, puis les intervalles ont été allongés. Ainsi, au cours d'un essai de deux jours en été (début de l'essai à 10 heures), les collecteurs passifs ont été changés à 11, 12, 14, 17 et 20 heures le premier jour et à 8, 13 et 20 heures le deuxième jour. Les collecteurs passifs utilisés pour mesurer la concentration de l'air ambiant ont été exposés deux fois plus longtemps. Les collecteurs passifs ont été analysés ultérieurement au laboratoire de l'IUL à Liebfeld selon un procédé FIA (Flow-Injection-Analysis) pour déterminer le taux d'azote.

La vitesse du vent a été relevée à l'aide d'anémomètres spéciaux, dont la vi-

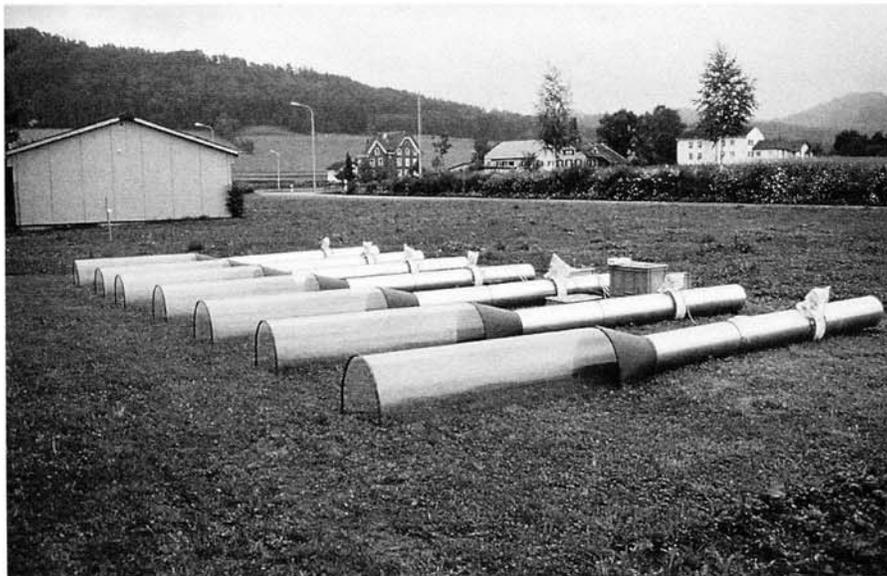


Fig. 4. Tunnels aérodynamiques pour mesurer les pertes d'ammoniac: faire varier progressivement un paramètre préalablement défini (p. ex. le degré de dilution), permet d'étudier de manière ciblée son influence sur les pertes.

tesse de démarrage était de 0,14 m/s. La vitesse a été enregistrée dans un enregistreur de données en valeurs moyennes de 5 minutes.

Pour chaque essai, on a mesuré simultanément trois surfaces, c.-à-d. trois procédés. Les engrais de ferme étaient épandus à intervalles d'environ 20 minutes. Le diamètre des cercles s'élevait à 40 m. Les cercles étaient disposés en ligne à 70 m minimum d'intervalle. L'expérience a montré que cette distance suffisait pour exclure toute interférence d'une surface à l'autre.

Presque tous les essais en plein champ comprenaient un procédé standard. Ce procédé consistait à épandre toujours la même quantité de lisier (30–35 m³ par ha) de même qualité (lisier complet de bovins; dilué 1:1) au même moment (le matin vers 9–10 heures). Ces procédés standard permettent d'étudier plus précisément l'effet des conditions météorologiques sur les émissions d'ammoniac et d'établir des comparaisons entre les différents essais. Les prairies utilisées pour les essais étaient toutes des prairies temporaires d'un an, dont l'herbe venait d'être fauchée. En tout, on a effectué plus de 20 essais en plein champ, tous sur des parcelles de l'exploitation d'essais de la FAT à Tänikon. Parmi ces 20 essais, 19 procédés standard ont été pratiqués sur des prairies artificielles et ont été répartis avec plus ou moins de régularité sur toutes les saisons. Les mois de décembre, de janvier, d'avril et de sep-

tembre sont les seuls pendant lesquels il n'y eut pas d'essais en plein champ (voir Fig. 7).

Essais en tunnels aérodynamiques

Le dispositif (Fig. 4) construit d'après Lockier (1984) se composait de sept tunnels identiques. Chaque tunnel est divisé en deux parties: le tunnel proprement dit (plaque transparente en polycarbonate posée sur un cadre en métal), sous lequel était déposé l'engrais de ferme, et un tuyau avec ventilateur axial intégré, qui aspirait l'air du tunnel. La surface du tunnel était de 1 m² (2 m × 0,5 m). Modifier la vitesse de rotation du ventilateur permettait de régler le débit d'air en continu. Dans la plupart des essais, on a conservé un débit d'air constant de 1 m par seconde (sur la surface d'émission). Comme dans les essais en plein champ, les concentrations de NH₃ ont été relevées à l'aide de collecteurs passifs. On a procédé de la manière suivante: à l'aide d'une pompe, on a aspiré en continu une quantité donnée d'air dans le tuyau du tunnel que l'on a ensuite renvoyée dans les collecteurs passifs situés dans une conduite d'exposition. Le lisier était épandu à l'aide d'un arrosoir dont le bec était pourvu d'un petit déflecteur. En général, on appliquait 3,5 l de lisier par m² (ce qui correspond à 35 m³ par ha). Les plaques de polycarbonate étaient posées dans les 30 secondes

qui suivaient l'épandage du lisier. Deux minutes après, on commençait à relever la concentration de NH₃. D'un tunnel à l'autre, le début des mesures était espacé d'environ 2 à 3 minutes.

Voici les paramètres qui ont été étudiés avec le système des tunnels aérodynamiques: vitesse du vent, rayonnement global, taux de matière sèche et d'azote ammoniacal du lisier, quantité épandue. Les essais ont été effectués principalement sur le terrain de l'IUL à Liebefeld. Dans une phase ultérieure, le dispositif a aussi servi à mesurer les émissions lorsqu'on épandait non plus du lisier, mais du fumier. Ces résultats ne figurent pas dans le présent rapport.

Résultats

Evolution typique de la volatilisation

Les essais ont tous mis en évidence une évolution caractéristique des émissions: une hausse importante et immédiate des pertes directement après l'épandage (Fig. 5). Le net affaissement des émissions durant la nuit suivante est tout aussi typique. Il est dû à la chute des températures, à l'augmentation de l'humidité de l'air et à la diminution de la vitesse du vent. Le jour suivant, la courbe des pertes grimpe à nouveau légèrement, sans conséquences significatives toutefois sur les pertes totales.

Dans tous les cas, plus de 60% du total des émissions se sont produites le premier jour de l'essai, et la majeure partie durant les deux à quatre premières heures. Ceci est important pour plusieurs raisons:

1. Ce sont les premières heures qui suivent l'épandage qui sont déterminantes pour la hauteur totale des pertes. Si cette phase réunit des conditions avantageuses pour la volatilisation de l'azote (notamment des températures élevées), les pertes seront indéniablement élevées.

2. Les différences que l'on a pu relever entre les différents procédés en ce qui concerne la hauteur des pertes se sont toutes creusées le premier jour des essais. Les jours suivants, les émissions étaient très semblables d'un procédé à l'autre.

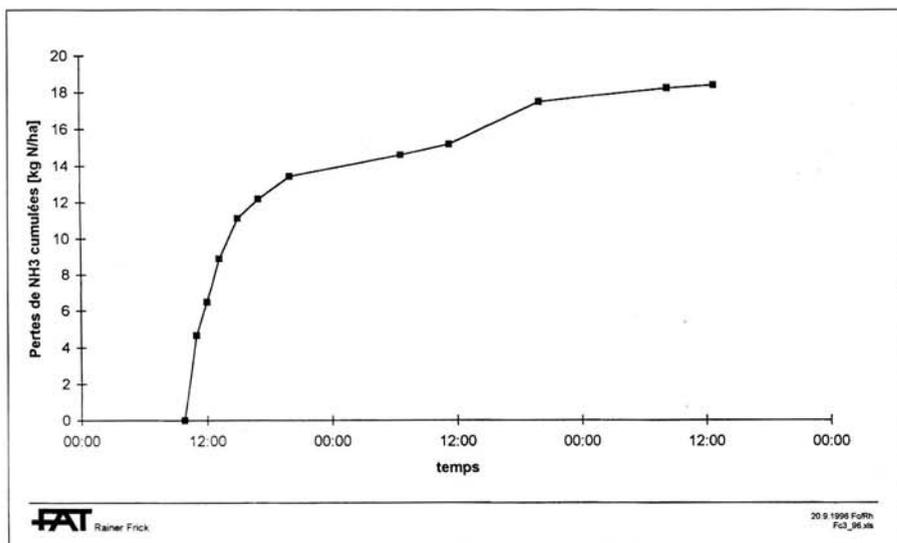


Fig. 5. Evolution typique de la volatilisation de l'ammoniac durant les deux premiers jours qui suivent l'épandage du lisier. Essai en plein champ avec du lisier de bovins complet dilué à 1:1, 34 m³ par ha, épandage à 10 heures, température de 18,1 °C au moment de l'épandage.

3. L'incorporation des engrais de ferme après leur épandage ne permet de diminuer les pertes d'ammoniac que si elle est effectuée immédiatement, c.-à-d. dans les premières heures qui suivent l'épandage.

Hauteur des pertes d'ammoniac

Les pertes d'azote par volatilisation de l'ammoniac relevées dans les essais en plein champ allaient de 8 à 30 kg N par ha suivant les conditions. Les pertes représentaient entre 25 et 95% de l'azote ammoniacal épandu sous forme d'engrais de ferme (Fig. 6).

Les grandes différences d'un essai à l'autre sont essentiellement dues aux conditions météorologiques variables. Les pertes affichent une dépendance très nette par rapport au déficit de saturation en eau de l'air: lorsque les températures étaient élevées et l'humidité de l'air réduite, les pertes étaient plus importantes que lorsque le temps était frais et humide (Fig. 6). On peut tirer la même conclusion de la répartition saisonnière des pertes relevées dans les essais en plein champ (procédés standards pour le lisier). Durant les mois de juin, juillet et août, les pertes d'ammoniac étaient en moyenne 35% plus élevées que durant les autres mois (Fig. 7).

Pour le lisier, sur la base des résultats des mesures présentés ci-dessus, on estime les pertes en moyenne à 50% de l'azote ammoniacal appliqué lorsque l'épandage est effectué sur une grande surface. Pour un apport de 30 m³ par ha et un taux d'azote ammoniacal de 1 kg par m³ de lisier, cela représente une perte d'azote de 15 kg par ha.

Pour le fumier, les pertes moyennes sont comprises entre 60 et 70% de l'azote ammoniacal épandu, soit encore un peu plus que pour le lisier. Cette différence est due essentiellement au fait que le fumier, contrairement au lisier, ne peut pas s'infiltrer dans le sol. Mais comme le fumier contient peu d'azote ammoniacal, si l'on rapporte les pertes à l'azote total, elles sont moins élevées que pour le lisier. Les pertes mesurées durant les essais réalisés avec le fumier s'évaluaient sur une échelle plus large que pour le lisier. Ce phénomène s'explique par les différences de degré de décomposition, de pourcentage de paille et les diverses modalités de stockage.

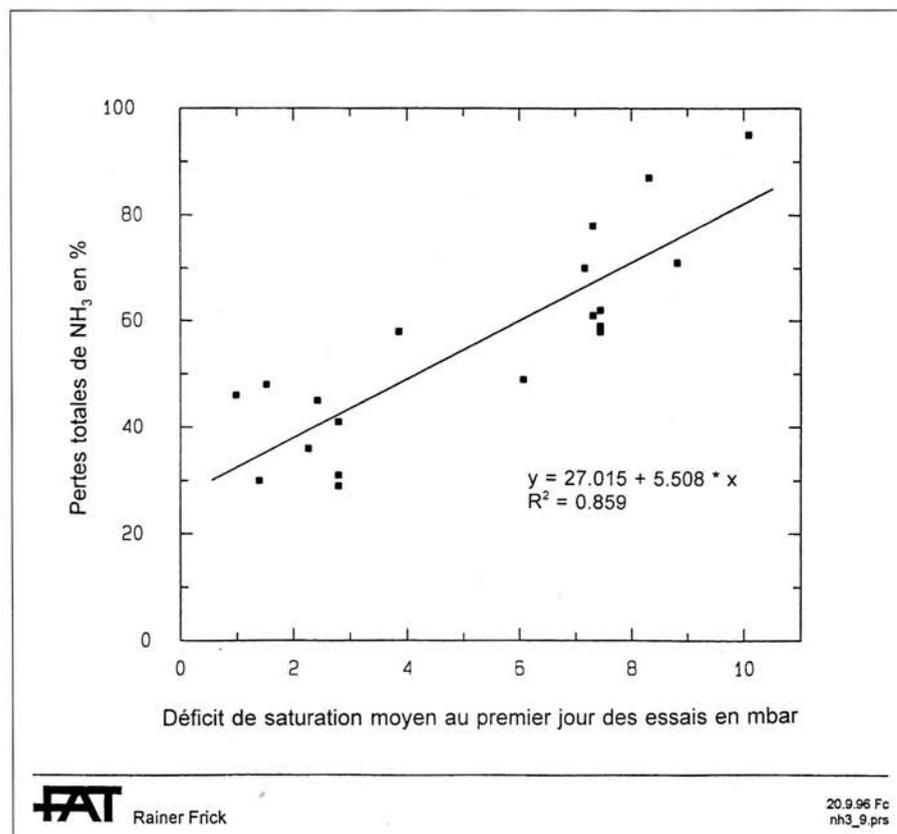


Fig. 6. Pertes relatives d'ammoniac durant les deux premiers jours qui suivent l'épandage du lisier (procédés standards dans les essais en plein champ) en fonction du déficit de saturation de l'air. Lorsque la température monte et que l'humidité de l'air diminue, les pertes d'ammoniac, elles, augmentent.

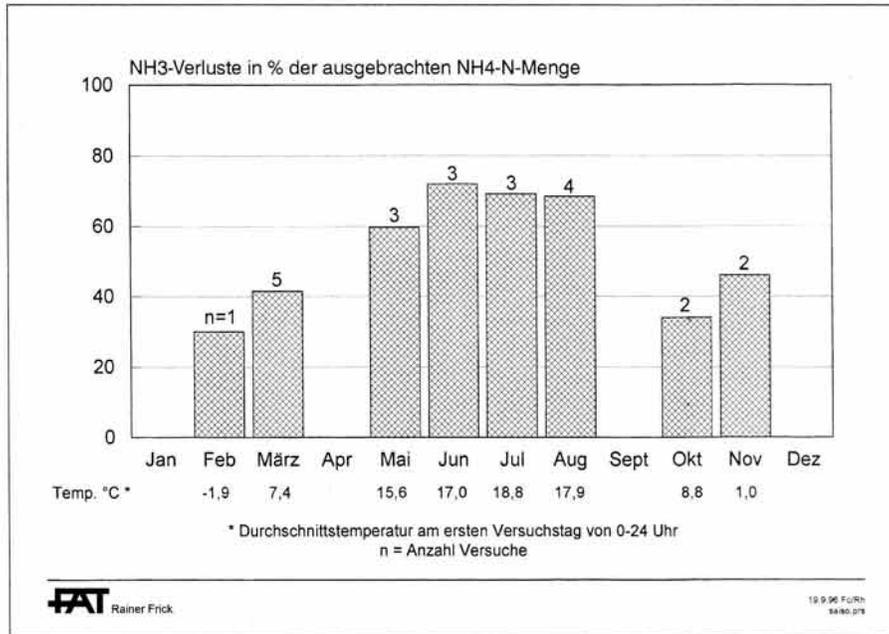


Fig. 7. Répartition saisonnière des pertes relatives d'ammoniac durant les deux premiers jours qui suivent l'épandage du lisier (23 procédés dans les essais en plein champ avec du lisier complet de bovin, dilué à 1:1, 30–35 m³ par ha, épandage le matin).

De nombreux facteurs d'influence

La volatilisation d'ammoniac après l'épandage d'engrais de ferme dépend de plusieurs facteurs. La figure 8 réunit quelques paramètres importants. Les conditions météorologiques juste après l'épandage sont essentielles, de même que le type et la composition de l'engrais de ferme utilisé. En ce qui concerne le lisier, le mode d'épandage et l'état du sol jouent également un grand rôle. Les autres facteurs, tels que le

type de sol, les paramètres chimiques du sol et le rayonnement global exercent une influence mineure. En matière de **conditions météorologiques**, la température, l'humidité de l'air et la vitesse du vent sont les éléments déterminants. Les pertes d'ammoniac affichent non seulement une dépendance très nette par rapport à la température, comme le montre l'évaluation des procédés standards pour le lisier dans les essais en plein champ (Fig. 9), mais elles sont aussi indirectement

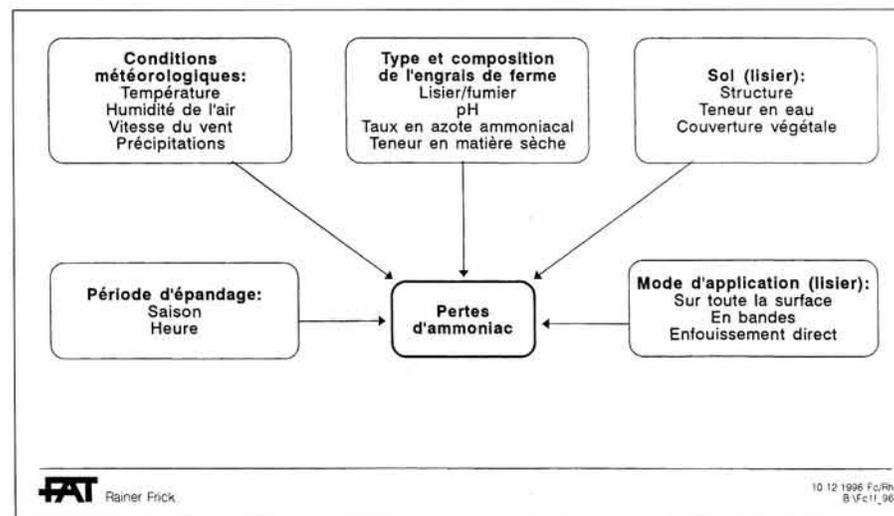


Fig. 8. Principaux facteurs influençant les émissions d'ammoniac lors de l'épandage d'engrais de ferme.

tement dépendantes de l'humidité relative de l'air. Une humidité réduite favorise l'évaporation de l'eau, ce qui accroît la concentration de l'azote ammoniacal dans le lisier et permet la volatilisation de l'ammoniac. En fait, l'importance de l'humidité relative de l'air n'apparaît qu'en relation avec la température, c.-à-d. avec le déficit de saturation en eau de l'air (Fig. 6). Un vent fort accroît également la volatilisation de l'ammoniac, car il évacue en permanence l'ammoniac émis par les engrais de ferme. La différence de concentration entre les engrais de ferme et l'air ambiant reste donc élevée, ce qui engendre une libération continue d'ammoniac.

Si les engrais de ferme sont épandus lorsqu'il pleut, les éléments fertilisants s'infiltrent dans le sol, ce qui empêche l'azote ammoniacal de se volatiliser. On peut admettre que lorsque le volume des précipitations atteint plus de 10 litres par m², il n'y a pratiquement plus d'ammoniac émis.

Le **moment choisi pour l'épandage** est étroitement lié aux conditions météorologiques. La *saison* joue un grand rôle, mais les influences *journalières* également.

Le **type et la composition** de l'engrais de ferme utilisé influent considérablement sur le niveau des émissions d'ammoniac. En ce qui concerne l'origine des pertes d'ammoniac, le *fumier* se distingue du *lisier* sur deux points. D'une part, le fumier contient moins d'azote ammoniacal que le lisier, en proportion de la teneur en azote total. D'autre part, il ne peut pas s'infiltrer dans le sol comme le lisier, ce qui veut dire qu'il reste soumis à la volatilisation plus longtemps après l'épandage.

Lorsque le *pH* du lisier baisse, les émissions d'ammoniac diminuent. Comme le montrent des essais réalisés en laboratoires à l'étranger, la volatilisation cesse pratiquement lorsque le pH est inférieur à 6. Des pH si bas ne peuvent toutefois être obtenus que par adjonction d'acides chimiques (acides nitrique, phosphorique, sulfurique). Mais la quantité d'acide nécessaire pour faire baisser le pH entraîne une telle concentration en azote, phosphore et soufre, qu'il n'est pas question de prendre de telles mesures, pour des raisons écologiques.

De plus, les émissions d'ammoniac sont étroitement liées à la *teneur en azote ammoniacal* de l'engrais de

Fig. 9. Pertes relatives d'ammoniac durant les deux premiers jours qui suivent l'épandage du lisier (procédé standard dans les essais en plein champ) en fonction de la température de l'air. La température moyenne durant le premier jour des essais exerce une influence déterminante sur le niveau des pertes.

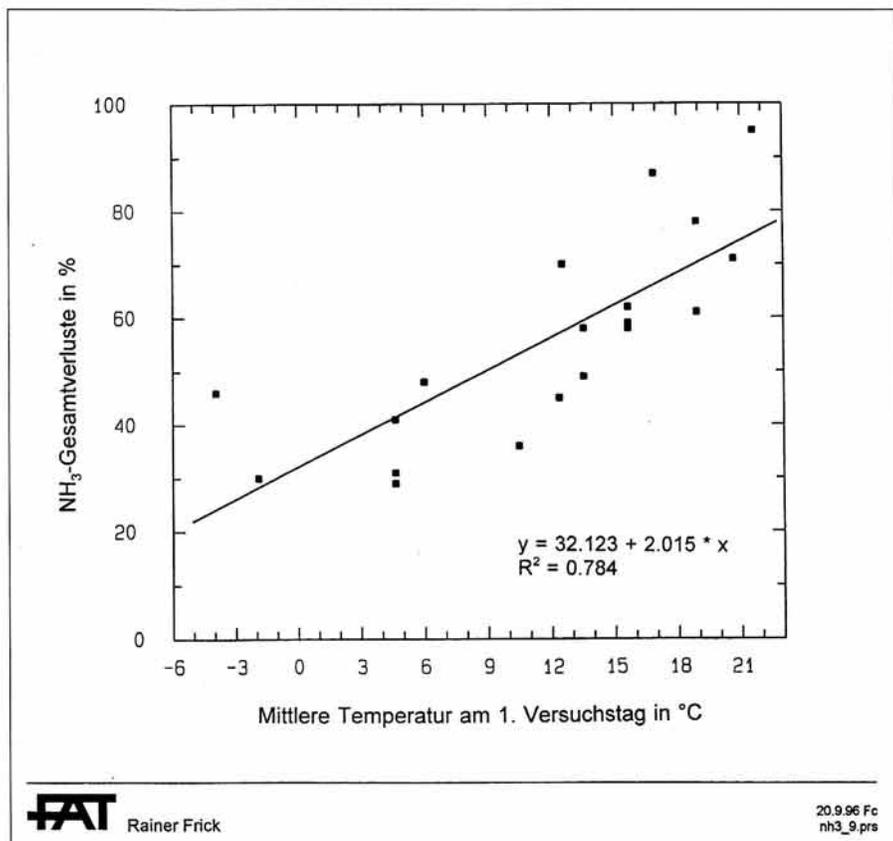
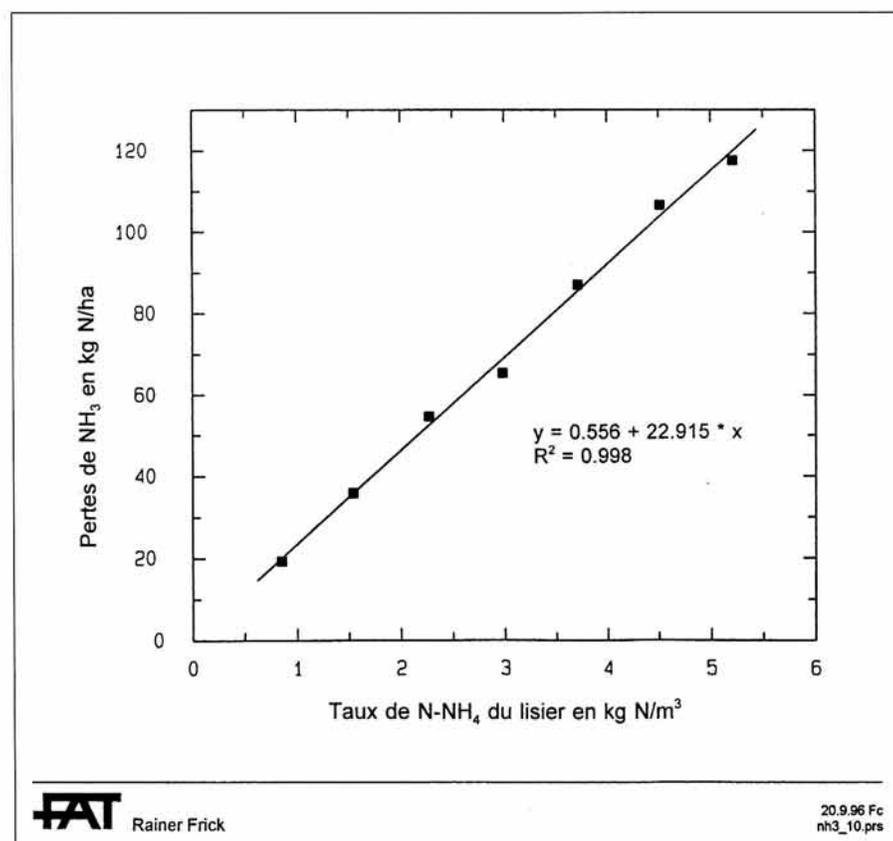


Fig. 10. Influence du taux d'azote ammoniacal sur les pertes d'ammoniac pour le lisier. Pour varier les taux d'azote, quelques jours avant l'essai, on a rajouté de l'urée aux lisiers (lisier complet de bovins avec 4,1% MS, 35 m³ par ha). Essai en tunnels aérodynamiques, Liebfeld, août 1995.



ferme (Fig. 10). Plus le lisier et le fumier contiennent d'azote ammoniacal, plus les pertes sont élevées.

En ce qui concerne le lisier, le *taux de matière sèche* (MS) joue également un rôle. Les émissions d'ammoniac suivent de manière linéaire l'augmentation du taux de MS du lisier (Fig. 11). Plus le pourcentage de MS est faible, plus le lisier s'infiltrerait rapidement dans le sol et plus les ions d'ammonium se lient vite aux minéraux argileux et aux éléments composant l'humus. Ce phénomène réduit le potentiel de pertes. Autre paramètre étudié: la *quantité de lisier épandue*. Les pertes absolues suivent linéairement l'augmentation des apports de lisier. Au niveau des pertes relatives (en % de l'azote ammoniacal apporté), le schéma est inversé: plus les apports fractionnés sont élevés, plus les émissions d'ammoniac sont faibles. Cela est dû au fait qu'au bout d'un certain laps de temps, le lisier épandu forme une sorte de «couvercle». Cette constatation n'a guère de signification pour la pratique étant donné qu'en production végétale, il faut absolument tendre vers un fractionnement des apports.

L'*état du sol* joue également un rôle décisif en ce qui concerne l'infiltration du lisier. Si son potentiel d'absorption est déséquilibré, que ce soit le fait d'une teneur extrême en eau (sol desséché, saturé en eau ou gelé) ou d'une structure défavorable (sol compacté, battant), le risque de volatilisation de l'ammoniac augmente. Une couverture végétale dense ou une couche de paille hachée exercent le même effet négatif, car elles constituent une importante surface d'émission et empêchent l'infiltration du lisier.

En ce qui concerne l'épandage du lisier, il faut aussi tenir compte du **mode d'application**. A côté des *répartiteurs* classiques, qui induisent un fort risque de pertes en raison de l'imprégnation totale de la surface du sol, il existe désormais des systèmes qui répartissent le lisier en surface en lignes (par exemple, épandeur à tuyaux souples ou distributeur à tuyaux semi-rigides avec socs) et des systèmes qui introduisent directement le lisier dans le sol (par exemple, épandeur avec système d'enfouissement du lisier). Ces techniques, d'une part, réduisent la surface de contact entre le lisier et l'air ambiant et, d'autre part, diminuent le temps de séjour du lisier en surface du sol.

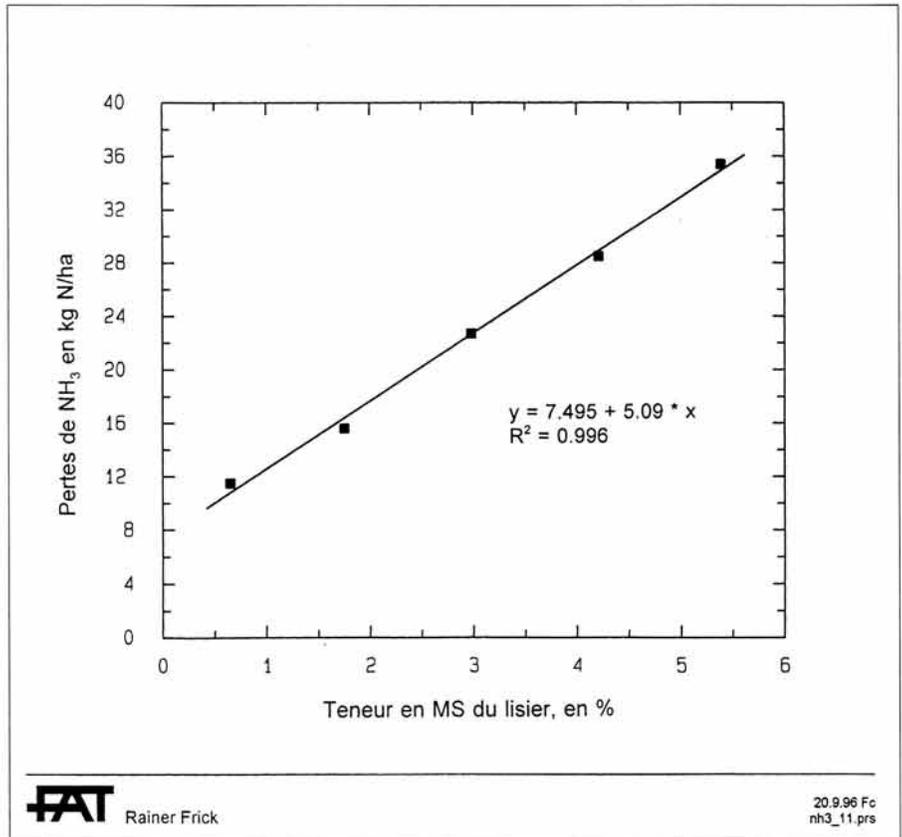


Fig. 11. Pertes d'ammoniac après l'épandage du lisier en fonction du taux de MS. Pour avoir le même taux d'azote ammoniacal (4,3 kg N-NH₄ par m³ de lisier) dans tous les procédés, les lisiers dilués ont été complétés avec du NH₄NO₃ (nitrate d'ammoniaque). Lisier de bovins complet, quantité épandue 37 m³ par ha. Essai en tunnels aérodynamiques, Liebfeld, juin 1994.



Fig. 12. Les sols croûtés et battants ont un potentiel de pertes très élevé, parce que le lisier reste à la surface et que de ce fait une grande quantité d'ammoniac peut se volatiliser.

Conséquences pour la pratique

En l'état actuel des connaissances, les résultats des essais permettent d'établir les recommandations suivantes:

Choisir le bon moment

Le premier principe en matière d'épandage du lisier, c'est de tenir compte des conditions météorologiques. Lorsque le temps est chaud et sec, il faut si possible éviter d'épandre du lisier et du fumier. L'essentiel, ce sont les conditions qui règnent dans les premières heures qui suivent l'épandage. Il est préférable d'attendre un jour de basse pression, lorsque la température est basse et le vent faible pour épandre les engrais de ferme, à moins d'effectuer cette opération en fin d'après-midi ou le soir. Épandre les engrais de ferme peu de temps avant ou pendant une pluie fine constitue également une bonne solution car de cette manière, l'azote s'infiltrerait rapidement dans le sol. Mais il faut à tout prix éviter les pertes par lessivage et ruissellement ou les dégâts que le passage des machines sur un sol détrempe peut causer au terrain.

Tenir compte de l'état du sol

Il faut que le lisier puisse s'infiltrer rapidement dans le sol. C'est pourquoi il faut éviter d'apporter du lisier sur des sols compactés, desséchés ou détrempe car leur taux d'absorption est réduit.

Diluer suffisamment le lisier

Lorsqu'on ajoute de l'eau au lisier, cela réduit sa teneur en matière sèche et en azote ammoniacal, ce qui freine le processus d'émission. Le lisier dilué reste moins collé aux plantes et pénètre plus rapidement dans le sol.

L'effet de la dilution du lisier avec de l'eau a été étudié dans plusieurs essais en tunnels aérodynamiques. Tous ces essais montrent que plus le lisier est dilué, plus le pourcentage de matière sèche est réduit, plus les émissions d'ammoniac diminuent.

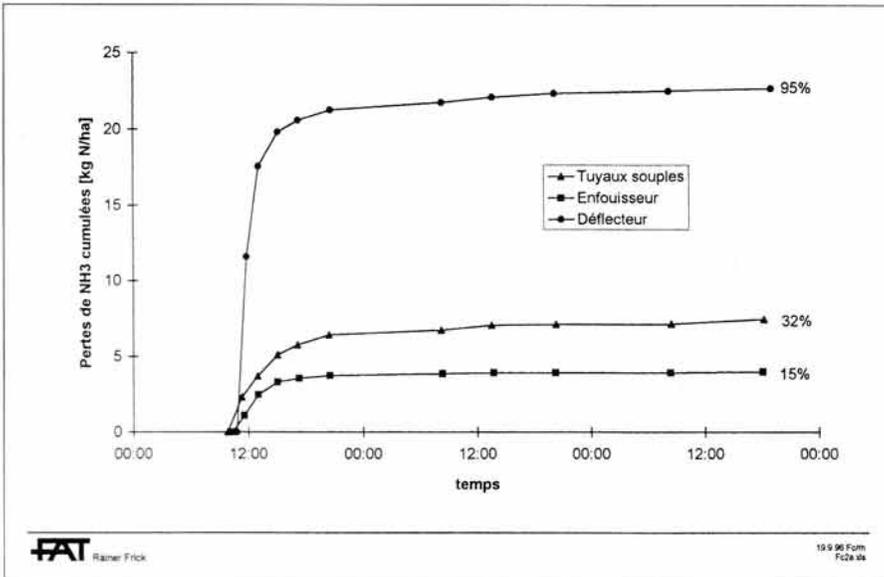


Fig. 13. Pertes d'ammoniac cumulées durant les trois premiers jours qui suivent l'épandage du lisier (29–33 m³ par ha) sur les prairies temporaires en fonction de la technique d'épandage. Lisier de bovins complet avec 3,4% de MS et 0,8 kg N-NH₄ par m³; sol sec; température lors de l'épandage 24 °C. Tänikon, juillet 1994.

Au cours d'essais en plein champ réalisés à Tänikon par temps chaud, les pertes d'ammoniac se sont avérées plus de 60% plus faibles avec un épandeur à tuyaux souples (distance entre les tuyaux: 25 cm) qu'avec un déflecteur (Fig. 13). L'emploi d'un épandeur avec système d'enfouissement du lisier durant le même essai a permis de réduire les émissions de 77%. Certes, cet essai a été effectué dans des condi-

tions quelque peu extrêmes du fait des températures élevées (pertes avec le déflecteur de l'ordre de 95% de l'azote ammoniacal). Les différences entre les procédés étaient donc très nettes alors que si le temps n'avait pas été si chaud, il aurait été plus difficile de mettre en évidence l'efficacité d'une technique engendrant peu de pertes.



Fig. 14. Les épandeurs à tuyaux souples répandent le lisier en bandes, à proximité immédiate du sol. La surface de contact du lisier réduite induit des pertes d'ammoniac nettement plus faibles.

Même s'il est difficile d'établir concrètement quelle est la dilution optimale (lisiers de compositions différentes, conditions différentes au niveau de l'exploitation), le lisier de bovins complet devrait être dilué au moins à 1:2; et au moins à 1:3 lorsqu'il est plus riche (purin ou lisier de porc par exemple). Ces valeurs sont données à titre de règle approximative.

Grandes cultures: incorporer le fumier au terrain, ameublir le sol

Dans les grandes cultures, les engrais de ferme devraient être incorporés le plus rapidement possible après l'épandage. Pour que l'opération soit efficace, les engrais de ferme doivent être incorporés immédiatement après l'épandage, c'est-à-dire dans les heures suivantes. Comme cette technique est problématique lorsqu'on utilise du lisier (lissage du sol, patinage important), elle est surtout recommandée dans le cas du fumier. Avec le lisier, il est plus efficace d'ameublir le sol avant l'épandage. Au cours d'un essai pratiqué sur des chaumes de céréales, les émissions ont pu être réduites de 20% car avant l'épandage, le sol avait été aéré à l'aide d'un chisel, respectivement d'une herse rotative à axe horizontal. C'est pourquoi il peut être judicieux d'effectuer le travail du sol avant, et non après, l'épandage du lisier, notamment lorsque les sols ont une capacité d'absorption réduite.

Technique d'épandage spéciale

Il est possible de réduire nettement les pertes en utilisant des épandeurs à

tuyaux souples ou des distributeurs à tuyaux semi-rigides avec socs qui permettent d'appliquer le lisier en bandes, à proximité immédiate du sol. Les épandeurs enfouisseurs en ligne sont encore plus efficaces, car ils introduisent le lisier directement dans le sol. Il est possible de les utiliser dans les grandes cultures dans la mesure où les conditions du sol le permettent. Dans les cultures fourragères, ce n'est qu'avec la plus grande réserve qu'on peut recommander l'utilisation d'épandeurs avec système d'enfouissement du lisier, car ils conviennent mal aux conditions suisses (machines d'un poids élevé, risque d'endommager le sol, faible aptitude à la pente) ou présentent d'autres inconvénients encore (efficacité moyenne sur les terrains argileux, risque d'endommager le tapis végétal).

L'aspect «Possibilités et efficacité des différentes mesures permettant de limiter les pertes, notamment la technique d'épandage» sera traité ultérieurement de manière plus approfondie dans une deuxième publication (rapport FAT).

Perspectives

Les pertes d'azote par volatilisation de l'ammoniac lors de l'épandage d'engrais de ferme sont inévitables. Mais par contre, il est tout à fait possible de les maintenir dans certaines limites en appliquant quelques principes simples. Les exigences à satisfaire par l'agriculteur sont certes de plus en plus

élevées, car il lui faut tenir compte non seulement de la volatilisation de l'ammoniac, mais aussi des autres formes de pertes d'azote (lixiviation des nitrates, ruissellement des éléments fertilisants). Il est indispensable de s'occuper de ce problème et d'être prêt à vouloir prendre en main les pertes d'ammoniac. Mais qui n'est pas prêt à le faire? En effet, il est de plus en plus important de réduire les pertes étant donné que l'utilisation de l'azote est toujours plus limitée, comme l'exige par exemple la production intégrée. C'est aussi un moyen de protéger l'environnement, ce qui est important pour préserver l'image de l'agriculture au sein de la population.

Bibliographie

- Katz P., 1996. Ammoniakemissionen nach der Gülleanwendung auf Grünland. Dissertation EPF NI 11382.
- Lockyer D. R., 1984. A system for the measurement in the field of losses of ammonia through volatilization. *Journal of Science Food Agriculture*, 35:837-848.
- Wilson J.D., Thurtell G.W., Kidd G. E. et Beauchamp E. G., 1982. Estimation of the rate of gaseous mass transfer from a surface source plot to the atmosphere. *Atmospheric Environment*, 16: 1861-1867.

Traduction: ABConseil SA, Orbe