



Centre de référence en agriculture  
et agroalimentaire du Québec



## Colloque en agroenvironnement

### Le respect de l'environnement : tout simplement essentiel!

27 novembre 2008, Drummondville

Merci à nos partenaires financiers :



- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
- La Financière agricole
- Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs



# Gestion des engrains minéraux et organiques : volatilisation de l'ammoniac

**Philippe Rochette, Ph.D.**  
Chercheur scientifique

Agriculture et Agroalimentaire Canada  
Québec

Cette conférence a été présentée lors de l'événement et a été publiée dans le cahier des conférences.



Pour commander le cahier des conférences, consultez [le catalogue des publications du CRAAQ](#)

## **GESTION DES ENGRAIS MINÉRAUX ET ORGANIQUES : VOLATILISATION DE L'AMMONIAC**

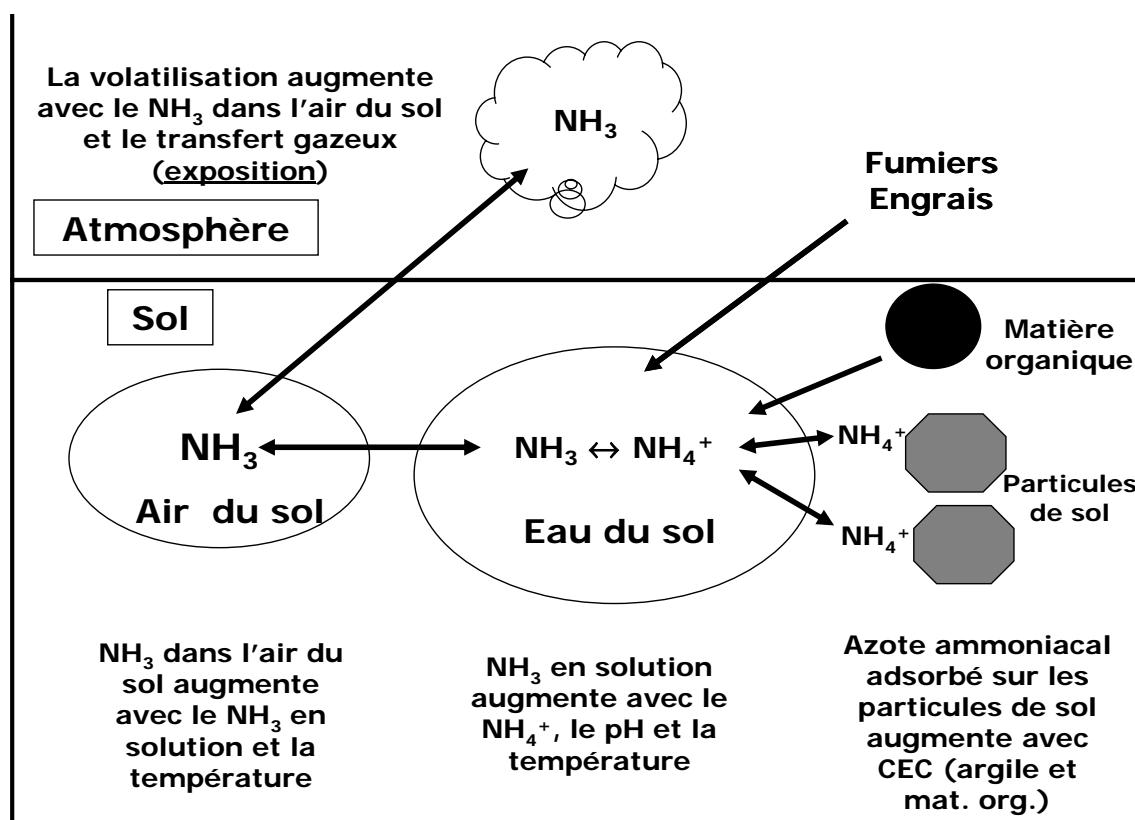
La volatilisation de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) est souvent la principale voie de perte d'azote lorsque des amendements riches en ammonium comme les fumiers ou l'urée sont appliqués au sol. Elle a des conséquences environnementales, sociales et économiques.

- La volatilisation de l'ammoniac est étroitement corrélée avec celle des autres substances malodorantes des fumiers. Diminuer la volatilisation d'ammoniac aux différentes étapes de la gestion des fumiers, c'est donc aussi réduire les émanations d'odeurs.
- L'azote ammoniacal peut être absorbé directement par les plantes. La volatilisation réduit donc la valeur fertilisante des amendements ammoniacaux. Au Québec, la valeur de l'azote ammoniacal volatilisé à partir des lisiers de porc correspond à une perte d'environ 10 millions \$ chaque année.
- Finalement, la présence d'ammoniac dans l'atmosphère a des impacts environnementaux importants. Il contribue, entre autres, à l'acidification des écosystèmes, à la formation du smog, au déséquilibre des milieux naturels et à la dégradation des surfaces extérieures des bâtiments et des structures. Récemment, le gouvernement canadien l'ajoutait à la liste des polluants atmosphériques dont la concentration atmosphérique devait être suivie et contrôlée. Dans les pays développés, l'agriculture est la source la plus importante d'ammoniac (jusqu'à 90 % des émissions nationales) et la gestion des fumiers et des engrains ammoniacaux devrait viser une faible volatilisation de l'ammoniac.

### **MÉCANISMES CONDUISANT À LA VOLATILISATION DE L'AMMONIAC**

La connaissance des mécanismes conduisant à la volatilisation de l'ammoniac aide à mieux comprendre comment il est possible de réduire la volatilisation par l'adoption de pratiques agricoles adaptées à chaque situation. La volatilisation de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) se produit lorsqu'il y a accumulation d'azote ammoniacal [ $\text{NH}_3$  (gaz) +  $\text{NH}_4^+$  (solide)] près ou à la surface du sol. Dans les écosystèmes naturels (forêt ou prairie non fertilisée), il y a très peu d'azote ammoniacal car sa transformation en  $\text{NO}_3^-$  et son absorption par les plantes sont plus rapides que sa formation par la décomposition de la matière organique. Les pertes d'ammoniac à l'atmosphère y sont donc presque nulles. Dans les sols agricoles, cet équilibre est rompu lorsque des fumiers (surtout des lisiers) et fertilisants ammoniacaux (surtout l'urée) apportent soudainement de grandes quantités d'azote ammoniacal. Les mécanismes qui consomment l'azote ammoniacal (nitrification, absorption par les plantes, adsorption sur les particules de sol, immobilisation dans la matière organique) prennent en général plusieurs jours à éliminer cet excès d'azote ammoniacal. C'est durant cette période (de 1 à 5 jours) que les risques de volatilisation d'ammoniac sont grands.

La figure 1 montre les équilibres physico-chimiques qui relient l'azote ammoniacal du sol à la volatilisation de l'ammoniac dans l'atmosphère. Toutes ces réactions sont réversibles et un changement de l'abondance d'une des substances affecte automatiquement celle d'une ou de plusieurs autres. Lorsque le lisier est ajouté au sol, il augmente immédiatement la quantité des deux formes de l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_3$  et  $\text{NH}_4^+$ ) dans l'eau du sol. Un délai (1 à 3 jours) est observé entre l'apport d'urée et l'augmentation de l'azote ammoniacal du sol en raison du temps nécessaire à son hydrolyse. La concentration en  $\text{NH}_3$  en solution dans l'eau du sol dépend de plusieurs facteurs. Elle augmente d'abord avec la concentration en  $\text{NH}_4^+$ ; une grande capacité d'échange cationique (CEC) réduit cette concentration en fixant davantage du  $\text{NH}_4^+$  sur les sites d'échanges. La proportion de l'azote ammoniacal restant en solution qui est présent sous forme  $\text{NH}_3$  augmentera ensuite avec le pH et la température. L'augmentation du  $\text{NH}_3$  en solution suivant l'ajout d'amendements entraîne à son tour, par équilibre des phases liquide et gazeuse du  $\text{NH}_3$ , une augmentation du  $\text{NH}_3$  gazeux dans l'air du sol. Finalement, une partie plus ou moins grande de ce  $\text{NH}_3$  gazeux s'échappe dans l'atmosphère selon l'épaisseur et les conditions (teneur en eau, compaction, texture, etc.) de la couche de sol à franchir. Les quantités d'ammoniac volatilisé après une application d'amendements ammoniacaux dépendront donc essentiellement de la quantité d'azote ammoniacal apporté, des conditions qui favorisent la forme  $\text{NH}_3$  (CEC faible, température et pH élevés) et de son exposition à l'atmosphère.



**Figure 1**  
**La volatilisation de l'ammoniac dépend des équilibres entre les différentes formes d'azote ammoniacal dans le système sol-atmosphère**

## COMMENT RÉDUIRE LA VOLATILISATION DE L'AMMONIAC DANS LA GESTION DES FUMIERS

Les principes présentés à la section précédente permettent de comprendre et de prédire les situations qui sont les plus susceptibles de résulter en des pertes importantes de NH<sub>3</sub>. Lors de la présentation, nous les appliquerons à la gestion de l'urée et des fumiers. Dans ce texte, je me limiterai aux situations associées à la gestion des fumiers.

En gardant en mémoire que la volatilisation de l'ammoniac augmente lorsque les quantités d'azote ammoniacal augmentent et lorsque son contact avec l'atmosphère est plus grand, voyons comment il est possible de réduire la volatilisation dans les différentes étapes de la gestion des fumiers.

### Bâtiments

- Ajuster la teneur en protéines des moulées aux besoins de l'animal afin de réduire l'azote ammoniacal excrété. L'animal excrète l'azote qui excède ses besoins (croissance et entretien);
- Nettoyer fréquemment le plancher des bâtiments. L'urine contient beaucoup d'urée qui se transforme rapidement en azote ammoniacal sur les planchers humides et souillés;
- Réduire le contact entre urine et excréments. L'hydrolyse de l'urée présente dans l'urine est retardée lorsqu'elle n'est pas mélangée aux excréments;
- Choisir le bon type de gestion des fumiers. Les systèmes de gestion des fumiers qui gardent les excréments plus longtemps dans les bâtiments y entraînent, en général, une plus grande volatilisation de l'ammoniac (litière profonde > litière mince > liquide).

### Stockage

- Choisir le bon type de gestion des fumiers. Les fumiers solides perdent, en général, plus d'ammoniac que les lisiers durant leur stockage;
- Limiter le brassage des lisiers. La volatilisation de l'ammoniac est relativement faible durant le stockage des lisiers car la surface du liquide exposée est faible par rapport à son volume. Cependant, les lisiers peuvent perdre beaucoup d'ammoniac lorsqu'ils sont brassés durant leur pompage avant application;
- Couvrir les fumiers. Toute réduction du contact du fumier avec l'atmosphère réduira la volatilisation. La formation d'une croûte « naturelle » ou l'ajout de divers matériaux contribuent à la réduction de la volatilisation;

- Garder les fumiers au frais... Les équilibres physico-chimiques favorisent le NH<sub>3</sub> gazeux lorsque la température est élevée. Une fosse creusée est en général plus fraîche qu'une fosse hors sol.

### **Application au champ**

La gestion des fumiers sous forme liquide permet de conserver plus efficacement l'azote excrété par les animaux aux bâtiments et durant le stockage. Il en résulte que les lisiers sont plus riches en azote ammoniacal et peuvent donc perdre plus d'ammoniac que les fumiers solides à la suite de l'épandage. Il faut donc faire particulièrement attention au mode d'application des lisiers.

Tout comme aux bâtiments et durant l'entreposage, les pratiques qui diminuent la volatilisation durant et après l'épandage sont celles qui réduisent le contact entre le lisier et l'atmosphère.

- Apporter le lisier rapidement de la citerne au sol. La période de contact entre le lisier et l'air sera plus courte pour les applications basses que pour les applications hautes (irrigation > aéroaspersion > déflecteurs > aspersion basse > pendillards).
- Minimiser le rapport surface/volume de lisier durant l'application. La volatilisation de l'ammoniac est un phénomène de surface. Pour une durée d'exposition égale, le lisier perdra plus d'ammoniac si sa surface exposée est plus grande. Il faut donc minimiser la surface de lisier exposé durant l'application; la pulvérisation du lisier est le scénario conduisant aux plus grandes volatilisations (irrigation > aéroaspersion > déflecteurs > aspersion basse > pendillards).
- Ne pas laisser le lisier ou le fumier solide à la surface du sol. Un lisier laissé à la surface du sol perdra en moyenne 50 % (entre 5 et 100 %!) de son azote ammoniacal par volatilisation. **De plus, plus de la moitié de cette volatilisation se fera dans les 10 premières heures suivant l'application. Il faut donc incorporer le lisier le plus rapidement possible; le lendemain, c'est trop tard!** Idéalement, il faudrait que l'application et l'incorporation se fassent dans la même opération. Il existe plusieurs méthodes. **L'injection ou le travail immédiat du sol** est la plus efficace; la volatilisation est alors limitée à moins de 5 % de l'azote ammoniacal. Certaines rampes d'épandage sont équipées de disques ou de dents de herse qui permettent une incorporation immédiate au sol. Pour les situations où l'injection est difficile ou impossible (prairies, sols pierreux, semis direct), d'autres options sont disponibles. **L'application en bande** entraîne moins de volatilisation qu'une application uniforme car elle réduit la surface du lisier exposée et permet une meilleure infiltration. Certains **applicateurs commerciaux déposent le lisier à l'arrière d'une roue dentée** qui ouvre un sillon dans le sol, permettant ainsi à une certaine quantité de lisier de s'infiltrer. Un tel système peut réduire les émissions de 50 % par rapport à une

application de surface. **L'application sous un couvert végétal** à l'aide de **pendillards** ou de **patins glissants** permet aussi de diminuer la volatilisation car non seulement le feuillage change les conditions atmosphériques à la surface (vent, humidité, température), mais il absorbe également une partie de l'ammoniac émis à la surface du sol. Là encore, une réduction de près de 50 % peut être obtenue.

### Propriétés des fumiers et du sol

Les propriétés du fumier de même que les conditions du sol et du climat influencent aussi la volatilisation. On peut donc réduire la volatilisation en choisissant l'endroit et le moment de l'application. En général, plus l'infiltration du lisier est rapide à la suite de l'application, plus les pertes seront petites.

- Une application sur sol à texture grossière, ayant une bonne structure, ou ayant été travaillé superficiellement minimisera la volatilisation.
- Au contraire, un sol saturé en eau ou compacté retardera l'infiltration et augmentera les pertes d'ammoniac. Une lente infiltration augmentera également les risques de ruissellement.
- L'application juste avant une pluie diminuera la volatilisation car l'eau de pluie diluera l'azote ammoniacal du lisier et l'entraînera plus profondément dans le sol lors de son infiltration. Cette pratique n'est cependant pas recommandée tard à l'automne lorsque la nappe phréatique est près de la surface. Une pluie suivant l'application à cette période réduirait la volatilisation de l'ammoniac, mais augmenterait les risques de contamination de la nappe.
- Une application en fin de journée diminue les pertes. Les équilibres physico-chimiques favorisent le  $\text{NH}_3$  gazeux lorsque la température est élevée. La volatilisation est donc maximale aux moments les plus chauds de la journée. Des essais effectués en Nouvelle-Écosse ont montré qu'une application en début ou en fin de journée réduisait en moyenne la volatilisation de 34 % par rapport à une application entre 11 h et 13 h.
- La propriété chimique du sol la plus importante est son pH au moment de l'épandage. Plus l'acidité du sol est grande (pH bas), plus la volatilisation est faible. La volatilisation est faible lorsque le pH est inférieur à 5,5, mais augmente rapidement quand le pH est plus élevé.
- De même, un lisier plus acide perdra moins d'ammoniac. Tout traitement du fumier qui en modifie le pH modifie aussi les risques de volatilisation.
- Il faut être particulièrement vigilant avec les lisiers plus épais (jusqu'à 12 % de matière sèche). Ces lisiers ont un plus grand potentiel de volatilisation car une teneur en matière sèche plus élevée augmente la concentration en azote ammoniacal et réduit la vitesse d'infiltration dans le sol.

## **CONCLUSION**

La réduction de la volatilisation de l'ammoniac à partir des amendements ammoniacaux aux sols agricoles est une des plus importantes priorités agro-environnementales de plusieurs pays européens. L'ajout récent de l'ammoniac atmosphérique à la liste des substances polluantes au Canada suggère que, dans un proche avenir, cette préoccupation sera également à l'agenda des agriculteurs québécois.

La diminution de la volatilisation d'ammoniac en agriculture est possible par le choix de pratiques qui réduisent l'exposition des amendements à l'air ambiant. Au moment de l'application, l'incorporation superficielle immédiate est de loin la méthode d'application la plus efficace. La réduction de la volatilisation de l'ammoniac aura bien sûr des conséquences environnementales positives sur les écosystèmes agricoles et naturels, mais elle bénéficiera également aux agriculteurs sur deux plans. D'abord, elle facilitera la cohabitation des éleveurs avec leurs voisins car la diminution de la volatilisation d'ammoniac s'accompagne presque toujours d'une diminution des odeurs émises. Ensuite, elle aura des conséquences économiques favorables en évitant les dépenses additionnelles nécessaires au remplacement de cette perte d'azote, élément essentiel à la fertilisation des cultures.