

**Zeitschrift:** Technique agricole Suisse  
**Herausgeber:** Technique agricole Suisse  
**Band:** 59 (1997)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Pertes d'ammoniac après l'épandage d'engrais de ferme : différences très nettes en fonction des conditions  
**Autor:** Frick, Rainer / Menzi, Harald / Katz, Peter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1084553>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 05.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## 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. Pour l'agriculteur, ces pertes représentent non seulement une quantité d'azote précieuse qui disparaît ainsi, mais elles expliquent aussi 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, le type et la composition de l'engrais de ferme; et s'il, s'agit de lisier, 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	19
D'où provient l'ammoniac?	19
Impact des émissions d'ammoniac	19
Méthodologie	19
Résultats	19
Conséquences pour la pratique	23
Bibliographie	24



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 ( $\text{NH}_3$ ). 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 ( $\text{NH}_4^+$ ) et ammoniac ( $\text{NH}_3$ ). En solution aqueuse,  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NH}_3$  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  $\text{NH}_3$ . 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.

### ... 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 correc-

tement 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. Au contraire, 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 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 (Fig. 2).

## 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. 3). Le net affaïssement des émissions durant la nuit suivante est tout aussi typique. Il est dû à la chute des températures, à l'augmenta-

tion 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 deux 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. 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. 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. 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 relatives d'ammoniac étaient en moyenne 35% plus élevées que durant les autres mois (Fig. 4).

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 m<sup>3</sup> par ha et un taux d'azote ammoniacal de 1 kg par m<sup>3</sup> de lisier, cela représente une perte d'azote de 15 kg par ha.

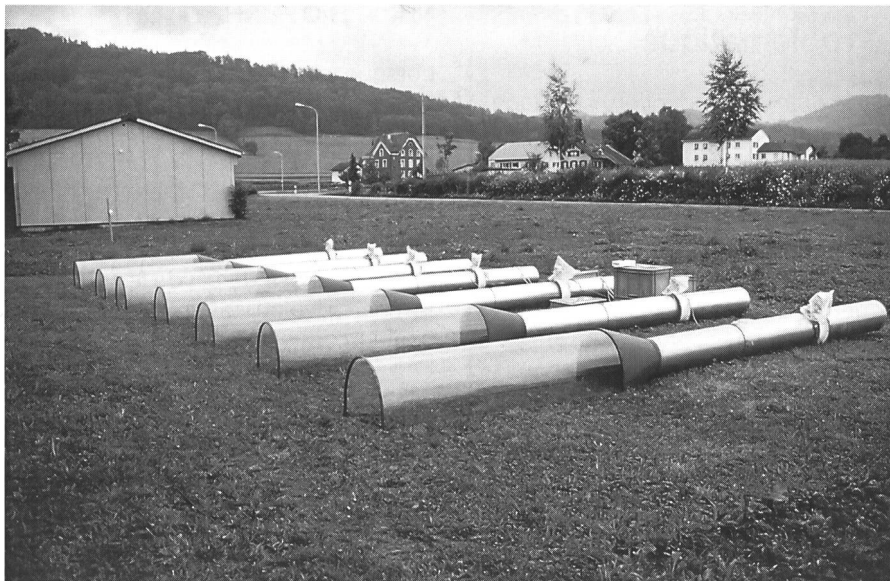


Fig. 2. Tunnels aérodynamiques pour mesurer les pertes d'ammoniac: faire varier progressivement un paramètre préalablement défini (p. ex. le degré de dilution), permet d'étudier de manière ciblée son influence sur les pertes.

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.

### De nombreux facteurs d'influence

La volatilisation d'ammoniac après l'épandage d'engrais de ferme dépend de plusieurs facteurs. La figure 5 réunit les principaux paramètres.

Les **conditions météorologiques** dans les heures qui suivent l'épandage sont essentielles pour la hauteur des pertes. L'évaluation des procédés standards employés pour le lisier dans

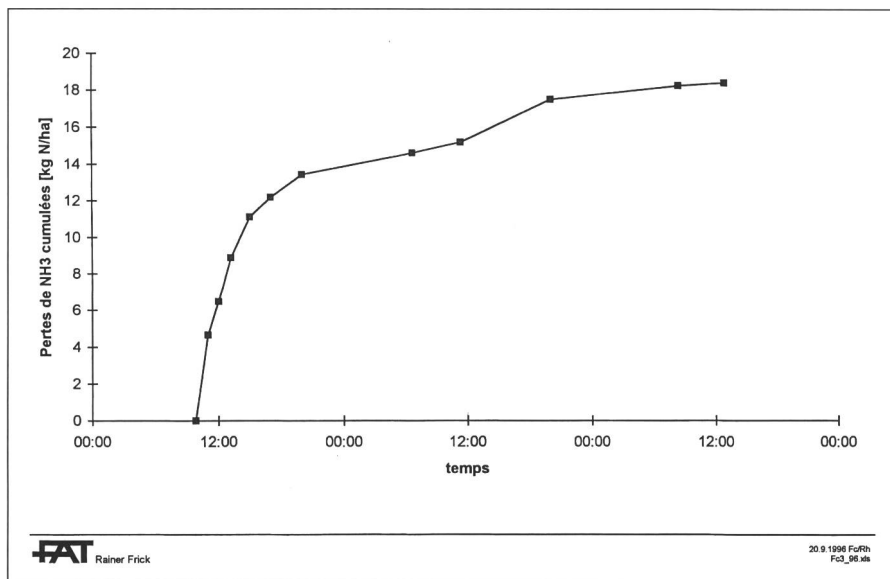


Fig. 3. Évolution typique de la volatilisation de l'ammoniac durant les deux premiers jours qui suivent l'épandage du lisier. Essai en plein champ avec du lisier de bovins complet dilué à 1:1, 34 m<sup>3</sup> par ha, épandage à 10 heures, température de 18,1 °C au moment de l'épandage.

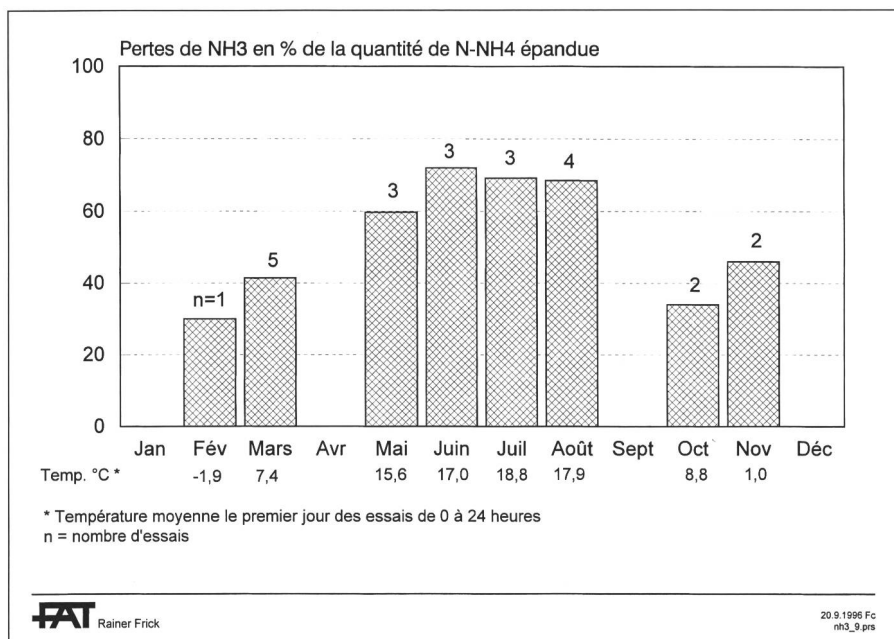


Fig. 4. Répartition saisonnière des pertes relatives d'ammoniac durant les deux premiers jours qui suivent l'épandage du lisier (23 procédés dans les essais en plein champ avec du lisier complet de bovin, dilué à 1:1, 30–35 m<sup>3</sup> par ha, épandage le matin).

les essais en plein champ montre que les pertes d'ammoniac affichent une dépendance très nette par rapport à la température (Fig. 6). Mais l'humidité relative de l'air et la vitesse du vent sont également des facteurs très importants. Une humidité réduite et un vent fort favorisent la volatilisation de l'ammoniac. Si les engrais de ferme sont épandus lorsqu'il pleut, les éléments fertilisants et l'azote ammoniacal s'infiltrent dans le sol. On peut admettre que lorsque le volume des précipitations atteint plus de 10 litres par m<sup>2</sup>, il n'y

a pratiquement plus d'ammoniac émis. 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'infiltre dans le sol comme le lisier, ce qui veut dire qu'il reste soumis à la volatilisation plus longtemps après l'épandage.

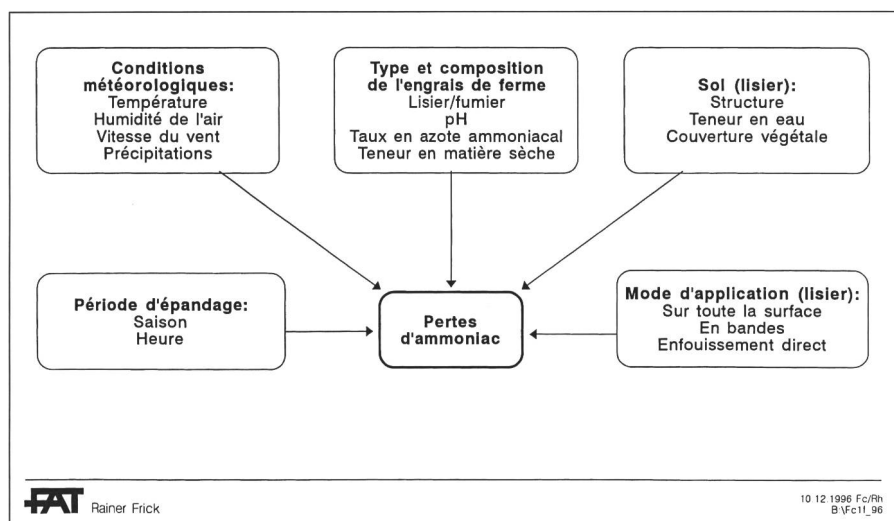


Fig. 5. Principaux facteurs influençant les émissions d'ammoniac lors de l'épandage d'engrais de ferme.

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), ce qui est hors de question, pour des raisons écologiques.

De plus, les émissions d'ammoniac sont étroitement liées à la **teneur en azote ammoniacal** de l'engrais de ferme (Fig. 7). Plus le lisier et le fumier contiennent d'azote ammoniacal, plus les pertes sont élevées.

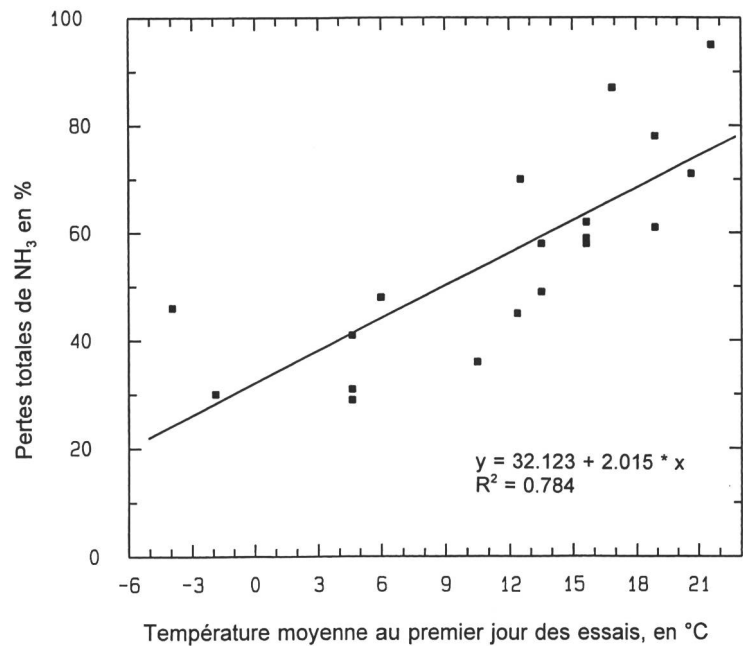
En ce qui concerne le lisier, le **taux de matière sèche (MS)** joue également un rôle. Les émissions d'ammoniac suivent de manière linéaire l'augmentation du taux de MS du lisier (Fig. 8). Plus le pourcentage de MS est faible, plus le lisier s'infiltre rapidement dans le sol et plus les ions d'ammonium se lient vite aux minéraux argileux et aux éléments composant l'humus. Ce phénomène réduit le potentiel de pertes.

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 (Fig. 9). 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, fig. 11) et des systèmes qui introduisent directement le lisier dans le sol (par exemple, épandeur avec système d'enfouissement du lisier).

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. 10). L'emploi d'un épandeur

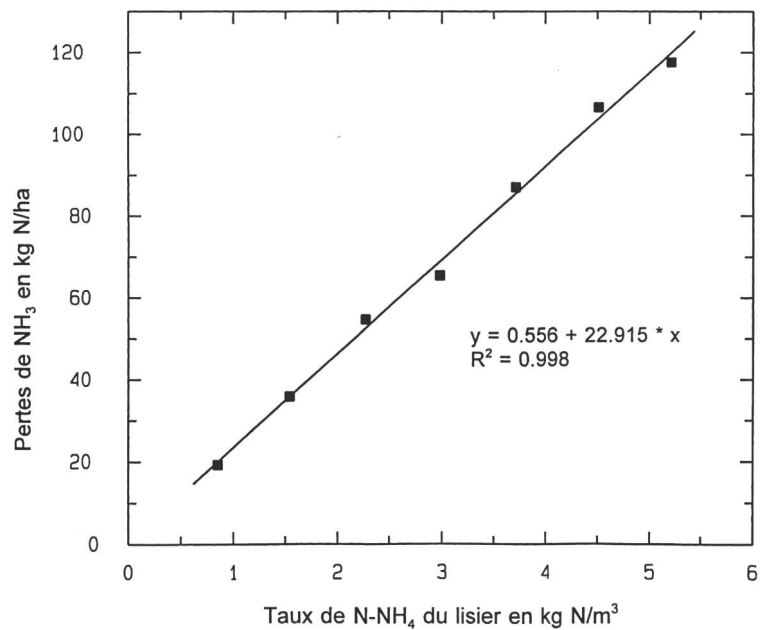
Fig. 6. Pertes relatives d'ammoniac durant les deux premiers jours qui suivent l'épandage du lisier (procédés standards dans les essais en plein champ) en fonction de la température de l'air. La température moyenne durant le premier jour des essais exerce une influence déterminante sur le niveau des pertes.



**FAT** Rainer Frick

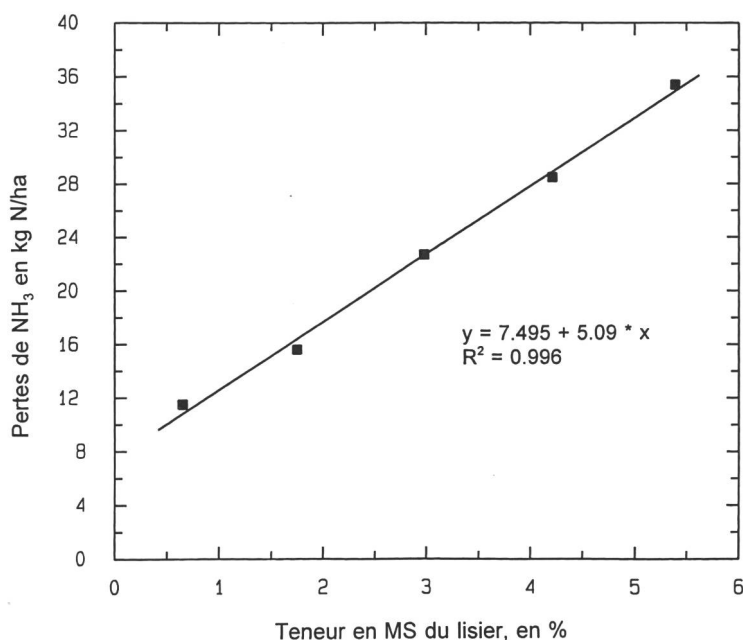
20.9.96 Fc  
nh3\_9.prs

Fig. 7. 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, Liebefeld, août 1995.



**FAT** Rainer Frick

20.9.96 Fc  
nh3\_10.prs



Rainer Frick

20.9.96 Fc  
nh3\_11.prs

Fig. 8. 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-NH<sub>4</sub> par m<sup>3</sup> de lisier) dans tous les procédés, les lisiers dilués ont été complétés avec du NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (nitrate d'ammoniaque). Lisier de bovins complet, quantité épandue 37 m<sup>3</sup> par ha. Essai en tunnels aérodynamiques, Liebfeld, juin 1994.



Fig. 9. 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.

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 conditions 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.

## 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'infiltre 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 détrempé peut causer au terrain.

### Tenir compte de l'état du sol

Il faut que le lisier puisse s'infiltre rapidement dans le sol. C'est pourquoi il faut éviter d'apporter du lisier sur des sols compactés, desséchés ou détrempés 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.

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, ameubler 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'ameubler 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

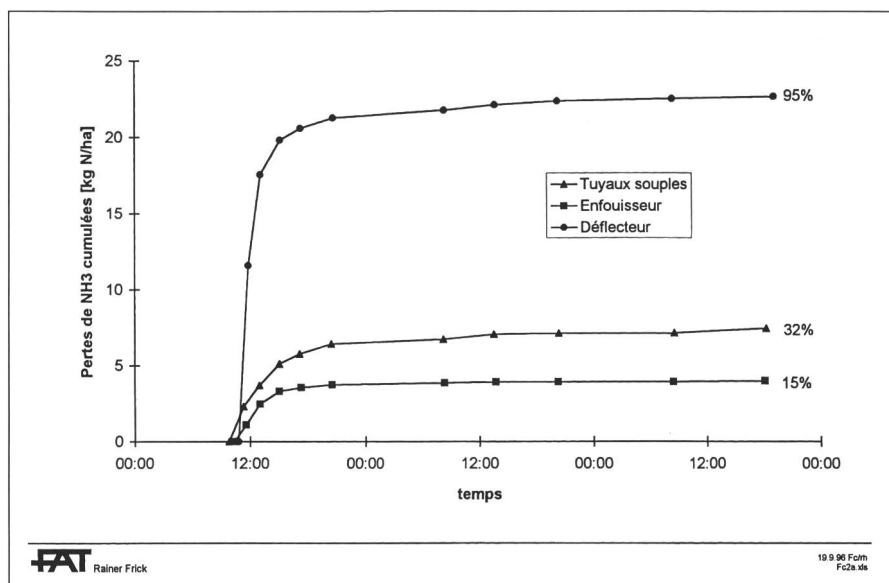


Fig. 10. Pertes d'ammoniac cumulées durant les trois premiers jours qui suivent l'épandage du lisier (29–33 m<sup>3</sup> par ha) sur les prairies temporaires en fonction de la technique d'épandage. Lisier de bovins complet avec 3,4% de MS et 0,8 kg N-NH<sub>4</sub> par m<sup>3</sup>; sol sec; température lors de l'épandage 24 °C. Tänikon, juillet 1994.

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).

## Bibliographie

Katz P., 1996. Ammoniakemissionen nach der Gülleanwendung auf Grünland. Dissertation EPF NI 11382.

Traduction: ABConseil SA, Orbe



Fig. 11. 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.