

**Commission économique pour l'Europe**

Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance

Projet de Code-cadre révisé de bonnes pratiques agricoles pour réduire les émissions d'ammoniac de la Commission économique pour l'Europe*Résumé*

À sa trente-troisième session (Genève, 8-11 décembre 2014), l'Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance a adopté le code-cadre de bonnes pratiques agricoles pour réduire les émissions d'ammoniac de la Commission économique pour l'Europe et a chargé le secrétariat de produire la version finale dans les trois langues officielles de la Commission.

Le code-cadre dont on trouvera ici le texte remplace une version antérieure du code (EB.AIR/WG.5/2001/7); il incorpore les dernières connaissances et expériences scientifiques acquises dans le domaine de la réduction des émissions d'ammoniac, comme expliqué dans la dernière mise à jour du document d'orientation pour la prévention et la réduction des émissions d'ammoniac provenant de sources agricoles (ECE/EB.AIR/120). Il a pour but de donner aux Parties à la Convention des informations d'accès facile concernant les bonnes pratiques nécessaires à la réduction des émissions d'ammoniac provenant de sources agricoles.

Le document n'a qu'un caractère indicatif et ne constitue pas un ensemble contraignant de mesures à adopter telles quelles. Des mesures et des technologies nouvelles ou alternatives peuvent être prises en considération par les pays pour autant qu'elles soient étayées. Le code-cadre a pour vocation d'aider les Parties à établir ou à actualiser leurs codes indicatifs nationaux de bonnes pratiques agricoles pour réduire les émissions d'ammoniac, comme le prescrit l'annexe IX du Protocole de 1999 relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique, tel qu'amendé en 2012.

Le document a été établi par l'Équipe spéciale de l'azote réactif, avec le concours de son Groupe d'experts sur la réduction des émissions d'azote d'origine agricole.



Table des matières

	<i>Paragraphes</i>	<i>Page</i>
I. Gestion de l'azote, compte tenu de l'ensemble du cycle de l'azote	1–11	4
A. Introduction	1–3	4
B. Éléments d'une bonne gestion de l'azote.....	4–5	5
C. Outils d'aide à l'optimisation de la gestion de l'azote	6–11	5
II. Stratégies d'alimentation des animaux d'élevage	12–23	6
A. Introduction	12–15	6
B. Méthodes de diminution des excréments azotés	16	7
C. Porcs et volaille.....	17–19	8
D. Ruminants	20–23	8
III. Systèmes à faible taux d'émission des bâtiments d'élevage	24–41	10
A. Introduction	24–26	10
B. Étables à faible taux d'émissions pour bovins	27–32	11
C. Porcheries à lisier.....	33–34	12
D. Systèmes à base de paille dans l'élevage porcin.....	35–37	14
E. Poulailers à faible taux d'émissions.....	38–41	14
IV. Systèmes de stockage des déjections animales à faible taux d'émissions	42–53	15
A. Introduction	42	15
B. Stockage du lisier et d'autres déjections liquides	43–53	15
V. Techniques d'épandage à faible taux d'émissions	54–65	20
A. Introduction	54–55	20
B. Techniques d'application du lisier et d'autres déjections liquides à taux d'émissions réduit.....	56–61	20
C. Techniques d'application du fumier solide à taux d'émissions réduit	62–63	23
D. Considérations d'ordre pratique.....	64–65	23
VI. Moyens de réduire les émissions d'ammoniac provenant de l'utilisation d'engrais azotés minéraux	66–77	27
A. Introduction	66–67	27
B. Urée	68–72	27
C. Moyens de réduire les émissions d'ammoniac provenant de l'urée.....	73	28
D. Sulfate d'ammonium et phosphate d'ammonium	74–75	28
E. Réduction des émissions d'ammoniac provenant des engrais minéraux à base d'ammonium	76	29
F. Bicarbonate d'ammonium.....	77	29

Tableaux

1. Niveaux protéiniques indicatifs cibles (en %) pour les aliments secs à teneur type en matière sèche de 88 %, destinés aux animaux gardés à l'intérieur, en fonction de la catégorie de l'animal..... 9
2. Efficacité et applicabilité des techniques de réduction des émissions d'ammoniac provenant des enceintes de stockage du lisier 18
3. Considérations pratiques concernant le choix des techniques de réduction de l'ammoniac dans l'épandage du fumier 25

Encadré

- Techniques d'application du lisier: injecteurs et épandeurs en bandes 21

I. Gestion de l'azote, compte tenu de l'ensemble du cycle de l'azote

A. Introduction

1. Tout comme les autres nutriments végétaux, l'azote (N) est essentiel à la croissance des plantes et doit être disponible en quantité suffisante pour optimiser les rendements. L'agriculture émet facilement de l'azote par différentes filières, dont le lessivage et le ruissellement des nitrates et de l'azote organique dans l'eau et les émissions gazeuses dans l'air. Au niveau du rôle de l'agriculture dans la pollution atmosphérique, les émissions d'ammoniac (NH_3) et d'oxydes nitreux (N_2O) des gaz à effet de serre sont les plus polluantes. Le présent code-cadre concerne principalement les émissions de NH_3 , mais il existe des interactions entre ces rejets et d'autres processus liés à la transformation de l'azote, aux pertes d'azote et à l'absorption de ce gaz par les cultures qui doivent être prises en considération ensemble. Il faut donc tenir compte de la totalité du cycle de l'azote au moment de concevoir des stratégies permettant:

- a) De réduire la pollution aussi bien de l'eau que de l'atmosphère;
- b) D'optimiser l'utilisation de l'azote dans la production culturale;
- c) De prendre en considération les effets des réductions de NH_3 sur d'autres pertes d'azote.

2. La majeure partie de l'azote contenu dans les déjections animales et pouvant être absorbé par les plantes se présente sous la forme d'azote ammoniacal, qui peut se substituer directement aux engrais minéraux. Les émissions de NH_3 provenant des engrais organiques ou inorganiques représentent une perte d'azote précieux, d'où la nécessité d'appliquer davantage d'engrais commerciaux pour doper les rendements. Pour cette raison, chaque Partie est invitée, dans les obligations fondamentales et dans l'annexe IX du Protocole de 1999 à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique (Protocole de Göteborg) à prendre dûment en considération la nécessité de réduire les pertes de NH_3 provenant de la totalité du cycle de l'azote. Dans l'agriculture, cela s'applique en particulier à l'élevage, aux cultures et aux systèmes mixtes. Le Protocole donne notamment aux Parties des indications permettant d'identifier les meilleurs moyens de réduire les émissions de NH_3 provenant de ce secteur dans le document d'orientation pour la prévention et la réduction des émissions d'ammoniac provenant des sources agricoles (document d'orientation sur l'ammoniac) (ECE/EB.AIR/120).

3. Les émissions de NH_3 proviennent principalement du fumier constitué des déjections liquides ou solides des animaux élevés sous abri et des engrais azotés minéraux utilisés et, dans une moindre mesure, de l'urine excrétée par les animaux au pâturage, et, directement, des cultures. Les émissions provenant des engrais animaux ont pour origine, dans l'ordre, les bâtiments où sont gardées les bêtes, les enceintes de stockage du fumier et les modes d'application des engrais animaux. Du fait que les pertes se produisent dans cet ordre, les pourcentages d'ammoniac économisé grâce aux mesures appliquées à chaque stade de production se combinent mais ne s'additionnent pas forcément. Autrement dit, les mesures visant à réduire les émissions de NH_3 à un stade précoce (étables et stockage) devraient être suivies d'autres mesures à un stade ultérieur (épandage du fumier) pour tirer pleinement parti des économies réalisées en amont au lieu d'en perdre le bénéfice. Dans de nombreux cas, un épandage optimal du lisier et des stratégies d'alimentation du bétail offrent les solutions les plus économiques en matière de réduction des émissions.

B. Éléments d'une bonne gestion de l'azote

4. La gestion de l'azote varie considérablement dans la région de la CEE et influe en conséquence sur les émissions de NH_3 . En général, les émissions d'azote diminuent lorsque:

a) L'on gère toutes les sources d'azote de l'exploitation en prenant en compte l'«ensemble de l'exploitation» et l'«intégralité du cycle de l'azote»;

b) Les quantités d'azote utilisées correspondent aux besoins de la croissance des plantes et des animaux, compte tenu de facteurs tels que les races/varieties locales, les conditions pédologiques et climatiques, etc.;

c) Aux fins d'une saine gestion de l'exploitation visant une production importante, d'autres restrictions dont la production peut faire l'objet (limitations portant sur d'autres nutriments, présence de ravageurs, facteurs de stress) sont dans la mesure du possible réduites au minimum;

d) Les sources d'azote sont stockées efficacement, puis utilisées en temps voulu selon des techniques adéquates, dans les quantités appropriées et là où il le faut;

e) Toutes les filières de pertes importantes d'azote sont prises en compte de manière cohérente pour éviter que les mesures n'aient des effets secondaires non voulus.

5. Toutes les sources d'azote utilisées dans l'exploitation devraient être planifiées avec soin et la quantité d'azote utilisée ne devrait pas dépasser ce qui est nécessaire aux cultures et à l'élevage. Toutes les filières de perte d'azote sont à prendre en compte. Par exemple, la conservation de l'ammoniac provenant du fumier épandu peut accroître le lessivage si le taux optimal d'azote requis pour la culture a été dépassé. Les taux d'application et les pertes peuvent être réduits si l'on diminue l'excrétion d'azote en adaptant davantage les aliments azotés aux besoins des animaux. En adoptant des mesures de réduction des émissions de NH_3 avant l'application de fumier et d'engrais, on contribuera directement aussi à une meilleure gestion par une conservation de l'azote pour le bénéfice des cultures. Dans les pays où les applications annuelles d'azote sont réglementées, une réduction des émissions de NH_3 provenant du fumier et des engrais accroîtra aussi le rendement des cultures et la concentration protéinique.

C. Outils d'aide à l'optimisation de la gestion de l'azote

6. Une bonne gestion de l'azote dans les exploitations est un véritable défi qui exige des connaissances, des techniques, de l'expérience, une planification et une surveillance. Les outils permettant de prévoir les taux d'engrais optimaux et de calculer le bilan azote et l'efficacité d'utilisation de l'azote sont d'une aide précieuse pour sa gestion. Les méthodes détaillées adoptées devraient cadrer avec la taille des exploitations, mais il existe des mesures adaptées à tous les types d'exploitation.

7. Les recommandations en matière d'engrais fondées sur les essais pratiqués sur les sols et les cultures donnent des valeurs indicatives concernant les nutriments nécessaires aux cultures et aux herbages qui doivent permettre d'éviter une application excessive, laquelle entraînerait davantage d'émissions. Des techniques d'irrigation fertilisante (l'usage de fertilisants dans l'irrigation) peuvent également réduire les émissions en permettant une réduction potentielle des niveaux d'application. Adaptées aux conditions locales et économiques, les recommandations en matière d'engrais sont par conséquent formulées au niveau national ou régional dans la plupart des pays. Elles aident les exploitants agricoles à doser correctement le fumier, d'autres amendements organiques et les engrais minéraux à appliquer à leurs cultures pour doper les rendements et éviter un excédent de nutriments.

Pour autant, cette technique est encore inexacte et fait l'objet de recherches intensives dans de nombreux pays. Les essais effectués dans les exploitations peuvent être très utiles.

8. Les outils de mesure du bilan azote permettent de comparer les apports (entrées) d'azote et les utilisations (sorties) d'azote. Le bilan azote (également désigné par l'expression «bilan sortie exploitation») représente la totalité, au niveau de l'exploitation, des apports d'azote (engrais, alimentation animale, litières, animaux, azote fixé par les légumes et dépôts d'azote atmosphérique), déduction faite de toutes les sorties d'azote (cultures, produits animaux, fumier). Le «bilan azote des champs» correspond à la totalité des entrées d'azote dans les champs, y compris le fumier et les engrais (notamment par fixation, dépôt et irrigation), déduction faite des produits récoltés tels que les grains, les fourrages ou les fruits. Dans tous les bilans azote, la différence entre les entrées et sorties peut être positive (excédent) ou négative (déficit). Un excédent d'azote indique une pression sur l'environnement, alors qu'un déficit est le signe d'un épuisement des nutriments, les deux valeurs étant exprimées en kilogrammes (kg) d'azote par hectare (ha) par an.

9. Les sorties totales d'azote divisées par les entrées totales d'azote permettent de mesurer l'efficacité d'utilisation de cette substance (ces valeurs étant exprimées en kg par kg). Il convient de noter que le rapport entre le rendement des cultures ou des élevages et l'apport d'azote constitue aussi une autre mesure importante de l'efficacité d'utilisation. Outre cette mesure, les pertes totales d'azote provenant de l'agriculture doivent être soigneusement prises en considération du point de vue de leur impact sur l'environnement.

10. Une diminution de l'excédent d'azote et une augmentation de l'efficacité d'utilisation sur plusieurs années traduisent une meilleure gestion de l'azote. À cette fin, une période d'évaluation sur cinq ans est recommandée. La gestion de l'azote peut être améliorée jusqu'à ce que l'on se rapproche du niveau des «pratiques optimales de gestion». Les valeurs de l'excédent d'azote et de l'efficacité d'utilisation peuvent servir à évaluer les exploitations les unes par rapport aux autres ou à procéder à une comparaison avec les exploitations modèles. Cela étant, l'efficacité d'utilisation de l'azote et l'excédent d'azote varient selon les types d'exploitation. Des outils de calcul du bilan azote et de l'efficacité d'utilisation existent dans nombre de pays.

11. On trouvera dans les sections suivantes un large éventail de moyens susceptibles de réduire les émissions de NH_3 , l'efficacité étant principalement décrite sous la forme d'une réduction en pourcentage par rapport à une méthode de référence. En général, si toutes les réductions d'émissions sont utiles, on peut considérer une réduction de 30 % des émissions émanant d'une source comme un bon indicateur de pratique optimale. Il existe de nombreuses méthodes qui offrent des possibilités de réduction plus ambitieuses.

II. Stratégies d'alimentation des animaux d'élevage

A. Introduction

12. Pour réduire les émissions provenant des aliments pour animaux, il est nécessaire de bien gérer l'élevage, par exemple:

- a) En appliquant un régime équilibré adapté aux besoins des animaux;
- b) En veillant à la bonne santé et au bien-être des animaux;
- c) En assurant une bonne gestion de leur environnement;
- d) En ayant des compétences en matière d'élevage;
- e) En ayant des connaissances adéquates en génétique.

13. En veillant à ce que les animaux des centres d'élevage ne reçoivent pas une alimentation plus riche en protéines que ne l'exigent les objectifs de la production, on peut réduire l'excrétion azotée par tête de bétail et unité de production. Pour ce faire, il faudrait augmenter autant que possible la fraction de protéines qui peut être métabolisée et réduire au minimum celle qui ne peut pas l'être. Le fait de diminuer la quantité d'azote présente dans le fumier permettra de réduire non seulement les émissions de NH_3 à tous les stades de la gestion du fumier, mais également les autres pertes potentielles d'azote (par lessivage ou dénitrification). L'excrétion azotée de différentes catégories de bétail dépend fortement du système de production. Les valeurs d'excrétion standard devraient donc être calculées au niveau national ou régional.

14. L'excédent de protéines dans les rations alimentaires du bétail est excrété essentiellement sous forme d'urée (ou d'acide urique dans le cas des fientes de volaille). Ces composés sont rapidement dégradés en ammoniac et en ammonium, substances à potentiel d'émissions élevé. Le fait de réduire les protéines dans l'alimentation entraînera une diminution de la quantité d'azote excrétée et de la proportion d'azote inorganique, ce qui influera sur la quantité totale d'azote inorganique excrété (azote ammoniacal total se trouvant dans les excréments). Étant donné que l'optimisation du régime alimentaire entraîne une modification de l'apport total à ce flux d'azote, elle représente une option prometteuse de réduction des émissions d'ammoniac. De plus, la réduction consécutive des émissions d'ammoniac est efficace à tous les stades de la gestion du fumier (étables, enceintes de stockage, traitement et application).

15. Même dans des conditions optimales, les animaux excrètent plus de la moitié des protéines ingérées sous forme de différents composés azotés. L'apport protéinique, souvent excessif pour la quasi-totalité des classes de bétail et des systèmes de production, gagnera à être réduit pour obtenir des résultats équivalents au niveau des excréments azotés.

B. Méthodes de diminution des excréments azotés

16. On peut diminuer les quantités d'azote excrétées par le bétail en appliquant des méthodes générales consistant à:

a) Réduire l'excédent d'apport protéinique en l'alignant sur les recommandations alimentaires en vigueur. Le tableau 1 donne à titre indicatif les objectifs fixés pour la teneur en protéines brutes du régime alimentaire de diverses espèces de bétail et à différents stades de production;

b) Mieux adapter la composition du régime alimentaire aux besoins des différents animaux, c'est-à-dire selon le stade de la lactation, l'âge et le poids de la bête, etc.;

c) Réduire la teneur en protéines brutes de la ration par une optimisation de l'apport d'acides aminés. Pour les animaux monogastriques, l'apport en acides aminés requis peut être ajusté par l'adjonction d'acides aminés purs dans le régime alimentaire ou par une combinaison de sources protéiniques différentes;

d) Augmenter l'efficacité d'utilisation de l'azote par une amélioration de la performance animale (rendement laitier, taux de croissance, efficacité alimentaire, etc.) de sorte qu'une proportion moindre des besoins totaux en protéines serve à l'entretien du bétail.

C. Porcs et volaille

17. L'excrétion azotée des porcs peut être réduite par un ajustement plus précis du régime alimentaire aux différents besoins de l'animal selon ses phases de croissance et de production. Pour ce faire, on pourra:

- a) Veiller à ce que la teneur de l'alimentation ou de la ration en protéines ne soit pas supérieure aux niveaux recommandés;
- b) Appliquer des régimes différents aux truies en lactation ou en gestation;
- c) Appliquer des régimes différents selon le stade de croissance des porcs d'engraissement (alimentation par étape);
- d) Prendre en compte la variabilité de la digestibilité précaecale (ou «iléale») des protéines brutes et des différents acides aminés, pendant l'ingestion d'aliments et entre les ingestions.

18. Outre les options ci-dessus, on peut abaisser la teneur protéinique de l'alimentation des porcs sans influencer sur la production en optimisant la teneur en acides aminés essentiels plutôt que la teneur en protéines brutes. Pour cela, on enrichira le régime alimentaire par un apport d'acides aminés sous forme pure, principalement la lysine, la méthionine et la thréonine. Cette stratégie, qui se solde sans doute par un surcoût au niveau de l'alimentation du bétail, reste l'une des mesures les moins onéreuses pour réduire les émissions de NH_3 .

19. Dans le cas de la volaille, les stratégies de réduction de l'excrétion azotée sont fondamentalement les mêmes que dans le cas des porcs.

D. Ruminants

20. Dans le cas des ruminants, l'excédent protéinique et l'excrétion azotée dépendent fortement de la proportion de graminées, d'ensilage herbacé, de foin, de grains et de concentrés dans la ration alimentaire, et de la teneur en protéines brutes de ces aliments. Cet excédent protéinique et l'excrétion azotée et les pertes d'ammoniac qui en découlent sont particulièrement élevés dans le cas des rations d'été, composées uniquement de graminées jeunes et intensément fertilisées, ou des mélanges graminées-légumineuses. Dans ces conditions, une ration réglée sur la demande énergétique de l'animal dégagera toujours un excédent protéinique élevé. Les stratégies ci-après peuvent permettre d'améliorer la situation:

- a) Veiller à ce que le taux d'application d'engrais azoté sur les herbages ne soit pas excessif;
- b) Améliorer l'équilibre énergie/protéines:
 - i) En remplaçant une partie de l'herbage frais par un aliment à plus faible teneur protéinique (ensilage à base de maïs, foin récolté à des stades de maturité avancés, paille, etc.);
 - ii) En utilisant un herbage plus mûr (intervalles de coupe plus larges) ou en quantité rationnée et davantage de concentrés fortement énergétiques, et en fournissant la quantité adéquate de protéines digestibles dans le rumen. Cependant, dans les systèmes d'élevage reposant essentiellement sur les herbages, la viabilité de cette stratégie est souvent limitée car l'utilisation totale de la production herbacée ne serait plus garantie (dans des conditions de production limitée, par exemple des quotas laitiers) et l'équilibre nutritif des exploitations ne serait plus assuré.

21. On peut aussi réduire les émissions de NH₃ provenant des ruminants en augmentant le temps de pâturage, puisqu'une bonne partie de l'urine s'infiltré dans le sol avant que l'urée ne se dégrade et ne s'évapore sous forme d'ammoniac. Néanmoins, l'efficacité totale des pâturages en termes d'émissions azotées a tendance à être inférieure à celle de l'alimentation en herbe coupée du fait de la répartition inégale des déjections. Le pâturage est généralement limité par les conditions climatiques et pédologiques ainsi que par la structure des exploitations. Il se peut aussi qu'une période minimale de pâturage soit nécessaire chaque année dans certains pays pour des raisons tenant au bien-être des animaux.

22. On peut réduire l'excrétion et les pertes azotées par produit unitaire selon une stratégie qui consiste à améliorer l'efficacité de la conversion fourragère par de meilleurs rendements. En augmentant le nombre de lactations par vache, on peut aussi diminuer les émissions d'ammoniac par unité de production laitière pendant la durée de vie de l'animal.

23. On peut améliorer la conversion de l'azote de l'herbe et des légumes en protéines pour ruminants en maintenant la qualité des protéines brutes lors de l'ensilage pour l'hiver. On peut réduire au minimum la dégradation des vraies protéines:

- a) En procédant à l'ensilage de l'herbe le plus rapidement possible après la coupe;
- b) En extrayant l'oxygène du silo rapidement après son remplissage;
- c) En évitant un endommagement par la chaleur.

Tableau 1

Niveaux protéiniques indicatifs cibles (en %) pour les aliments secs à teneur type en matière sèche de 88 %, destinés aux animaux gardés à l'intérieur, en fonction de la catégorie de l'animal

<i>Espèce</i>	<i>Catégorie</i>	<i>Phase de production</i>	<i>Teneur moyenne en protéines brutes</i>	
Bovins	Vaches laitières	Début de lactation	15-16	
	Vaches laitières	Fin de lactation	12-14	
	Remplacement (génisses)		12-13	
	Engraissement	Veaux (production de viande de veau)		17-19
		Bœufs de moins de trois mois		15-16
	Bœufs de plus de six mois		12	
Porcins	Porcelets	De moins de 10 kg	19-21	
		De moins de 25 kg	17-19	

<i>Espèce</i>	<i>Catégorie</i>	<i>Phase de production</i>	<i>Teneur moyenne en protéines brutes</i>	
Volaille	Porcs d'engraissement	25-50 kg	15-17	
		50-110 kg	14-15	
		110-170 kg	11-12 (avec acides aminés spécifiques comme la lysine et le tryptophane) 13-14 (sans acides aminés spécifiques)	
	Truies	Gestation	13-15	
		Lactation	15-17	
	Poulets de chair	En démarrage	20-22	
		En croissance	19-21	
		En finition	18-20	
		Poules pondeuses	18-40 semaines	15,5-16,5
			40 semaines et plus	14,5-15,5
Dindes		Moins de 4 semaines	24-27	
	5-8 semaines	22-24		
	9-12 semaines	19-21		
	13 semaines et plus	16-19		
		16 semaines et plus	14-17	

III. Systèmes à faible taux d'émission des bâtiments d'élevage

A. Introduction

24. Avec l'épandage, les bâtiments d'élevage sont l'une des plus grandes sources d'émission de NH_3 d'origine agricole. Pour tous les systèmes en place dans les divers types de bâtiments, il faut tenir compte des consignes de protection du bien-être des animaux lorsque l'on décide de la densité animale, etc. Une bonne gestion de l'exploitation peut contribuer à réduire les émissions de NH_3 et d'autres formes de pollution. Le réaménagement des bâtiments pour satisfaire aux consignes de protection du bien-être des animaux peut entraîner une augmentation des émissions de NH_3 (due à l'augmentation de l'espace ménagé par animal). Dans la mesure où les coûts peuvent être partagés, les opérations de réaménagement offrent une excellente occasion d'introduire des techniques de réduction des émissions d'ammoniac et d'abaisser les coûts plutôt que de moderniser les technologies existantes. De la sorte, les mesures de protection du bien-être des animaux n'entraînent pas d'augmentation des émissions de NH_3 .

25. Il existe toute une gamme de méthodes de réduction des émissions, allant d'un coût élevé à un coût négligeable, et qui sont plus ou moins applicables aux différents systèmes mis en place à l'intérieur des bâtiments d'élevage.
26. Plusieurs principes généraux doivent être respectés en ce qui concerne les différents systèmes dès lors qu'il s'agit de réduire les émissions de NH₃:
- a) Faire en sorte que toutes les parties occupées (aire d'activité, de repos, d'exercice) à l'intérieur comme à l'extérieur des bâtiments restent sèches et propres;
 - b) Réduire le plus possible la surface du lisier dans les fosses (au moyen de planchers en partie en caillebotis ou de parois inclinées, par exemple);
 - c) Séparer rapidement les excréments solides et l'urine et les éloigner des bâtiments d'élevage, ce qui peut contribuer à réduire les émissions d'ammoniac;
 - d) Réduire autant que possible la vitesse de circulation et la température de l'air au-dessus des surfaces polluées par les déjections (sans réduire pour autant la ventilation), sauf là où le fumier est en phase de séchage, par exemple au moyen d'un refroidissement de l'air entrant ou, dans le cas d'une aération naturelle, en exploitant la direction prédominante du vent;
 - e) Offrir aux animaux des zones distinctes pour leur permettre de s'allonger/s'asseoir, se nourrir, déféquer ou bouger (pour les porcs seulement);
 - f) Nettoyer l'air refoulé dans le cas des bâtiments à ventilation forcée.

B. Étables à faible taux d'émissions pour bovins

27. La «logette», qui est le système le plus courant en matière de stabulation, est considérée comme la référence. Dans certains pays, les vaches laitières sont encore entravées dans des stalles, mais ce système n'est pas recommandé pour le bien-être et la santé de l'animal, sauf s'il a l'occasion de s'ébattre librement chaque jour.

28. Il est difficile de réduire les émissions de NH₃ provenant des étables à ventilation naturelle. La modification du régime alimentaire, évoquée à la section II, offre quelques possibilités. Dans certains bâtiments, il est possible de procéder à des nettoyages fréquents, par raclage ou nettoyage au jet d'eau. Utiliser de l'eau pour le nettoyage réduit les émissions mais augmente le volume du lisier à stocker et à gérer. Des travaux de recherche sont en cours concernant les possibilités de réduire les émissions des bâtiments à ventilation naturelle en réduisant la vitesse de circulation de l'air au-dessus des sources de pollution (modification des ouvertures, pose de filets brise-vent, etc.), sans incidence sur l'ensemble de la ventilation, mais ces travaux en sont encore au tout début et n'ont abouti jusqu'à présent à aucune recommandation.

29. Dans les étables équipées de caillebotis traditionnels, une climatisation optimale associée à une isolation du toit et/ou une ventilation naturelle automatique peut produire une réduction modérée des émissions (20 % par rapport à un système classique) grâce à la baisse de la température (surtout en été) et de la diminution de la vitesse de circulation de l'air.

30. Dans le cas du bétail en stabulation libre sur litière de paille, le fait d'augmenter la quantité de paille utilisée par animal peut réduire les émissions de NH₃ provenant du bâtiment ou des opérations de stockage du fumier. La quantité adéquate de paille dépend de la race, du dispositif d'alimentation, du système de stabulation et des conditions climatiques.

31. Il ne semble pas que les systèmes à base de paille donnent lieu, dès lors qu'ils sont bien gérés, à des pertes nettement plus élevées que les systèmes à lisier, à condition que l'espace par l'animal soit à peu près le même. Davantage de recherches seront nécessaires pour comparer les émissions entre ces deux systèmes. La gestion des systèmes à base de paille demande plus d'efforts que celle des systèmes à lisier.

32. Les méthodes ci-après sont envisageables pour réduire les émissions de NH_3 en provenance des étables pour vaches laitières et bovins de boucherie, mais il faudra sans doute procéder à de nouvelles évaluations, comme indiqué ci-après:

a) De saines pratiques d'élevage, consistant par exemple à garder aussi propres que possible les lieux de passage et les espaces fermés utilisés par le bétail, peut contribuer à réduire les émissions de NH_3 dans la plupart des exploitations agricoles;

b) Le système du «plancher rainuré» dans les étables pour vaches laitières et bovins de boucherie qui emploie des appareils racleurs «à dents» passant sur un plancher rainuré est une technique fiable pour réduire les émissions d'ammoniac. Les rainures doivent être perforées pour permettre le drainage de l'urine. Il est possible de réduire de 25 % à plus de 40 % les émissions de NH_3 par rapport à un système classique, pour autant que le raclage soit régulièrement effectué;

c) L'adjonction d'acide dans le dispositif de projection d'eau peut réduire notablement les émissions de NH_3 provenant des bâtiments. Davantage d'évaluations seront toutefois nécessaires.

C. Porcheries à lisier

33. Dans les porcheries à caillebotis, les techniques ci-après peuvent contribuer à réduire les émissions:

a) *Réduire la surface recouverte de caillebotis*, en aménageant par exemple des sols partiellement à claire-voie. Le caillebotis devra être conçu de manière à faciliter le transfert maximum d'excréments et d'urine vers les caniveaux. Les zones en dalle pleine devraient permettre (par une pente légère, par exemple) l'écoulement de l'urine vers les caniveaux. Ceux-ci devraient être vidangés fréquemment et leur contenu déplacé vers une enceinte de stockage appropriée située à l'extérieur. Cela peut se faire au moyen de racloirs ou par aspiration, par curage à l'eau sous pression ou au lisier non traité (moins de 5 % de matière sèche) ou encore au lisier séparé. Les sols partiellement en caillebotis recouvrant 50 % de la surface émettent généralement 15 à 20 % de moins de NH_3 que les sols entièrement en caillebotis, en particulier si les lattes sont d'un type moins adhérent pour les déjections que les sols en béton (par exemple si elles sont métallisées ou plastifiées);

b) *Réduire la surface du lisier exposée à l'air sous le caillebotis*, par exemple en aménageant par-dessous des caniveaux en pente, plus étroits en bas qu'en haut. La surface des parois devrait être lisse afin d'éviter que les déjections n'y adhèrent. La réduction de la surface émettrice grâce à des caniveaux peu profonds en V (largeur maximum 60 cm, profondeur 20 cm) peut réduire de 40 à 65 % les émissions des porcheries selon la catégorie d'animaux et la présence de sols partiellement en caillebotis. Les caniveaux doivent être nettoyés par chasse deux fois par jour avec la partie liquide (peu épaisse) du lisier plutôt qu'avec de l'eau. Pour les truies allaitantes, on peut obtenir une réduction allant jusqu'à 65 % des émissions en réduisant la surface émettrice par la construction d'un bac sous le caillebotis du box. Ce bac est un plan incliné (à au moins 3°) avec écoulement en son point le plus bas;

c) *Abaisser la température du lisier.* Dans les porcheries en exploitation, la température du lisier dans les caniveaux peut être abaissée par pompage d'un réfrigérant (des eaux souterraines par exemple) à travers une série d'ailettes flottant sur le lisier (le recyclage des eaux souterraines est interdit dans certains pays ou régions). Le rafraîchissement de la surface du lisier à l'aide d'ailettes dans un système fermé d'échange de chaleur peut réduire les émissions de 45 à 75 % selon la catégorie d'animaux. Cette technique est particulièrement économique dès lors qu'elle permet d'utiliser la chaleur ainsi récupérée pour chauffer d'autres locaux, par exemple les logements pour porcelets sevrés;

d) *Acidifier le lisier.* Il est possible de réduire les émissions de NH_3 en acidifiant le lisier, ce qui aura pour effet de modifier l'équilibre chimique et de transformer le NH_3 en NH_4^+ . Les déjections (surtout la partie liquide) sont recueillies dans une cuve contenant un liquide acidifié (généralement de l'acide sulfurique, mais on peut aussi utiliser des acides organiques) qui maintient un pH inférieur à 6. Dans les bâtiments abritant des porcelets, on a observé une réduction des émissions de 60 %. À noter cependant que l'usage de produits chimiques ne doit pas être envisagé s'il ne s'accorde pas pleinement avec les règles de salubrité et de sécurité en vigueur;

e) *Améliorer le comportement des animaux et la conception des box.* Le comportement des animaux peut être amélioré si l'on aménage pour les porcs des zones correspondant à différentes activités. Il est possible, par exemple, de créer des box partiellement en caillebotis, de telle façon que les porcs puissent faire la distinction entre les différentes zones fonctionnelles (couchage, alimentation, défécation, exercice), le but étant d'empêcher autant que possible le dépôt d'excréments et d'urine sur la partie pleine du sol afin de réduire les émissions de NH_3 . Pour ce faire, il faudrait exploiter les habitudes naturelles du porc, qui évite de déféquer dans les zones de nourriture et de couchage, en optimisant l'aménagement des box et le contrôle de la température ambiante. Par exemple, l'aménagement de boxes longs et étroits, les auges étant positionnées à l'avant du box et les abreuvoirs à l'arrière, au-dessus de la partie du sol en caillebotis, pourrait éviter les dépôts d'excréments sur la partie pleine du sol. Des températures ambiantes élevées encouragent les porcs à s'allonger sur la partie en caillebotis du sol (zone de défécation) plutôt que sur la partie pleine, d'où un possible encrassement de la zone cimentée et une augmentation des émissions qui oblige à prendre des mesures supplémentaires pour obtenir une bonne réduction des émissions (amélioration de la ventilation, abaissement de la température de la partie pleine du sol pour encourager les porcs à s'allonger dans cette zone, ou installation de systèmes d'arrosage automatique pour leur apporter de la fraîcheur pendant les périodes de chaleur estivale, par exemple. Les détails de la conception et de la gestion des porcheries sont variables d'un pays à l'autre et d'une région à l'autre. En général, il est plus difficile de conditionner le comportement des porcs dans les climats chauds;

f) *Éviter de ventiler directement au-dessus de la surface du lisier dans les caniveaux.* Une vitesse élevée de circulation de l'air augmente les émissions de NH_3 provenant de la surface du fumier. Là où il n'est pas possible de faire autrement, l'espace entre le caillebotis et la surface du fumier doit être suffisamment grand pour réduire au minimum la vitesse de circulation de l'air;

g) *Débarrasser l'air du NH_3 au moyen d'épurateurs acides ou de filtres biologiques.* Même si elles sont plus coûteuses, ces méthodes d'épuration offrent le plus grand potentiel (réduction de 70 à 90 %) d'atténuation des émissions provenant des bâtiments à ventilation forcée et peuvent être jugées adéquates lorsqu'il est impératif, sur le plan national, régional ou local, de réduire les émissions de NH_3 (par exemple dans l'Union européenne, au voisinage d'une Zone de protection spéciale qui en subit les effets indésirables).

34. En principe, bon nombre des méthodes de réduction des émissions de NH_3 en provenance des porcheries à lisier pourraient également s'appliquer aux étables pourvues d'une installation de même type. Même si, dans ces dernières, la ventilation est généralement naturelle, ce qui empêche une utilisation facile des épurateurs pour nettoyer l'air refoulé, toute stratégie visant à réduire les surfaces exposées, abaisser la température du lisier, acidifier le lisier ou ralentir au maximum la circulation de l'air à la surface du lisier est applicable.

D. Systèmes à base de paille dans l'élevage porcin

35. Dans un système à base de paille, la litière doit être fraîche, propre, sèche et hygiénique. Elle doit être en quantité suffisante pour absorber totalement l'urine. Le renouvellement fréquent de la litière contribue à son absorption. Si l'absorption complète de l'urine n'est pas possible, des planchers en pente et des rigoles devraient permettre un drainage et une élimination rapides. Il faut éviter toute fuite des systèmes d'abreuvement pour ne pas humidifier davantage la litière.

36. Les systèmes à base de paille conviennent mieux pour le bien-être de l'animal que les systèmes à lisier. Il ne semble pas que les systèmes à base de paille, dès lors qu'ils sont bien gérés, donnent lieu à des pertes nettement plus élevées que les systèmes à lisier. Tant pour le bien-être de l'animal que pour l'environnement, il est souhaitable d'avoir recours à des systèmes qui permettent aux porcs de faire la différence entre une zone de couchage et une zone de défécation, ce qui correspond au comportement naturel des porcs et qui dans le même temps réduit les émissions. La gestion des systèmes à base de paille demande plus d'efforts que celle des systèmes à lisier.

37. Les bâtiments d'élevage associent des systèmes de ventilation naturelle et la mise en place de zones fonctionnelles. Les émissions de NH_3 peuvent être réduites de 20 %. Il faut plus d'espace que dans les bâtiments à air pulsé. Les coûts de construction sont du même ordre.

E. Poulailers à faible taux d'émissions

38. Les émissions de NH_3 sont réduites au minimum lorsque la teneur en matière sèche des fientes ou de la litière est d'au moins 60 %. Dans ces conditions, le faible taux d'humidité ne permet pas la décomposition de l'acide urique pour libérer de l'ammoniac. Cela signifie qu'un séchage plus marqué n'augmentera pas les émissions de NH_3 . Par contre, le séchage des fientes de volaille qui se sont déjà humidifiées et dans lesquelles l'acide urique s'est déjà décomposé entraînera une augmentation des émissions de NH_3 . Dans le cas de la litière et des fientes de volaille, les techniques de réduction devraient donc viser à augmenter la teneur en matière sèche en empêchant les éclaboussures d'eau et, dans les nouveaux bâtiments, en prévoyant un mécanisme de séchage qui maintienne à plus de 60 % la teneur des litières en matière sèche.

39. Dans les poulailers de ponte, il est possible de réduire les émissions d'ammoniac provenant des poulailers en batterie ou des systèmes à caniveaux en diminuant le taux d'humidité des fientes par ventilation de la fosse à déjections. Les autres systèmes de réduction des émissions dans les poulailers de ponte sont notamment:

a) *Les systèmes à courroie dans les systèmes de cages (cages en batterie, cages aménagées):* La collecte des déjections sur des tapis transporteurs, puis leur enlèvement et leur stockage dans un endroit couvert situé hors du bâtiment, peuvent réduire les émissions de NH_3 , en particulier si les fientes sont séchées sur les tapis par une ventilation à air pulsé. Si les déjections recueillies sur les tapis transporteurs de fientes sont acheminées vers un

tunnel de dessiccation fortement ventilé, à l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment, la teneur en matière sèche peut atteindre 60 à 80 % en moins de quarante-huit heures. Le séchage sur tapis devrait normalement empêcher une hydrolyse substantielle, mais le chauffage des déjections qui ne sont que rarement enlevées et qui peuvent s'humidifier devrait être évité. Un enlèvement plus fréquent qui passerait d'une fois à deux ou trois fois par semaine réduit les émissions de NH₃;

b) *Les systèmes de volière (systèmes sans cage) avec tapis de collecte des déjections* en vue d'un ramassage fréquent et d'un enlèvement des déjections vers des lieux de stockage fermés réduisent les émissions de plus de 70 % par rapport à un système à litière profonde.

40. L'air refoulé des poulaillers peut être débarrassé du NH₃ au moyen d'épurateurs acides ou de filtres biologiques (avec un taux de réduction de 70 à 90 %). Comme l'air des poulaillers contient un grand nombre de grosses particules de poussière qui peuvent boucher l'épurateur, il est recommandé d'utiliser un épurateur à phases multiples qui enlève les grosses particules au cours de la première phase. Les épurateurs à phases multiples présentent en outre des avantages annexes en ce sens que la réduction ainsi opérée des émissions de NH₃ et d'autres particules, qui contiennent également des quantités substantielles de phosphore et d'autres éléments, permet leur recyclage en éléments nutritifs pour les végétaux.

41. Dans les bâtiments abritant des poulets de chair et des dindes, la qualité de la litière est le principal élément qui détermine les émissions de NH₃, comme dans les autres types de poulaillers, étant donné qu'elle influe sur la quantité d'acide urique décomposée. Dans les nouveaux bâtiments, les systèmes d'aération devraient être conçus de façon à éliminer l'humidité quelles que soient les conditions météorologiques et indépendamment de la saison, et le poulailler devrait être bien isolé. Dans les bâtiments nouveaux comme dans les anciens, il faut éviter la condensation (par des mesures d'isolation) et prévoir, pour les poulets de chair, des abreuvoirs à bec, moins propices aux éclaboussures.

IV. Systèmes de stockage des déjections animales à faible taux d'émissions

A. Introduction

42. Les pertes d'ammoniac provenant des bâtiments ou survenant après un épandage de fumier sont généralement les plus importantes sources d'émissions. Cependant, les émanations provenant du lisier et du fumier stockés peuvent elles aussi contribuer notablement aux émissions totales d'ammoniac. Le stockage permet un épandage aux époques de l'année où les cultures ont besoin d'éléments nutritifs et où le risque de pollution de l'eau est faible.

B. Stockage du lisier et d'autres déjections liquides

43. Une fois extrait des bâtiments où séjournent les animaux d'élevage, le lisier est stocké dans des citernes (ou des silos) en béton, en acier ou en bois, dans des fosses à revêtement étanche ou dans des sacs. Les fosses à revêtement étanche ont une surface par unité de volume plus importante, et donc un plus grand potentiel d'émission de NH₃. La conception, la construction et la gestion des enceintes de stockage des engrais animaux peuvent être régies par des règlements nationaux ou régionaux.

44. Techniques de réduction des émissions de NH₃ provenant des enceintes de stockage des déjections animales:

a) *Conception des enceintes de stockage:*

i) *Dimensions:* L'enceinte devrait être de dimensions suffisantes pour éviter un épandage aux époques de l'année où l'eau risque d'être polluée (par exemple par les nitrates) et pour que l'application se fasse au moment le plus opportun compte tenu de la demande des plantes en azote;

ii) *Superficie:* Il est souhaitable de réduire la superficie (ou surface émettrice) de l'enceinte. Par exemple, la superficie d'une cuve à lisier de 1 000 m³ peut être réduite de plus du tiers si la hauteur des côtés est augmentée de 2 m et portée de 3 à 5 m. De façon générale, pour des raisons pratiques (brassage ou réduction du volume requis pour assurer la précipitation) et pour réduire les émissions, la hauteur de l'enceinte devrait être d'au moins 3 m, pour autant que cela soit matériellement possible;

b) *Couvercles des cuves ou silos à lisier:* La couverture des enceintes de stockage du lisier est un moyen efficace de réduire les émissions de NH₃. Les différentes possibilités de couverture sont résumées au tableau 2. Il s'agit notamment de:

i) *Couvercles rigides:* Ce sont les plus efficaces pour réduire les émissions de NH₃, mais aussi les plus coûteux. S'il importe de s'assurer qu'ils sont parfaitement étanches afin de réduire au maximum l'échange d'air, il faudra toujours prévoir de petites ouvertures ou un dispositif d'aération pour empêcher l'accumulation de gaz méthane inflammable (CH₄), surtout en cas de structure bâchée. Dans les régions à forte pluviométrie, ces couvertures ont l'avantage d'empêcher la pluie d'entrer dans l'enceinte et d'éviter ainsi une augmentation du volume due à l'eau de pluie;

ii) *Couvercles flottants:* Il s'agit habituellement de feuilles en matière plastique, moins efficaces qu'une couverture fixe mais habituellement moins coûteuses. On utilise souvent des feuilles doubles de polystyrène rétractable pour éviter la formation de bulles de gaz et l'affaissement partiel de la couverture. Celle-ci devrait être arrimée à un cordage vertical fixé à la paroi de l'enceinte pour l'empêcher de tourner durant le brassage et éviter qu'elle ne soit soufflée par le vent. Certains types de couvercles empêchent également l'infiltration d'eau de pluie qui risquerait d'accroître le volume de lisier stocké;

iii) *Couvertures flottantes géométriques en matière plastique:* Les couvertures flottantes géométriques en matière plastique forment un couvercle flottant étanche à la surface du lisier. Leurs nervures verticales empêchent les superpositions. Ces couvertures ne sont utilisables que pour le lisier de porc ou autres fumiers d'animaux qui ne forment pas de croûte. Elles ne conviennent pas pour les lisiers riches en matières organiques qui contribueront à la formation d'une croûte difficile à casser;

iv) *Croûtes naturelles:* Le lisier de bétail, et parfois aussi le lisier de porc, se recouvre normalement d'une croûte naturelle composée de matières organiques flottantes. Cette croûte ne se forme que si la teneur en matière sèche est suffisante (>7 %) et si le brassage est réduit au minimum. La croûte devrait recouvrir la totalité de la surface du lisier. Le remplissage de l'enceinte doit s'effectuer sous la croûte afin d'éviter qu'elle ne se rompe; l'efficacité de couverture de la croûte dépend de la mesure dans laquelle elle recouvre toute la surface du lisier, ce qui dépend de son épaisseur, de sa complétude et de sa résistance dans le temps. On notera que la formation d'une croûte prend un certain temps;

v) *Croûtes flottantes*: L'adjonction de paille, de granulés ou autres matières flottantes à la surface du lisier dans les citernes ou les fosses étanches peut réduire les émissions par la création d'une croûte artificielle;

a. *Granulés d'argile*: L'adjonction de granulés peut être réalisée très facilement. Cette matière est plus coûteuse que la paille, mais revient seulement au tiers du prix d'une structure bâchée. Environ 10 % du matériau est généralement perdu chaque année lors de la vidange de l'enceinte de stockage. Un brassage la veille de l'épandage et brièvement juste avant l'opération peut contribuer à réduire les pertes;

b. *Paille*: Le moyen le plus efficace consiste à introduire de la paille broyée par une récolteuse-hacheuse de fourrage automotrice sur une profondeur d'environ 4 cm. Cette opération, qui nécessite l'intervention d'un conducteur qualifié et expérimenté, consiste à souffler environ 4 kg de paille par m² dans une citerne soit vidée soit remplie. Les couvercles en paille augmenteront probablement les émissions de CH₄ et de N₂O en raison de la plus grande quantité de carbone ajoutée. La teneur du lisier en matière sèche augmente également, ce qui a pour conséquence d'augmenter les émissions de NH₃ après l'application du lisier.

45. Il n'est pas recommandé d'utiliser de l'huile ou de la tourbe parce que l'opération présente des difficultés pratiques et que l'on manque d'expérience dans les conditions propres aux exploitations agricoles, et aussi parce qu'il en résultera probablement une forte augmentation des émissions de CH₄.

46. Il est plus difficile de réduire les émissions de NH₃ provenant des fosses étanches que celles provenant des cuves. Le remplacement des fosses existantes par des cuves peut être envisagé dans une optique de réduction des émissions. La construction de nouvelles fosses étanches est à décourager au profit des cuves ou d'autres solutions à faible taux d'émission (voir plus loin) à moins qu'il ne soit possible d'appliquer et de valider des méthodes d'atténuation efficaces pour réduire les émissions. Il existe des techniques, notamment celles qui font appel aux barrages flottants, qui ont pour effet de créer une partition à la surface et peuvent ainsi faciliter l'application de couvercles flottants, faits par exemple de granulés d'argile et de paille, et aussi la formation de croûtes dans les fosses de grandes dimensions, même dans des conditions venteuses.

47. Les sacs de stockage conviennent pour réduire les émissions provenant du lisier. Ils suscitent de plus en plus d'intérêt car ils reviennent beaucoup moins chers que la construction d'une enceinte élevée de stockage du lisier avec toit rigide. Il peut toutefois exister un risque de pollution de l'eau si ce système n'est pas correctement géré et cette technique ne convient pas nécessairement pour de gros volumes ou pour un lisier à forte teneur en matière sèche.

Tableau 2
**Effacité et applicabilité des techniques de réduction des émissions d'ammoniac
provenant des enceintes de stockage du lisier**

<i>Mesure de réduction</i>	<i>Catégories d'animaux</i>	<i>Taux de réduction des émissions (%)</i>	<i>Applicabilité</i>	<i>Remarques</i>
Couvercle rigide ou toit	Toutes	80	Citernes et silos uniquement	Pas de supplément de capacité à prévoir pour l'apport d'eau de pluie; technique limitée par des exigences statiques
Couvercle souple (par exemple structure bâchée)	Toutes	80	Citernes et silos uniquement	Technique limitée par des exigences statiques
Couvercle flottant	Toutes	60		-
Couvertures flottantes en matière plastique	Toutes	Environ 60	Pas sur les fumiers formant une croûte	Besoin de nouvelles données sur la réduction des émissions
Croûte naturelle	Lisiers de bovins et de porcs contenant plus de 7 % de matières sèches	40	Inapplicable dans les exploitations avec épandages fréquents	-
Croûte artificielle: paille	Lisiers de bovins et de porcs	40	Inapplicable pour les lisiers très liquides et dans les exploitations avec épandages fréquents	Peut entraîner une augmentation des émissions de N ₂ O et probablement aussi de CH ₄
Croûte artificielle: granulés d'argile, etc.	Lisier de porcs, fumiers liquides	60	Applicable également aux fumiers légers et liquides; inapplicable dans les exploitations avec épandages fréquents	Perte d'une partie des granulés d'argile dans les opérations de pompage
Remplacement des fosses étanches par des citernes ouvertes ou couvertes	Toutes	30-60	-	La référence dans cette situation fait apparaître le taux d'émission plus élevé des fosses étanches ouvertes
Sac de stockage	Toutes	100	L'applicabilité se développe rapidement à mesure que l'expérience augmente	L'expérience acquise jusqu'à présent concerne surtout les petits élevages porcins, mais a également servi dans des élevages plus importants de vaches laitières

48. Autres aspects à prendre en considération:

a) Les brassages et vidanges fréquents sont à éviter si possible car ils augmentent les émissions de NH_3 . Le brassage et l'enlèvement du lisier en vue de son épandage seront probablement plus fréquents sur les herbages que sur les terres arables pour une utilisation judicieuse du lisier;

b) Il est possible de réduire la vitesse de circulation de l'air à la surface du lisier en laissant un espace libre suffisant et en plantant un rideau d'arbres;

c) La mise en place de cuves en sous-sol à l'extérieur et la mise à l'ombre des enceintes de stockage peuvent réduire la température du lisier dans l'enceinte de stockage et permettre ainsi une importante réduction des émissions de NH_3 (et de CH_4).

Stockage du fumier solide

49. Il existe à l'heure actuelle peu de solutions pour réduire les émissions de NH_3 provenant du stockage du fumier. Des consignes claires faisant référence aux bonnes pratiques en la matière peuvent néanmoins s'appliquer. Une fois éloigné des bâtiments d'élevage, le fumier peut être entassé sur une surface en dur, quelquefois entourée de murs et généralement drainée vers une fosse dans laquelle est recueillie la fraction liquide. Certains pays autorisent le stockage du fumier en tas sur le sol en plein champ, tout au moins pendant une période limitée, ce qui peut toutefois entraîner des déperditions importantes en raison des émissions de NH_3 , de la dénitrification et du lessivage. La litière et les fientes avicoles, en particulier les déjections desséchées à l'air des poules pondeuses, sont de plus en plus stockées en silo horizontal. Les consignes de gestion pour limiter les émissions de NH_3 sont les suivantes:

a) *Couvrir les enceintes de stockage du fumier.* Il n'est pas toujours pratique d'utiliser des couvercles rigides mais il a été démontré que l'utilisation de feuilles en matière plastique réduit notablement les émissions de NH_3 sans augmenter sensiblement celles de CH_4 ou de N_2O . Comme dans le cas du stockage du lisier à faible taux d'émissions, il importe que le fumier stocké sous couverture soit épandu au moyen de techniques peu polluantes (c'est-à-dire qu'il soit enfoui immédiatement), faute de quoi les économies d'azote peuvent être annihilées à un stade ultérieur;

b) *Ajouter au fumier une plus grande quantité de paille.* Cette méthode peut être jugée moins efficace que la couverture du fumier, les résultats variant selon le type de fumier, les conditions et l'augmentation éventuelle des émissions de N_2O et de CH_4 ;

c) *Réduire autant que possible la surface au sol de la fumière* (par exemple en construisant des murs pour en augmenter la hauteur); cette méthode peut également être jugée moins efficace que la couverture du fumier;

d) *Faire en sorte que le fumier soit aussi sec que possible*, ce qui est particulièrement important dans le cas des fientes de volaille (poulets de chair et poules pondeuses) et des fientes séchées sur courroies, parce qu'en présence d'humidité, l'acide urique se décompose pour produire de l'ammoniac. Parmi les mesures à prendre pour que les fientes de volaille restent sèches, on citera celles-ci:

i) Les couvrir d'une feuille plastique;

ii) Les stocker sous un toit, de préférence sur une surface en dur;

iii) S'il n'est pas possible de les couvrir, les stocker dans des fumières étroites en forme de A peut faciliter l'écoulement de l'eau, même si les résultats restent peu probants.

50. Les déjections des poules pondeuses séchées à l'air libre, qui sont recueillies sur des courroies et contiennent au moins 60 à 70 % de matière sèche émettent très peu d'ammoniac. Cet engrais doit être conservé au sec et à l'abri de l'humidité. C'est pourquoi le stockage sous un toit est la solution qui convient le mieux.

51. Dans les poulaillers de ponte montés sur fosse, où les poules sont élevées en batterie, les fientes, souvent stockées pendant un an en contrebas, émettent de grandes quantités d'ammoniac en raison de leur faible teneur en matière sèche (c'est-à-dire de leur forte teneur en eau). Afin de réduire les émissions de NH_3 , la teneur en matière sèche peut être augmentée par un passage de l'air refoulé du bâtiment sur le tas de fumier.

52. Il existe d'autres techniques, dont l'une consiste à maintenir la température de la fumière au-dessous de 50 °C, et l'autre à porter à >25 le rapport C:N, par exemple en augmentant la quantité de paille ou des autres matériaux de litière utilisés.

53. Il est essentiel de tenir compte de la réglementation nationale ou régionale concernant la lutte contre la pollution de l'eau lorsque l'on décide d'ériger les fumières directement sur le sol, en plein champ, étant donné les risques importants de lessivage et de ruissellement associés à cette pratique.

V. Techniques d'épandage à faible taux d'émissions

A. Introduction

54. Les émissions de NH_3 provenant de l'application d'engrais animaux (lisier, fumier de ferme et litière avicole) prennent une place importante dans les émissions du secteur agricole. Il est très important de réduire autant que possible les pertes à ce stade de la gestion car toute quantité d'ammoniac dont on a fait l'économie en amont, en intervenant au niveau des bâtiments abritant les animaux ou du stockage des déjections, pourrait être perdue si l'on n'applique pas la bonne technique d'épandage. Moins de pertes d'ammoniac équivaut à davantage d'azote potentiellement disponible en tant que nutriment végétal. Pour optimiser l'opération du point de vue agronomique et éviter d'accentuer le risque de lessivage des nitrates, on tiendra compte de la teneur en azote du fumier afin que le taux, la méthode et l'époque d'application correspondent aux besoins des cultures, compte tenu de la quantité d'azote économisée lorsque l'on applique des méthodes à faible taux d'émissions.

55. Les techniques résumées ci-après permettent de réduire les émissions de NH_3 en diminuant l'exposition du fumier à l'atmosphère, d'où leur efficacité quelles que soient les conditions climatiques. Bien que les émissions absolues de NH_3 soient tributaires du climat et qu'elles augmentent en parallèle avec la hausse de la température, il n'a pas été établi que le climat influait sur la proportion des émissions atténuées grâce aux techniques de réduction. Les taux de réduction des émissions sont indiqués au tableau 3.

B. Techniques d'application du lisier et d'autres déjections liquides à taux d'émissions réduit

56. Le moyen le plus économique de réduire les émissions de NH_3 provenant de l'application du lisier consiste à employer une technique appropriée telle que l'injection ou l'épandage en bandes. Ces méthodes sont aussi avantageuses du point de vue agronomique en ce sens qu'elles permettent une application plus homogène et plus précise du lisier, ce qui peut atténuer le risque de ruissellement (voir l'encadré).

Techniques d'application du lisier: injecteurs et épandeurs en bandes

Injecteurs: Ces dispositifs abaissent les émissions de NH_3 en introduisant le lisier sous la surface du sol, réduisant ainsi la superficie du lisier exposée à l'air et augmentant son infiltration dans le sol. Ils sont généralement plus efficaces pour réduire les émissions de NH_3 que les épandeurs en bandes. Il en existe trois types:

a) *Injecteurs de faible profondeur (ou par entaille)*: Ce type de matériel pratique dans le sol des entailles superficielles (généralement de 4 à 6 cm de profondeur, espacées de 25 à 30 cm), qui sont ensuite remplies de lisier ou de fumier liquide. Cette technique s'utilise surtout sur les herbages. On obtient des réductions d'émissions différentes selon que l'entaille reste ouverte ou fermée. Les quantités appliquées peuvent être limitées par le volume des entailles;

b) *Injecteurs en profondeur*: Ceux-ci appliquent le lisier ou le fumier liquide sur une profondeur de 10 à 30 cm à l'aide de dents espacées de 50 cm, généralement dotées d'ailes latérales qui facilitent la dispersion du lisier dans le sol afin d'obtenir des taux d'application élevés. Ce matériel convient surtout aux terres arables car il risque d'endommager le tapis herbeux;

c) *Injecteurs pour terres arables*: Ces dispositifs sont montés sur des cultivateurs à dents flexibles ou rigides et leur utilisation est réservée aux terres arables.

Épandeurs en bandes: Ce matériel permet de réduire les émissions de NH_3 provenant du lisier et des autres fumiers liquides par une diminution de la superficie de l'engrais exposée à l'air, et donc de la circulation d'air sur cet engrais. L'efficacité de ces machines peut être variable selon la hauteur de l'herbe. Il en existe deux grands types:

a) *À tuyaux traînés*: Le lisier est déversé au niveau du sol, sur des herbages ou des terres arables, par une série de tuyaux souples. L'application entre les rangées d'une culture en croissance est possible;

b) *À sabots traînés*: Le lisier est normalement déversé par des tubes rigides qui se terminent par des «sabots» métalliques conçus pour être traînés sur le sol et écarter les cultures afin que le lisier soit appliqué directement en surface et sous le couvert végétal. Certains types de sabots peuvent pratiquer une entaille de faible profondeur dans le sol afin de faciliter l'infiltration.

Enfouissement rapide

57. Il est souhaitable que le lisier soit enfoui dans le sol aussi rapidement que possible après l'épandage. La réduction des émissions est la plus efficace si l'enfouissement est effectué immédiatement après l'épandage (dans un délai de quelques minutes), soit une réduction de 70 % à 90 %. Elle est estimée à 45 % à 65 % si le délai est de quatre heures et à 30 % si le délai est de vingt-quatre heures. L'ensevelissement complet du lisier par labourage est une opération lente et, dans de nombreux cas, l'utilisation d'un cultivateur à dents ou à disques peut être tout aussi efficace dans la mesure où le lisier séjourne moins longtemps sur la surface du sol avant d'être bien mélangé avec le sol par le travail de la terre. Il peut être utile de faire appel à des entreprises spécialisées ou de partager le matériel pour assurer un enfouissement rapide. L'enfouissement des fumiers solides est examiné ci-après.

Dilution du lisier

58. Les émissions d'ammoniac provenant d'un lisier dilué à faible teneur en matière sèche sont généralement inférieures à celles émanant d'un lisier non dilué car l'infiltration dans le sol est plus rapide. Deux solutions sont possibles:

a) Le lisier peut être ajouté à l'eau d'irrigation pour être appliqué sur les herbages ou les cultures sur terres arables. La meilleure méthode consiste à l'injecter dans la conduite d'eau d'irrigation et à le pomper vers un asperseur à faible pression, fixe ou mobile (et non vers un canon à haute pression qui pulvérise le mélange sur le sol). Le taux de dilution peut atteindre 50:1 (eau: lisier), mais il doit être au moins de 1:1, ce qui permet d'obtenir une réduction estimée à 30 % (ECE/EB.AIR/120, par. 146 et fig. 1).

b) De l'eau peut être ajoutée aux lisiers visqueux avant l'application, dans l'enceinte de stockage ou dans la citerne de transport. Pour les lisiers visqueux de bovins, même des taux de dilution de 0,5:1 (eau: lisier) peuvent contribuer à réduire les pertes. Cela étant, les frais supplémentaires occasionnés par le transport de l'eau sont considérables et il est important que le taux d'application augmente proportionnellement à la réduction de la teneur en azote ammoniacal total.

Systèmes de gestion temporelle de l'application

59. Les techniques ci-après, qui prennent en compte les conditions extérieures ou le choix du calendrier d'application, peuvent aussi aider à réduire les émissions d'ammoniac, quoiqu'elles ne soient pas toujours aussi efficaces ou fiables que celles qui sont évoquées plus haut:

- a) Épandage par temps frais, humide et sans vent;
- b) Application effectuée peu de temps avant une précipitation (efficace uniquement si au moins 10 millimètres (mm) d'eau tombent immédiatement après l'épandage). Cette mesure n'est applicable que sur des terrains plats et loin des cours d'eau, sinon il y a un risque de ruissellement;
- c) Épandage effectué le soir, lorsque la vitesse du vent et la température de l'air baissent;
- d) Épandage sur des sols récemment cultivés, à condition que l'infiltration du fumier soit plus rapide.

Acidification du lisier

60. Un faible pH réduit les pertes d'ammoniac provenant du fumier. Abaisser le pH du lisier à un niveau stable de 6 ou moins suffit en général à réduire les émissions d'ammoniac de 50 % ou plus. À cet effet, on peut ajouter de l'acide sulfurique au lisier. Une technique consistant à doser automatiquement l'acide sulfurique pendant l'application du lisier est actuellement commercialisée et donne de très bons résultats. Il importe de prendre les précautions voulues lors de l'adjonction d'acide sulfurique au fumier, à quelque stade que ce soit, afin d'éviter tout risque pour les personnes, les animaux et l'environnement.

Autres additifs

61. L'utilisation d'autres additifs que les acides ne s'est pas avérée efficace pour réduire les émissions de NH_3 ; par ailleurs, elle pose des problèmes d'ordre pratique.

C. Techniques d'application du fumier solide à taux d'émissions réduit

62. Un enfouissement rapide est la seule technique viable de réduction des émissions de NH_3 provenant des fumiers solides, même si un certain succès a été constaté aux États-Unis avec les injecteurs par entaille dans le cas des fientes de volaille. Étant donné qu'une bonne partie du NH_3 se dégage du fumier solide dans les quelques heures qui suivent l'épandage, il est recommandé d'enfouir le fumier dans ce délai. Pour des réductions d'émission maximales, le fumier doit être entièrement mélangé avec les sols ou enseveli, résultat souvent plus difficile à obtenir avec certains fumiers solides (par exemple ceux qui contiennent de grandes quantités de paille) qu'avec les lisiers.

63. Il est possible d'obtenir des réductions de 60 % à 90 % lorsque l'on enfouit des fumiers solides dans des terres arables par labourage dans les quatre heures qui suivent l'application. À titre de comparaison, un enfouissement effectué dans un délai de vingt-quatre heures devrait réduire les émissions de 30 % environ. Contrairement au lisier, des études ont montré que l'enfouissement des fumiers solides par labourage était toujours plus efficace qu'avec des cultivateurs à disques ou à dents, bien que la méthode du labourage soit plus lente.

D. Considérations d'ordre pratique

64. L'efficacité de réduction des émissions, l'applicabilité et les coûts devraient être pris en considération lors du choix de la technique anti-émissions la plus adaptée. On trouvera au tableau 3 des indications concernant l'efficacité et l'applicabilité des différentes méthodes. Le taux de réduction des émissions de NH_3 est exprimé en pourcentage par rapport à la méthode de référence. S'agissant des techniques d'application des engrais d'origine animale, la référence s'entend des émissions provenant du lisier ou du fumier non traité, appliqué sur toute la surface du sol (fumure de surface). Pour le lisier, on utilise une cuve munie d'une buse et d'une plaque de projection. Pour le fumier, la technique de référence consiste à laisser reposer le fumier en surface pendant une semaine ou plus.

65. Il convient de prendre en compte les points ci-après pour réduire les émissions de NH_3 provenant de l'épandage du fumier:

a) La quantité d'émissions que permettront d'éviter les épandeurs en bandes et les injecteurs est fonction de la teneur du lisier en matière sèche, des propriétés du sol, du soin apporté aux travaux et des caractéristiques de la culture considérée;

b) De même, l'efficacité de l'enfouissement dépend du type de fumier et du délai écoulé depuis l'épandage. L'enfouissement immédiat donne de meilleurs résultats;

c) Les épandeurs en bandes (à tuyaux traînés) sont généralement plus efficaces sur les terres arables que sur les herbages et lorsqu'ils sont utilisés avec du lisier de porc dilué plutôt qu'avec le lisier de bovin, plus visqueux;

d) Les épandeurs en bandes et les injecteurs par entaille ouverte ne conviennent pas toujours aux terrains très pentus en raison du risque de ruissellement. Il faut éviter d'appliquer des lisiers sur ces terrains pour minimiser ce risque. Les techniques d'injection en profondeur ne sont pas très performantes sur les sols rocailloux ou compacts;

e) L'injection par entaille ouverte est moins tributaire du type ou de l'état du sol que l'injection par entaille fermée;

f) Les champs de petites dimensions ou très découpés ne conviennent pas aux grandes machines. Les matériels conçus pour réduire les émissions doivent être choisis en fonction du terrain;

g) L'enfouissement est réservé aux terres cultivées. L'épandage en bandes et les méthodes d'injection se prêtent davantage aux herbages;

h) Les systèmes qui améliorent la logistique de l'épandage du fumier peuvent influencer sur les émissions dans la mesure où ils permettent de choisir le meilleur moment pour l'épandage. Ainsi, les systèmes ombilicaux, dans lesquels l'applicateur est monté directement sur le tracteur et alimenté par une cuve ou un tube au moyen d'un long tuyau souple, permettent d'éviter d'avoir à raccorder l'applicateur sur une cuve tirée par un tracteur ou un camion-citerne. Ils offrent l'avantage de travailler à une allure plus soutenue et d'atténuer le risque de dégâts causés aux sols par le tassement dans les cas de sols détrempés. Il faut cependant beaucoup de temps pour dérouler et réenrouler les tuyaux;

i) La dilution dans des systèmes d'irrigation n'est possible que lorsque l'irrigation est pratiquée, auquel cas elle peut être très efficace pour réduire les émissions de NH_3 ;

j) Diluer le lisier dans des systèmes mobiles ne peut se faire que dans les petites exploitations, car l'eau supplémentaire à utiliser réduit l'efficacité de l'épandage et en augmente le coût;

k) L'investissement initial et les dépenses de fonctionnement risquent d'être plus élevés dans le cas des systèmes à taux d'émissions réduit que dans le cas des techniques de fumure en surface, mais les économies réalisées en matière d'engrais azotés minéraux peuvent plus que compenser ces frais supplémentaires pour autant que soient adoptées les solutions les plus efficaces;

l) La séparation des matières solides et liquides dans le fumier peut contribuer à la gestion des éléments nutritifs qu'il contient. L'application de la fraction liquide obtenue à l'aide d'une bonne trieuse permet de réduire notablement les émissions de NH_3 (entre 20 % et 30 %), en raison d'une infiltration plus rapide conjuguée à une plus faible teneur en matière sèche. Pour que cette technique porte ses fruits, il faut si possible appliquer la fraction liquide aux sols pouvant être infiltrés (par exemple ceux qui ne sont pas saturés ou très tassés). Si aucune mesure n'est prise, les émissions provenant de la fraction solide seront plus élevées (à cause d'une plus forte teneur en matière sèche, qui limite l'infiltration dans le sol). Ces émissions devraient donc être réduites pendant le stockage et l'épandage (par un rapide enfouissement dans le sol); dans le cas contraire, la fraction solide devrait servir à d'autres usages (digestion anaérobie, par exemple);

m) Dans l'ensemble, on constate peu de différence en termes d'émissions entre l'application de fumier brut et le digestat liquide résultant de la digestion anaérobie. Si ce dernier a une faible teneur en matière sèche, ce qui permet une infiltration rapide dans les sols bien drainés, il présente aussi un pH élevé, ce qui le rend susceptible de produire des émissions importantes de NH_3 . Comme dans le cas du fumier brut, des techniques de réduction des émissions devront être utilisées (par exemple injection, épandage en bandes ou acidification);

n) La largeur de travail est limitée avec les injecteurs, mais bien plus grande avec les épandeurs en bandes. Pour cette raison, lorsqu'on utilise des injecteurs, il faut prévoir que les roues causeront des dommages plus importants;

o) Dans le processus d'acidification du fumier, on ajoute habituellement de l'acide sulfurique concentré au lisier avant ou pendant l'application. Il faut cependant savoir que l'acide sulfurique est un produit chimique dangereux à manier avec prudence pour éviter tout risque aux personnes, aux animaux et à l'environnement.

Tableau 3
Considérations pratiques concernant le choix des techniques de réduction de l'ammoniac dans l'épandage du fumier

<i>Technique de réduction des émissions</i>	<i>Type d'engrais naturel</i>	<i>Utilisation des terres</i>	<i>Taux de réduction classique des émissions d'ammoniac (en %)</i>	<i>Restriction à l'applicabilité</i>
Tuyaux traînés	Lisier et autres fumiers liquides	Herbages et terres arables	30-35	La pente, les dimensions et la configuration du terrain. Exclusion du lisier très visqueux. La largeur de la voie de passage dans le cas des cultures céréalières en croissance. Sur les terres arables, la réduction des émissions augmente avec la hauteur des cultures
Sabots traînés	Lisier et fumiers liquides	Herbages, terres arables (avant semailles) et cultures en ligne	30-60	Comme ci-dessus. Ne convient habituellement pas pour les cultures arables sauf peut-être lorsque les cultures en ligne en sont au stade rosette
Injection à faible profondeur	Lisier et fumiers liquides	Herbages et terres arables. Également sur les céréales en croissance	En taille ouverte: 70 % ; en taille fermée, 80 % à 10 cm de profondeur	Comme ci-dessus. Sols très secs, rocailleux ou très tassés exclus
Injection profonde (y compris injecteurs pour terres arables)	Lisier et fumiers liquides	Terres arables	90	Comme ci-dessus. Nécessite un tracteur très puissant. Ne convient pas pour les terres peu profondes, les sols très argileux (>35 %) par temps très sec, les tourbières (>25 % de matière organique) et les sols drainés à l'ardoise pilée présentant un risque de lessivage
Dilution active du lisier pour utilisation dans les systèmes d'irrigation	Lisier	Terres arables et herbages	Dilution à 50 % (c'est-à-dire une dose de lisier: 1 dose d'eau) = 30 % de réduction	Uniquement en zone irriguée. Uniquement avec des systèmes d'irrigation à basse pression

<i>Technique de réduction des émissions</i>	<i>Type d'engrais naturel</i>	<i>Utilisation des terres</i>	<i>Taux de réduction classique des émissions d'ammoniac (en %)</i>	<i>Restriction à l'applicabilité</i>
Dilution avant épandage avec des systèmes d'épandage mobiles	En particulier lisier visqueux de bovins	Terres arables et herbages	Jusqu'à 50 % pour les lisiers visqueux de bovins (dilution à 50 % = réduction de 30 %)	Nécessité d'épandre un volume supplémentaire. Seulement pour les petites exploitations et pour l'irrigation. Dose à augmenter proportionnellement à la réduction de la teneur en azote ammoniacal total
Systèmes de gestion temporelle de l'application	Tous les types d'engrais animaux	Terres arables et herbages	Variable	Cette technique doit être validée sur place
Enfouissement	Lisier	Terres arables, y compris les nouvelles prairies temporaires, ensemencements. N'est efficace que si l'enfouissement intervient juste après l'application.	Labourage immédiat = 90 % ; culture immédiate sans inversion = 70 % ; Enfouissement dans les 4 heures = 45 à 65 % ; enfouissement dans les 24 heures = 30 %	Terres en culture
Enfouissement	Fumier	Terres arables, y compris les prairies temporaires. N'est efficace que si l'enfouissement intervient juste après l'application.	Labourage immédiat = 90 % ; culture immédiate sans inversion = 60 % ; enfouissement dans les 4 heures = 45 à 65 % ; enfouissement dans les 12 heures = 50 % ; enfouissement dans les 24 heures = 30 %	Terres en culture

^a Par rapport à la méthode de référence, voir par. 64.

VI. Moyens de réduire les émissions d'ammoniac provenant de l'utilisation d'engrais azotés minéraux

A. Introduction

66. La plus grande partie de l'ammoniac provient des engrais d'origine animale mais, dans de nombreux pays à climat tempéré, environ 10 % des émissions ou plus sont dues à l'application d'engrais azotés, là où les cultures s'étendent sur de grandes surfaces. Les pertes dues au nitrate d'ammonium (NH_4NO_3) sont généralement faibles, d'ordinaire de 0,5 à 5 % de la quantité totale d'azote appliquée. Celles dues à d'autres engrais azotés, par exemple le phosphate d'ammonium, le sulfate d'ammonium, l'urée et le mélange d'urée et de nitrate d'ammonium peuvent être beaucoup plus importantes, de l'ordre de 5 à 40 %, selon les conditions.

67. Les conditions sont favorables à une absorption efficace des ions d'ammonium dans le sol dans les cas suivants: a) l'engrais est enfoui dans le sol; b) le sol a une grande capacité d'absorption; c) le sol est suffisamment humide; d) le sol a un faible pH; et e) la température est peu élevée.

B. Urée

68. Pour servir d'engrais, l'urée doit être décomposée par un enzyme présent à l'état naturel, l'uréase. Ce processus dégage de l'ammoniac et du dioxyde de carbone. S'il se produit à la surface du sol, l'ammoniac (et le dioxyde de carbone) se perd dans l'atmosphère. Si cette décomposition ne se déclenche pas tant que l'urée n'a pas été mélangée dans le sol, l'ammoniac peut alors être capté par l'argile et les matières organiques présentes dans le sol ou former des composés plus stables. Les applications d'urée doivent donc être gérées avec précision afin de rendre l'urée la plus efficace possible en tant qu'engrais et de réduire le risque d'émission de NH_3 . Il importe donc que l'urée soit mélangée ou lessivée dans le sol avant qu'elle ne commence à se décomposer.

69. Les pertes d'ammoniac lors de l'application de l'urée sont souvent les plus importantes lorsque les sols sont légers et sablonneux, en raison de leur faible teneur en argile et de leur capacité limitée à absorber l'azote ammoniacal. En dépit de leur pH élevé, les sols crayeux génèrent quelquefois moins de pertes que certains autres types de sol du fait de leur teneur plus élevée en argile et en calcaire et de leur capacité à retenir l'azote ammoniacal. L'hydrolyse de l'urée appliquée par bandes a tendance à provoquer une augmentation locale du pH et peut conduire à de fortes émissions à moins que les bandes d'urée ne soient injectées ou bien incorporées dans le sol, l'ammoniac volatilisé se trouvant ainsi capté.

70. Par temps sec, les pertes d'ammoniac peuvent être plus importantes lorsque l'urée est appliquée sur les herbages plutôt que sur les terres arables.

71. Les solutions aqueuses d'urée et les formulations solides émettent l'une et l'autre à peu près autant d'ammoniac. La quantité d'eau utilisée dans les engrais en solution est minimale et ne suffit généralement pas à lessiver l'urée dans le sol. Toutefois, le volume des pertes peut être moindre si les taux d'application sont nettement plus faibles.

72. Les pulvérisations foliaires d'urée peuvent augmenter les concentrations d'azote dans les graines de blé à moudre mais peuvent provoquer des émissions d'ammoniac.

C. Moyens de réduire les émissions d'ammoniac provenant de l'urée

73. Pour réduire autant que possible les émissions d'ammoniac provenant des engrais à base d'urée, il convient d'observer les consignes ci-après:

a) *Incorporer l'urée dans le sol.* Chaque fois que possible, mélanger rapidement l'urée dans le sol. Cette solution réduit d'environ 50 à 80 % les émissions dues à l'urée. Elle n'est pas praticable lorsque l'urée doit être appliquée en surface sur les céréales ou les herbages, mais elle l'est si l'urée est appliquée sur les semis ou entre les rangées de semis;

b) *Injecter l'urée dans le sol.* L'injection par entaille fermée d'urée solide ou liquide est plus efficace que l'enfouissement à faible profondeur, la réduction des émissions pouvant atteindre 90 %. Les bandes d'urée mal fermées ou enfouies peuvent facilement entraîner de très fortes émissions en raison de l'augmentation du pH à l'intérieur de la bande au moment de l'hydrolyse de l'urée. L'augmentation du pH est ralentie par les produits uréiques à libération lente et les inhibiteurs de l'uréase. Comme avec tous les engrais azotés, en cas d'application sur les semis, il faut éviter d'appliquer de grandes quantités d'urée près des semences car cela pourrait inhiber la germination ou la pousse. Les produits qui ralentissent l'hydrolyse de l'urée réduisent le risque de dommages aux cultures;

c) *Des inhibiteurs de l'uréase* peuvent être utilisés pour retarder la décomposition de l'urée jusqu'au moment où elle a été lessivée à une profondeur suffisante dans le sol et pour empêcher de fortes augmentations du pH, en particulier dans les bandes; les émissions sont ainsi réduites de 40 % si l'on utilise des solutions d'urée et de nitrate d'ammonium et de 70 % si l'on utilise l'urée sous forme solide;

d) *Irriguer le champ après l'application de l'urée.* Une irrigation sur au moins 5 millimètres juste après l'application de l'urée permet de réduire les émissions de 40 à 70 %. Cette technique n'est jugée pratique que là où il est nécessaire d'irriguer;

e) *Les granulés d'urée avec enrobage polymère* fournissent un engrais à libération lente qui peut entraîner une réduction des émissions d'environ 30 % en retardant l'hydrolyse. Toutefois, on ne dispose pas encore, à ce jour, d'une grande expérience pratique en la matière;

f) *Le remplacement de l'urée par du nitrate d'ammonium* peut réduire les émissions d'ammoniac de façon substantielle (jusqu'à 90 %). L'augmentation potentielle des émissions directes de N₂O est un effet secondaire négatif possible, mais il se produit surtout par temps humide et sur une structure pédologique fine (et devrait venir en déduction de la réduction des émissions indirectes de N₂O résultant des émissions de NH₃). Les engrais à base de nitrate d'ammonium peuvent être plus coûteux (de 10 à 30 %) que l'urée, mais le coût net sera sans doute négligeable compte tenu de la diminution des pertes d'azote. Dans certains pays, le nitrate d'ammonium est difficile à obtenir.

D. Sulfate d'ammonium et phosphate d'ammonium

74. Les pertes potentielles d'ammoniac provenant du sulfate d'ammonium et du phosphate d'ammonium dépendent en grande partie du pH du sol. Elles sont plus faibles pour un pH <7,0.

75. Sur les sols calcaires (pH >7,5), les engrais à base de phosphate d'ammonium ou de sulfate d'ammonium ne sont pas à utiliser s'il n'est pas possible de les enfouir rapidement, de les injecter dans le sol, d'irriguer immédiatement ou d'utiliser l'engrais avec enrobage de polymère, et il conviendra plutôt de rechercher d'autres sources d'azote, de phosphore et de soufre.

E. Réduction des émissions d'ammoniac provenant des engrais minéraux à base d'ammonium

76. Plusieurs des techniques relatives à l'utilisation d'urée exposées plus haut, y compris l'enfouissement, l'injection, l'irrigation immédiate et l'utilisation d'engrais à libération lente, peuvent également être employées pour réduire les émissions de NH_3 provenant d'engrais à base de sulfate d'ammonium, de phosphate d'ammonium et de nitrate d'ammonium.

F. Bicarbonate d'ammonium

77. Le bicarbonate d'ammonium peut être disponible dans certaines régions de la CEE. Des pertes d'azote gazeux allant jusqu'à 50 % ont été mesurées après son application. Même s'il est possible de réduire les émissions pendant l'épandage du bicarbonate d'ammonium au moyen de méthodes appropriées (voir par. 76), des pertes considérables surviennent également pendant le stockage du bicarbonate d'ammonium. Étant donné les taux très élevés d'émissions du NH_3 , le bicarbonate d'ammonium ne devrait donc pas être utilisé en tant qu'engrais azoté. L'annexe IX du Protocole de Göteborg bannit l'utilisation de ce type d'engrais par les Parties.
