

Mesure des pertes par volatilisation lors de l'épandage de lisier sur prairie permanente

J. Gennen, P. Luxen

Lors de l'épandage de lisier, les pertes gazeuses peuvent être considérables. Elles représentent à la fois une émission néfaste pour l'environnement et une perte de fertilisant. Comment adapter les pratiques des éleveurs pour limiter ces pertes ? La synthèse de 24 années d'expérimentations donne des indications claires.

RÉSUMÉ

Les expérimentations conduites en Belgique ont cherché comment réduire les émissions d'ammoniac lors de l'épandage. Les conditions météorologiques sont déterminantes ; il est conseillé d'épandre pendant un épisode pluvieux. Parmi traitements du lisier testés, la dilution, l'aération ou l'ajout d'acide ou d'additifs liant l'ammoniaque permettent de réduire ces pertes mais présentent un coût et des contraintes ; méthanisation et séparation de phases risquent d'accroître les pertes. En ce qui concerne les techniques d'épandage, les épandeurs (à pendillards ou à patins) et les enfouisseurs (à disques ou à dents) donnent les meilleurs résultats mais représentent un investissement. Les buses à palette orientées vers le haut, peu onéreuses, sont à éviter car elles projettent de fines gouttelettes.

SUMMARY

Estimated loss of nitrogen via ammonia volatilisation during spreading of liquid manure on permanent grasslands

In Belgium, researchers carried out experiments over 24 years to determine how ammonia volatilisation could be reduced during grassland fertilisation. Weather plays a key role: it is recommended that fertiliser be spread during rainy conditions. Different liquid-manure treatments were tested. It was found that fertiliser dilution, fertiliser aeration, and the addition of acid or additives that react with ammonia could limit N losses. However, there were associated costs and constraints. Methanation and phase separation could increase losses. From an application standpoint, fertiliser spreaders and injectors yielded the best results but require a substantial financial investment. Broadcast spreaders with vertical fan nozzles are inexpensive but should be avoided because they project fine droplets.

Depuis 1991, le prix des engrais azotés a plus que doublé puisqu'il est directement corrélé avec le prix des énergies fossiles, pétrole et gaz. La même évolution s'observe au niveau du prix des autres nutriments qui proviennent de gisements naturels qui eux aussi sont limités. Cette tendance restera à la hausse dans les années à venir et les législations vont toutes dans le sens d'une réduction des émissions et pertes dans l'environnement. L'agriculteur a donc intérêt à adapter ses pratiques.

Durant et après l'épandage de lisier, des quantités importantes d'ammoniac peuvent se volatiliser. Ces pertes d'azote sont à éviter, pour l'environnement, mais aussi pour optimiser la valorisation des fertilisants. **Une**

expérimentation, destinée à déterminer les proportions de ces pertes d'ammoniac et à proposer des techniques pour les réduire, a été conduite depuis 1991 par Agra-Ost.

1. Origine des pertes ammoniacales

La maîtrise des pertes ammoniacales lors de l'épandage des engrais de ferme est une obligation légale, imposée par la directive NEC (*National Emission Ceiling*) entrée en vigueur le 27 novembre 2002. On estime que 93 % des émissions d'ammoniac sont imputables au secteur agricole. L'ammoniac provient des urines et de l'acide urique qui sont des formes solubles de l'azote.

AUTEURS

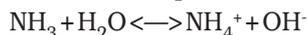
Agra-Ost asbl ; Klosterstrasse, 38, B-4780 Sankt-Vith ; agraost.enerbiom@skynet.be

MOTS CLÉS : Ammoniac, azote, Belgique, environnement, épandage, facteur climat, fertilisation organique, gestion de l'azote, lisier, machinisme agricole, météorologie, méthanisation, prairie, pollution de l'air.

KEY-WORDS : Agricultural machinery, air pollution, ammonia, Belgium, climatic factor, environment, fertiliser spreading, grassland, liquid manure, meteorology, methanisation, nitrogen, nitrogen management, organic fertilisation.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Gennen J., Luxen P. (2015) : "Mesure des pertes par volatilisation lors de l'épandage de lisier sur prairie permanente", *Fourrages*, 224, 265-268.

En solution aqueuse, il se forme un équilibre :



On constate l'augmentation des pertes ammoniacales lorsque cet équilibre se déplace vers la gauche, c'est-à-dire lorsqu'il y a de plus en plus d'ammoniac (NH_3) par rapport à l'ammonium (NH_4^+). **Divers facteurs agissent sur l'équilibre ammoniac - ammonium :**

- l'état du lisier et ses caractéristiques, en particulier le pH ;
- les conditions météorologiques pendant et après l'épandage ;
- l'état du sol ;
- les techniques d'épandage.

Immédiatement après l'épandage du lisier, des gaz, comme les acides gras volatils, s'évaporent. Ce phénomène provoque une augmentation du pH du lisier, augmentant les risques de pertes ammoniacales. Les pertes d'azote sont à éviter non seulement pour la protection de l'environnement, mais aussi pour des raisons économiques : la valeur estimée d'une unité d'azote est de 1 € pour la campagne 2015 (AGRA-OST, 2015a).

2. Méthodes et dispositif utilisés

Pour réaliser cette expérimentation, **une installation de mesure des pertes ammoniacales après épandage** a été mise au point, en se basant sur celles de K. Vlassak (1990) de l'Université Catholique de Leuven (KUL-Belgique) et de F. Paaß (1991) de l'Université de Bonn (Allemagne). Plusieurs améliorations ont été effectuées par la suite, notamment en concertation avec M. Mathot de l'Université Catholique de Louvain-la-Neuve (UCL-Belgique).

Le lisier est épandu sur l'herbe ou le sol juste avant le début des mesures. Les pertes sont mesurées avec un système de tunnels aérodynamiques en tôle galvanisée, posés à même le sol, avec une ouverture de 50 cm x 10 cm vers le sol (photo 1). Un aspirateur crée un courant d'air, capté à 1,5 m du sol, au travers des tunnels. Le débit de ce courant d'air est mesuré pour chaque tunnel individuellement à l'aide d'un anémomètre. Les gaz ammoniacaux du lisier, qui a été épandu sur la surface en dessous du tunnel, se mélangent avec ce courant d'air. Sur ce courant d'air, une pompe à vide aspire une certaine proportion du mélange air - ammoniac (environ 20 l/min), dont le volume est mesuré à l'aide d'un compteur à gaz EN1359 certifié (G2,5), et le conduit au travers d'un flacon-laveur, contenant 100 ml d'acide sulfurique qui fixe l'ammoniac du mélange. Toutes les heures, l'acide contenu dans les flacons-laveurs est remplacé, de façon à pouvoir mesurer l'ammoniac qui s'y fixe durant plusieurs heures consécutives (6-7 heures). Les différents échantillons sont gardés au frais avant d'être analysés au laboratoire. Le dosage de l'azote est réalisé selon la méthode de NESSLER (1977). Le système est composé de 9 tunnels et chaque variante est mesurée en plusieurs répétitions (plusieurs tunnels indépendants). Les concentrations d'ammoniac des parcelles témoins (n'ayant pas reçu de lisier) servent de référence : on y mesure l'ammoniac contenu dans l'air ambiant. Le schéma du système, la formule qui sert à calculer les émissions d'ammoniac volatilisé par hectare et un exemple concret ont été publiés auparavant (LUXEN, 1994).

Le risque de pertes par volatilisation dépend de nombreux facteurs. Les essais, conduits pendant 24 ans (AGRA-OST, 2010), ont évalué ces différents facteurs ainsi qu'envisagé divers traitements du lisier.

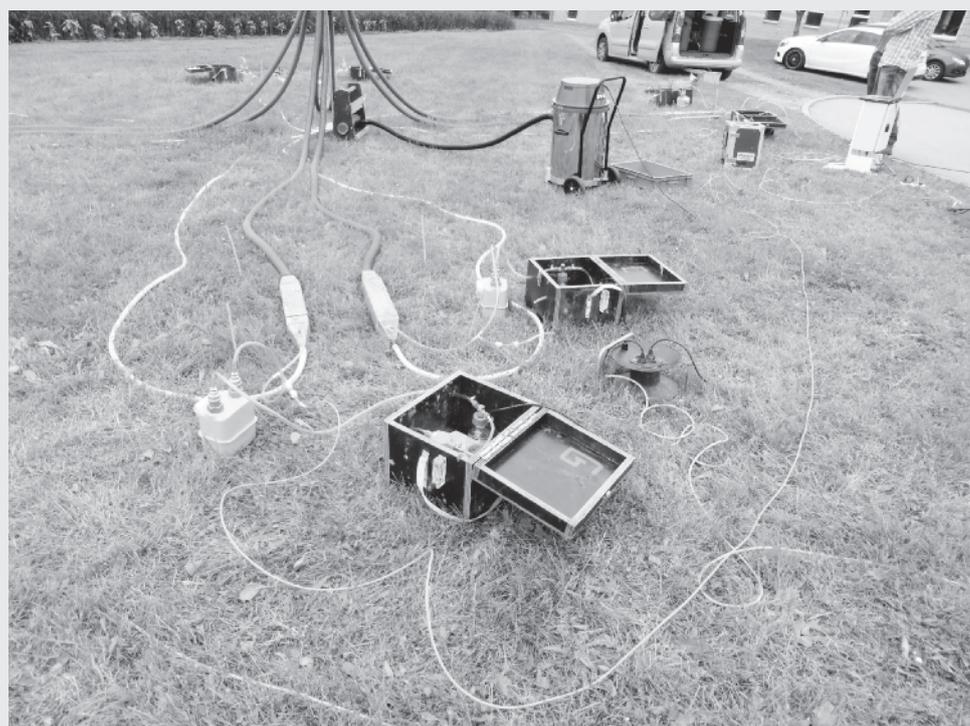


PHOTO 1 : Dispositif utilisé pour mesurer les pertes ammoniacales (photo : P. Luxen).

PHOTO 1 : Machine used to measure ammonia volatilisation (photo: P. Luxen).

Traitement	Mode d'action	Effet mesuré au niveau des pertes de NH ₃
Aération	réduction de la formation d'acides gras volatils	réduction des pertes, à condition d'éviter l'augmentation du pH et de la température lors du stockage
Acidification	diminution du pH par apport d'acide sulfurique	réduction des pertes, mais coût élevé : apport d'autres éléments (soufre) et danger lors de la manipulation
Additifs		
- bactériologiques	réduction du taux de MS	efficacité variable, coût élevé, qui ne compense pas l'avantage attendu
- chimiques	retardement de la nitrification (formaldéhyde)	réduction des pertes, action négative sur la vie du sol
- minéraux	fixation de l'ammonium	effet positif avec du phosphore bicalcique, mais risque d'apport de P en excès
Dilution avec de l'eau	diminution du taux de MS	réduction des pertes lorsque le lisier est trop épais mais augmentation du volume à épandre ; le meilleur compromis est un taux de MS de 4-6 % ; traitement à faible coût
Méthanisation	diminution du taux de MS	risque sensiblement augmenté, dû à l'augmentation du pH et du taux de N-NH ₄
Séparation en phases	diminution du taux de MS	risque augmenté pour la phase liquide

TABLEAU 1 : Traitements du lisier en vue de limiter les pertes par volatilisation (AGRA-OST, 2010).

TABLE 1 : *Effect of different liquid manure treatments on ammonia volatilisation* (AGRA-OST, 2010).

3. Résultats

■ Réduction des pertes grâce aux conditions météorologiques

Tout au long de nos recherches, nous avons constaté que les pertes sont les plus importantes directement après l'épandage et qu'elles vont ensuite en diminuant. Il est donc fondamental de faire évoluer les pratiques en intégrant les conditions météorologiques au moment de l'épandage.

La manière la plus efficace de réduire les pertes d'azote par volatilisation est d'**épandre par temps frais, pluvieux et calme** (vent < 20 km/h, c.a.d. < 3 sur l'échelle de Beaufort). Après épandage par temps chaud et ensoleillé, 80 à 90 % de l'ammonium sont perdus dans l'atmosphère ; par temps couvert et frais, seulement 26 %. Épandre son lisier 4-5 heures avant la pluie ou en prévision d'un orage n'est donc pas la bonne stratégie ; c'est pendant l'épisode pluvieux que l'épandage doit être mis en œuvre si l'on veut profiter au maximum de l'azote minéral, à action rapide, des engrais de ferme.

■ Réduction des pertes par un traitement du lisier

Les conclusions sur les traitements du lisier étudiés, leur mode d'action et leur effet mesuré, sont présentées au tableau 1. **Cinq traitements permettent de réduire les pertes.** Le traitement le plus simple et le moins coûteux est de diluer le lisier avec de l'eau (eau de pluie) jusqu'à atteindre un taux de matière sèche de 4 à 6 %. L'ajout d'acide ou d'additifs liant l'ammoniaque entraîne un certain coût et l'additif peu évidemment avoir un effet négatif sur la vie du sol si on en apporte trop. Il est évidemment important d'homogénéiser le contenu de la citerne de stockage avant l'épandage. L'aération du lisier se fait à l'aide d'un mélangeur à lisier spécial, qui amène

de l'air dans le lisier par pompage ou par force de centrifugation. La méthanisation augmente le risque de perte par volatilisation car une partie de la matière organique est minéralisée. Cela signifie qu'une partie de l'azote organique est transformée en azote ammoniacal. L'augmentation de la concentration en ammonium du lisier entraîne une augmentation des risques de pertes. Lors de la séparation en phases, on enlève une partie de la matière organique et du phosphore. L'ammonium se lie à la matière organique et au phosphore et, en enlevant ces deux fractions, on augmente le risque de pertes.

■ Les techniques d'épandage

Nos essais montrent que, lorsque les conditions météorologiques ne sont pas idéales, la technique d'épandage peut permettre de réduire les pertes (AGRA-OST, 2015b). Lors de l'épandage sur prairie, les pertes d'ammoniac peuvent être fortement réduites si le lisier est appliqué de manière à limiter au maximum le contact avec l'air. **La taille des gouttes et la proximité de l'épandeur de la surface du sol jouent un rôle important** (AGRA-OST, 2010). Le tableau 2 présente les résultats de nos essais au champ.

La buse à palette est le système le moins cher et l'épandage se fait de manière uniforme sur la surface mais la dose épandue peut varier sur la largeur de travail (par ex. plus au milieu et moins sur les bords). Elle crée de fines gouttelettes, qui offrent une grande surface de contact avec l'air, ce qui est à éviter.

La buse à palette orientée vers le haut projette le lisier vers le haut avant qu'il retombe sur le sol, ce qui augmente à nouveau le contact entre le lisier et l'air et favorise donc les pertes. Pour cette raison, ce système est interdit sur les tonneaux (tonnes) à lisier d'un contenu supérieur à 10 m³ en Belgique et Allemagne.

La buse à palette **orientée vers le bas** est le système le moins cher. Lorsque les conditions météorologiques

Risque de pertes	Coût d'investissement	Coût d'épandage	Homogénéité d'épandage	Commentaire
Buse à palette orientée vers le haut				
très élevé	bon marché	faible	pas la même dose de lisier sur toute la largeur d'épandage	interdit sur de grosses tonnes à lisier (> 10 m ³) en Belgique et Allemagne
Buse à palette orientée vers le bas				
élevé	bon marché	faible	pas la même dose de lisier sur toute la largeur d'épandage	convient quand les conditions météo sont idéales (frais et humide)
Buse oscillante (Möscha)				
moyen	bon marché	faible	bonne	moins sensible aux conditions météorologiques
Epandeurs à pendillards				
faible	élevé	moyen	homogène sur toute la largeur de la rampe, mais déposé en bandes < 5 cm	système de choix pour les produits riches en ammoniacque et par temps chaud et sec
Epandeurs à patins				
faible	élevé	moyen	homogène sur toute la largeur de la rampe, mais déposé en bandes < 5 cm	système de choix pour les produits riches en ammoniacque et par temps chaud et sec
Enfouisseur à disques				
très bas	élevé	élevé	homogène sur toute la largeur de la rampe, mais déposé en bandes < 5 cm	cause des dégâts en prairie
Enfouisseur à dents				
quasi nul	moyen	élevé	sur toute la largeur, mais en bandes	ne convient pas en prairie

TABLEAU 2 : Comparaison des différents systèmes d'épandage de lisier : risque de pertes par volatilisation, coût et homogénéité d'épandage (AGRA-OST, 2010 et 2015b).

TABLE 2 : Comparison of different systems for spreading liquid manure: degree of ammonia volatilisation, cost, and evenness of spread (AGRA-OST, 2010 and 2015b).

conviennent, ce système permet déjà de réduire les pertes par rapport à la buse orientée vers le haut, car le lisier arrive plus vite sur le sol. Lorsque les conditions climatiques ne conviennent pas, les pertes par volatilisation risquent d'être élevées.

La buse oscillante est un très bon compromis, car ce système projette de plus grosses gouttelettes, ce qui réduit la surface de contact du lisier avec l'air. Le coût d'investissement (800 €) est abordable pour un éleveur. Celui-ci peut effectuer lui-même l'épandage dès que les conditions météo le permettent, ce qui n'est pas toujours possible quand le fermier doit avoir recours à une entreprise agricole.

Les systèmes **d'épandeurs qui sont montés sur une rampe** à l'arrière du tonneau, sont coûteux et lourds. Leur utilisation sera **réservée aux entreprises ou groupements**. Le fertilisant est déposé en lignes de 5 cm, espacées d'environ 25 cm ; il est donc beaucoup moins bien réparti qu'avec un épandage en surface. Les pertes par volatilisation restent faibles même quand les conditions météorologiques ne sont pas optimales.

L'enfouisseur à disques cause des dégâts en prairie : il favorise l'apparition de mauvaises herbes dans les sillons créés par les disques. Cependant, cette technique permet de réduire les pertes par volatilisation à un minimum.

Conclusions

Afin de valoriser au mieux les engrais de ferme, il est primordial de limiter les pertes lors de l'épandage. La fin de l'hiver et le printemps sont généralement les saisons où les conditions climatiques permettent de limiter au

maximum les pertes par volatilisation. C'est également le moment où les plantes ont besoin d'azote pour démarrer leur croissance. Lorsque les conditions météorologiques ne sont pas idéales, il faut trouver un compromis en fonction des caractéristiques du lisier/digestat et du matériel d'épandage. Un choix judicieux permet de réduire les pertes par volatilisation à un minimum.

Affiche scientifique présentée aux Journées de l'A.F.P.F., "La fertilité des sols dans les systèmes fourragers", les 8 et 9 avril 2015

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGRA-OST (2010) : *Etude des pertes ammoniacales par volatilisation. Rapport de synthèse 1990 – 2008*, www.agraost.be
- AGRA-OST (2015a) : *La valeur des engrais de ferme (2015)*, www.agraost.be
- AGRA-OST (2015b) : *Le coût d'épandage de lisier (2015)*, www.agraost.be
- LUXEN P. (1994) : "Pertes par volatilisation après épandage de lisier sur prairie permanente", *Fourrages*, 140, 559-565.
- NESSLER (1977) : *Détermination de l'azote ammoniacal après distillation préalable, Norme belge, NBN, T91-252*, Institut belge de normalisation, ASBL, 29, av. de la Brabançonne, B 1040 Bruxelles.
- PAAB F. (1991) : *Ammoniakemissionen nach Gülleddüngung auf Grünland*, Institut für Pflanzenbau der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.
- VLASSAK K. (1990) : "Fixation de l'azote ammoniacal du lisier par le Kopto", *Sillon belge*, Laboratoire de recherches sur la fertilité et la biologie des sols, Université Catholique de Louvain.



Association Française pour la Production Fourragère

La revue *Fourrages*

est éditée par l'Association Française pour la Production Fourragère

www.afpf-asso.org



AFPF – Centre Inra – Bât 9 – RD 10 – 78026 Versailles Cedex – France

Tél. : +33.01.30.21.99.59 – Fax : +33.01.30.83.34.49 – Mail : afpf.versailles@gmail.com

Association Française pour la Production Fourragère