



Conseil économique et social

Distr. générale
29 septembre 2014
Français
Original: anglais

Commission économique pour l'Europe

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

Trente-troisième session

Genève, 8-12 décembre 2014

Point 5 b) de l'ordre du jour provisoire

Examen de la mise en œuvre du plan de travail pour 2014-2015:

Élaboration de politiques

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

Projet établi par les Coprésidents de l'Équipe spéciale de l'azote réactif

Résumé

Conformément au plan de travail pour 2014-2015 relatif à la mise en œuvre de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (ECE/EB.AIR/122/Add.2, point 2.3.3), l'Équipe spéciale de l'azote réactif a été chargée d'actualiser le Code-cadre de bonnes pratiques agricoles pour réduire les émissions d'ammoniac de la Commission économique pour l'Europe (EB.AIR/WG.5/2001/7). Le projet de code-cadre révisé prend en compte les connaissances scientifiques et les données d'expérience les plus récentes en matière de réduction des émissions d'ammoniac, ainsi qu'il est décrit dans la version récemment mise à jour du document d'orientation pour la prévention et la réduction des émissions d'ammoniac provenant des sources agricoles (ECE/EB.AIR/120) adoptée par l'Organe exécutif dans sa décision 2012/11 (document d'orientation sur l'ammoniac). Il tient également compte des documents de référence relatifs aux meilleures techniques disponibles de l'Union européenne.

Le document n'a qu'un caractère indicatif et ne constitue pas un ensemble contraignant de mesures qui doit être intégralement adopté. Il 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 que modifié.

GE.14-17532 (F) 241114 241114



* 1 4 1 7 5 3 2 *

Merci de recycler



À sa cinquante-deuxième session (Genève, 30 juin-3 juillet 2014), le Groupe de travail des stratégies et de l'examen s'est félicité des progrès accomplis dans l'élaboration du code-cadre révisé sur la base du projet présenté à la réunion en tant que document informel. Il a invité toutes les Parties à contribuer à l'élaboration du document en communiquant des observations techniques aux Coprésidents de l'Équipe spéciale de l'azote réactif. Il a également demandé à l'Équipe spéciale de présenter le projet définitif à l'Organe exécutif pour adoption à sa trente-troisième session.

Des informations générales concernant le processus d'élaboration ont été incorporées comme introduction au document informel n° 3, qui reproduit aussi toutes les observations formulées et les réponses respectives concernant le projet de code-cadre présenté au Groupe de travail des stratégies et de l'examen.

Note: Les numéros de paragraphes ont été omis dans la table des matières étant donné que, dans la mesure du possible, l'ordre du document initial (EB.AIR/WG.5/2001/7) a été maintenu dans le projet. Par ailleurs, certains paragraphes ont été déplacés vers l'avant ou vers l'arrière de sorte que les paragraphes ne suivent plus un ordre numérique.

Table des matières¹

	<i>Page</i>
I. Gestion de l'azote, compte tenu de la totalité du cycle de l'azote.....	5
A. Introduction	5
B. Éléments d'une bonne gestion de l'azote	6
C. Outils d'aide à l'optimisation de la gestion de l'azote.....	6
II. Stratégies d'alimentation des animaux d'élevage	7
A. Introduction	7
B. Méthodes de diminution des excréments azotés.....	8
C. Porcins et volaille	9
D. Ruminants.....	9
III. Techniques d'épandage à faible taux d'émission.....	11
A. Introduction	11
B. Techniques d'application du lisier et d'autres fumiers liquides à taux d'émission réduit	11
C. Techniques d'application du fumier solide à taux d'émission réduit	14
D. Considérations pratiques.....	14
IV. Systèmes de stockage du lisier et du fumier à faible taux d'émission	17
A. Introduction	17
B. Stockage du lisier et d'autres fumiers liquides	17
V. Systèmes de logement des animaux à faible taux d'émission.....	22
A. Introduction	22
B. Étables à faible taux d'émission	22
C. Porcheries à lisier	23
D. Systèmes à base de paille pour les porcins	25
E. Poulailers à faible taux d'émission	26

¹ Par souci de transparence, l'ordre initial des sections a été maintenu. Une fois le texte révisé accepté, il est proposé de remettre ces sections dans l'ordre défini dans le document d'orientation sur l'ammoniac, pour suivre l'ordre des émissions: stratégies d'alimentation, logement, stockage, épandage et engrais minéraux.

VI.	Moyens de limiter les émissions d'ammoniac provenant de l'utilisation d'engrais minéraux	27
A.	Introduction	27
B.	Urée	27
C.	Moyens de réduire les émissions d'ammoniac dues à l'urée	28
D.	Sulfate d'ammonium et phosphate d'ammonium	28
E.	Réduction des émissions d'ammoniac provenant des engrais minéraux à base d'ammonium.....	29
F.	Bicarbonate d'ammonium	29
Tableaux		
1.	Objectifs fixés à titre indicatif pour la teneur en protéines brutes de la matière sèche du régime alimentaire de diverses espèces et catégories de bétail à différentes phases de production	10
2.	Considérations pratiques dans le choix des techniques de réduction de l'ammoniac pour l'épandage du fumier	16
3.	Efficacité et applicabilité des techniques de réduction des émissions d'ammoniac provenant des enceintes de stockage du lisier	20
Encadré		
	Techniques d'application du lisier: injecteurs et épanduses en bandes	12

I. Gestion de l'azote, compte tenu de la totalité 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. Une bonne partie de l'azote des déjections animales qui peut 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, le préambule et 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) recommande énergiquement que chaque Partie prenne 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 quant à la manière d'identifier les meilleures possibilités de réduire les émissions de NH_3 par 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 produit par les 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 servant de logement aux bêtes, les enceintes de stockage du fumier et les modes d'application des engrais animaux. Du fait que les pertes se produisent selon un certain 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 (logement et stockage) devraient être suivies d'autres mesures à un stade ultérieur (épandage du fumier) pour que l'on puisse tirer pleinement parti des économies réalisées à un stade précoce si celles-ci ne sont pas perdues. Dans de nombreux cas, une application optimale du lisier et les 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 NH₃. En général, les émissions d'azote diminuent lorsque:

a) L'on gère toutes les sources d'azote de l'exploitation du point de vue de l'«ensemble de l'exploitation» et du point de vue de la «totalité du cycle d'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 bonne économie domestique qui permet d'atteindre une production importante, d'autres restrictions à la production (limitation 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 aient des effets secondaires non voulus.

5. Toutes les sources d'azote utilisées dans l'exploitation doivent être planifiées avec soin et la quantité d'azote utilisée ne doit pas dépasser ce qui est nécessaire aux cultures et à l'élevage. Toutes les filières de perte d'azote doivent être prises en compte. Par exemple, la conservation de l'ammoniac provenant du fumier répandu peut accroître le lessivage si le taux optimal d'azote requis a été dépassé. Les taux d'application et les pertes peuvent être réduits si l'on diminue l'excrétion d'azote en mieux adaptant les aliments azotés aux besoins des animaux. En adoptant des mesures de réduction des émissions de NH₃ avant l'application de fumier et d'engrais, on contribuera directement aussi à une meilleure gestion par une conservation de l'azote, lequel est ainsi réservé aux cultures. Dans les pays où les applications annuelles d'azote sont réglementées, une réduction des émissions de NH₃ provenant du fumier et des engrais accroîtra aussi le rendement et la concentration de protéines.

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 cette substance sont d'une aide précieuse pour la gestion de l'azote. 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. Adaptées aux conditions locales et économiques, elles sont 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.

10. Une diminution de l'excédent d'azote et une augmentation de l'efficacité d'utilisation sur plusieurs années signifie une meilleure gestion de l'azote. À cette fin, il est recommandé d'appliquer une période d'évaluation de cinq ans. 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.

10 *bis*. On trouvera dans les sections suivantes un large éventail des moyens susceptibles de réduire les émissions de NH₃, 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

10 *ter*. 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 de ces derniers;
- 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.

11. 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.

12. 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'émission 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). Comme cet azote ammoniacal total est la principale source d'émissions dans le secteur agricole, les économies découlant des émissions d'ammoniac enregistrent une augmentation disproportionnée par rapport à celles résultant d'une optimisation du régime. De plus, la réduction consécutive des émissions d'ammoniac est efficace à tous les stades de la gestion du fumier (logements, enceintes de stockage, traitement et application).

13. 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

14. On peut diminuer les quantités d'azote excrétées par le bétail en appliquant des méthodes générales qui consistent 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. Porcins et volaille

15. L'excrétion azotée des porcins 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.

16. 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 NH₃.

17. 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

18. 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.

19. 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, en termes d'émissions azotées, des pâturages 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'un pâturage minimum soit nécessaire chaque année dans certains pays pour des raisons tenant au bien-être des animaux.

20. 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.

20 bis. 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

Objectifs fixés à titre indicatif pour la teneur en protéines brutes de la matière sèche du régime alimentaire de diverses espèces et catégories de bétail à différentes phases de production

<i>Espèce</i>	<i>Catégorie</i>	<i>Phase de production</i>	<i>Teneur en protéines brutes (pourcentage de matière sèche)</i>	
Bovins	Vaches laitières	Début de lactation	15-16	
		Fin de lactation	12-14	
	Remplacement (génisses)		12-13	
	Engraissement	Veaux (production de viande de veau)	Bœufs de moins de trois mois	15-16
			Bœufs de plus de six mois	12
Porcs	Porcelets	De moins de 10 kg	19-21	
		De moins de 25 kg	17-19	
	Porcs d'engraissement	25-50 kg	15-17	
		50-110 kg	14-15	
		110-170 kg	11-12 (acides aminés spécifiques comme la lysine et le tryptophane) 13-14 (sans acides aminés spécifiques)	

<i>Espèce</i>	<i>Catégorie</i>	<i>Phase de production</i>	<i>Teneur en protéines brutes (pourcentage de matière sèche)</i>
	Truies	Gestation	13-15
		Lactation	15-17
Volaille	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	5-8 semaines
9-12 semaines			19-21
13 semaines et plus			16-19
16 semaines et plus			14-17

III. Techniques d'épandage à faible taux d'émission

A. Introduction

21. Les émissions de NH_3 provenant de l'application d'engrais animaux (lisier et fumier de ferme et litière avicole) représentent une importante proportion des émissions du secteur agricole. Il est très important de réduire les pertes au minimum à ce stade de la gestion car toute quantité d'ammoniac dont on a fait l'économie auparavant, en intervenant au niveau du logement des 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 de la plante cultivée, compte tenu de la quantité d'azote économisée lorsque l'on utilise des méthodes à faible taux d'émission.

21 bis. Les techniques récapitulées 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 une élévation 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 2.

B. Techniques d'application du lisier et d'autres fumiers liquides à taux d'émission réduit

22. 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 réduire le risque de ruissellement (voir l'encadré).

Techniques d'application du lisier: injecteurs et épanduses 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 épanduses en bandes. Il en existe trois types:

a) *Injecteurs de faible profondeur (ou par entaille)*: ce 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'émission 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, voire de 75 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.

Épanduses 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) *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) *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

23. Il faudrait enfouir le lisier 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 %-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

23 *bis*. 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 le wagon-citerne. 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

23 *ter*. 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

23 *quater*. 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 dans des exploitations danoises. L'ajout d'acide sulfurique à tout stade de l'opération doit être effectué dans des conditions de sécurité.

Autres additifs

23 *quinquies*. L'utilisation d'autres additifs que les acides ne s'est pas avérée être efficace pour réduire les émissions de NH₃ ou est limitée par des problèmes d'ordre pratique.

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

24. 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 d'Amérique avec les injecteurs par entaille dans le cas des fientes de volaille. Une bonne partie du NH_3 se dégageant du fumier solide quelques heures seulement après 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.

24 bis. 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 pour le 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.

[Les paragraphes 25 et 26 ont été remplacés par les nouvelles dispositions énoncées à la suite du paragraphe 23.]

D. Considérations pratiques

27. L'efficacité dans la réduction des émissions, l'applicabilité et les coûts devraient être pris en considération lors du choix de la technique antiémissions la plus adaptée. On trouvera au tableau 2 des indications quant à 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 animaux, la référence s'entend des émissions provenant du lisier ou du fumier non traités appliqués 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 faire séjourner le fumier sur la surface du sol pendant une semaine ou plus.

28. 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 peuvent permettre d'éviter les épanduses 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) L'efficacité de l'enfouissement dépend du type de fumier et du délai écoulé depuis l'épandage, une opération immédiate étant plus efficace;

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

d) Les épanduses en bandes et les injecteurs par entaille ouverte ne conviennent pas toujours aux terrains très pentus à cause d'un éventuel ruissellement. Il faut éviter d'appliquer des lisiers sur ces terrains pour minimiser le risque de ruissellement. Les techniques d'injection en profondeur ne sont pas très performantes sur les sols rocailloux ou tassés;

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; il convient de choisir un matériel à faible taux d'émission qui convienne le plus aux terrains locaux;

g) L'enfouissement est réservé aux terres cultivées alors que les méthodes d'injection et d'épandage par bande sont plus adaptées aux herbages;

h) 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 présentent ainsi l'avantage d'un rendement plus élevé et d'une réduction du risque d'endommager le sol par tassement, mais il est préférable de les utiliser dans les exploitations où l'enceinte de stockage du lisier est proche des champs à traiter. 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 n'est préférable 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'émission 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 lorsque l'on adopte les solutions les plus efficaces;

l) 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) Le digestat liquide résultant de la digestion anaérobie a une faible teneur en matière sèche, ce qui permet une infiltration rapide dans les sols bien drainés. Cependant, en raison de son pH élevé, il risque de provoquer d'importantes émissions de NH_3 , sauf si l'on a recours à des techniques à faible taux d'émission (injection, épandage en bandes ou acidification, par exemple);

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

o) Pour acidifier les sols, on mélange habituellement de l'acide sulfurique concentré avec le lisier avant ou pendant l'application. L'acide sulfurique est toutefois un produit chimique dangereux et doit être manipulé avec prudence.

Tableau 2

Considérations pratiques dans le choix des techniques de réduction de l'ammoniac pour l'épandage du fumier

<i>Technique de réduction des émissions</i>	<i>Type d'engrais</i>	<i>Utilisation des terres</i>	<i>Taux de réduction classique des émissions d'ammoniac^a</i>	<i>Restriction à l'applicabilité</i>
Tuyaux traînés	Lisier et autres fumiers liquides	Herbages et terres arables	30 à 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 la hauteur des cultures
Sabot traîné	Lisier et fumiers liquides	Herbages, terres arables (avant semailles) et cultures en ligne	30 à 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 les injecteurs pour les 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 d'eau	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
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. La dose doit être augmentée 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

<i>Technique de réduction des émissions</i>	<i>Type d'engrais</i>	<i>Utilisation des terres</i>	<i>Taux de réduction classique des émissions d'ammoniac^a</i>	<i>Restriction à l'applicabilité</i>
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 quatre heures = 45 à 65 %; enfouissement dans les vingt-quatre 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 quatre heures = 45 à 65 %; enfouissement dans les douze heures = 50 %. Enfouissement dans les vingt-quatre heures = 30 %	Terres en culture

^a Par rapport à la méthode de référence, voir par. 27.

IV. Systèmes de stockage du lisier et du fumier à faible taux d'émission

A. Introduction

29. Les pertes d'ammoniac provenant des bâtiments ou survenant après l'épandage sont généralement les plus importantes sources d'émission. 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 fumiers liquides

30. Une fois enlevé des bâtiments servant de logement aux animaux, le lisier est stocké dans des citernes (ou des silos) en béton, en acier ou en bois, dans des lagunes ou dans des sacs. Les lagunes 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 d'entreposage des engrais animaux peuvent être régies par des règlements nationaux ou régionaux.

31. Techniques de réduction des émissions de NH₃ provenant des enceintes de stockage du fumier:

a) *Conception de l'enceinte de stockage:*

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

ii) *Superficie:* Il conviendra de réduire la superficie (ou surface émettrice) de la cuve. Par exemple, une 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, lorsque cela est matériellement possible, d'au moins 3 m;

a bis) Gestion et environnements des cuves à lisier:

i) Les brassages et vidanges fréquents sont à éviter si possible car ils augmentent les émissions de NH₃. Cependant le brassage et l'enlèvement du lisier en vue de son épandage sont probablement plus fréquents sur les herbages que sur les terres arables afin d'assurer une utilisation judicieuse du lisier. Certains pays utilisent une technique séquentielle d'aération par lot pour réduire les émissions d'ammoniac, mais celle-ci ne doit pas être considérée comme une solution sauf s'il n'existe pas de meilleure solution pour l'environnement en raison du risque d'accroissement des taux de nitrification et de dénitrification;

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

iii) 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 NH₃ (et de méthane (CH₄));

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 techniques correspondantes, qui sont récapitulées dans le tableau 3, sont les suivantes:

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 inflammables, surtout en cas de structure bâchée. Dans les régions de forte pluviométrie, ces couvertures ont l'avantage d'empêcher la pluie d'entrer dans l'enceinte et d'éviter ainsi une augmentation du volume à transporter à cause de l'eau de pluie;

ii) *Couvercles flottants:* Il s'agit habituellement de feuilles en matière plastique, moins efficaces que les toits mais normalement moins coûteuses. On utilise souvent des feuilles doubles avec polystyrène rétractable pour éviter la formation de bulles de gaz et l'affaissement de la couverture. Les couvercles flottants devraient être arrimés sur un cordage vertical attaché à la paroi de l'enceinte pour l'empêcher de tourner durant le brassage et éviter qu'ils ne soient soulevés par le vent. Certains de ces couvercles font également office de parapluie, d'où un accroissement du volume de lisier pouvant être stocké;

ii bis) *Couvertures flottantes en matière plastique (Hexa-cover)*: Les couvertures hexagonales flottantes 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 les fumiers de porcs ou autres fumiers d'animaux qui ne font pas de croûte. Elles ne conviennent pas pour les fumiers riches en matières organiques qui contribueront à la formation d'une croûte difficile à casser;

iii) *Croûtes naturelles*: Le lisier de bétail 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 le brassage 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 de qu'elle ne se rompe; l'efficacité des croûtes dépend de leur durée et de leur épaisseur;

iv) *Croûtes flottantes*: L'adjonction de paille, de granulés ((légers agrégats d'argile expansée (boules LECA) ou perlite) ou d'autres matériaux flottants à la surface du lisier dans les citernes ou les lagunes peut réduire les émissions grâce à la création d'une croûte artificielle;

a. *Granulés (boules LECA/Perlite)*: 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. Il faut souffler environ 4 kg de paille par m² dans une citerne vidée ou remplie par un conducteur qualifié et expérimenté. 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 aura pour conséquence d'augmenter les émissions de NH₃ après l'application du lisier.

32. 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 des exploitations, et parce qu'elle entraînera probablement une forte augmentation des émissions de CH₄.

33. Il est plus difficile de réduire les émissions de NH₃ provenant des lagunes que celles provenant des cuves. Le remplacement des lagunes existantes par des cuves peut être considéré comme une technique de réduction des émissions. La construction de nouvelles lagunes 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. Une nouvelle technologie pourrait faciliter l'utilisation des couvercles flottants (boules LECA et paille, par exemple) et la formation de croûtes sur les grandes lagunes même par temps venteux, mais elle doit encore être validée.

33 bis. Les sacs de stockage conviennent pour réduire les émissions provenant du lisier. Ils suscitent de plus en plus d'intérêt car la mise en place d'un tel système est beaucoup moins coûteuse que la construction d'une enceinte élevée de stockage du lisier avec un 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 3
**Efficacité et applicabilité des techniques de réduction des émissions d'ammoniac
provenant des enceintes de stockage du lisier**

<i>Mesure de réduction</i>	<i>Catégorie de bétail</i>	<i>Taux de réduction des émissions (%)</i>	<i>Applicabilité</i>	<i>Observations</i>
Couvercle rigide ou toit	Toutes	80	Citernes et silos uniquement	Aucune capacité supplémentaire n'est nécessaire pour recevoir l'eau de pluie; technique limitée par des exigences statiques
Couvercle souple (structure bâchée, par exemple)	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	De nouvelles données sur la réduction des émissions sont nécessaires
Croûte naturelle	Lisiers de bovins et de porcins contenant plus de 7 % de matière sèche	40	Inapplicable dans les exploitations avec épandages fréquents	-
Croûte artificielle: paille	Lisiers de bovins et de porcins	40	Inapplicable sur les lisiers très fluides et dans les exploitations avec épandages fréquents	Peut entraîner une augmentation des émissions de N ₂ O et probablement aussi de CH ₄
Croute artificielle: boules LECA, etc.	Lisier de porcins, lisiers liquides	60	Applicable aussi sur les lisiers très fluides mais pas dans les exploitations avec épandages fréquents	Pertes de boules LECA lors du pompage
Remplacement des lagunes par des citernes avec couvercle/ouvertes	Toutes	30 à 60	-	La référence dans cette situation fait apparaître le taux d'émission plus élevé des lagunes 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

Stockage du fumier

34. Il existe à l'heure actuelle peu de solutions pour réduire les émissions de NH₃ provenant du stockage du fumier. Des consignes énoncées clairement concernant les bonnes pratiques peuvent néanmoins s'appliquer. Une fois enlevé du logement des animaux, 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 en matière 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'émission, 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 (coqs 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. Les mesures à prendre pour que les fientes de volaille restent sèches consistent par exemple à:

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.

35. 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.

35 bis. 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.

36. 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.

37. 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. Systèmes de logement des animaux à faible taux d'émission

A. Introduction

38. Avec l'épandage, le logement des animaux est l'une des plus grandes sources d'émission de NH₃ d'origine agricole. Quel que soit le type de logement, 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 NH₃ et d'autres formes de pollution. La reconstruction de systèmes de logement des animaux pour satisfaire aux consignes de protection du bien-être des animaux peut entraîner une augmentation des émissions de NH₃ (due à l'augmentation de l'espace ménagé par animal). Comme il est possible de procéder à un partage des coûts, les opérations de reconstruction offrent une très bonne occasion d'introduire des techniques de réduction des émissions d'ammoniac et d'abaisser ainsi les coûts plutôt que de moderniser les technologies. De la sorte les mesures de protection du bien-être des animaux n'entraînent pas d'augmentation des émissions de NH₃.

39. Il existe toute une gamme de méthodes de réduction des émissions dont le coût varie entre l'onéreux et le négligeable et qui sont plus ou moins applicables aux différents systèmes de logement.

39 *bis*. Plusieurs principes généraux sont à appliquer pour le logement du bétail afin 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 du bâtiment restent sèches et propres;
- b) Réduire au maximum la superficie du lisier dans les fosses (au moyen de planchers en partie en caillebotis ou de parois inclinées, par exemple);
- c) Enlever les déjections dès que possible des logement des animaux. En séparant rapidement le fumier de l'urine dans l'étable et en les stockant séparément, on réduit la conversion de l'urée en ammonium, ce qui limite les émissions;
- 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 selon qu'elles sont utilisées pour leur permettre de s'allonger/s'asseoir, se nourrir, déféquer ou de bouger (pour les porcs seulement);
- f) Nettoyer l'air refoulé dans le cas des bâtiments à ventilation forcée.

B. Étables à faible taux d'émission

[Les paragraphes 46 à 48 ont été avancés.]

46. La «logette», qui est le système de logement le plus courant, est considérée comme étant la référence. Dans certains pays, les vaches laitières sont encore maintenues dans des stalles entravées, mais ce système n'est pas recommandé pour le bien-être et la santé de l'animal, sauf s'il peut faire de l'exercice tous les jours.

47. Il est difficile de réduire les émissions de NH_3 provenant des étables à ventilation naturelle. Les modifications du régime alimentaire, évoquées à la section II, offre quelques possibilités. Dans certains bâtiments, il est possible de procéder à des nettoyages fréquents, par ou au jet. 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.

47 bis. 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.

48. Dans le cas du bétail en stabulation libre élevé sur litière de paille, le fait d'augmenter la quantité de paille utilisée par animal peut réduire les émissions de NH_3 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 logement et des conditions climatiques.

48 bis. 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. De nouveaux travaux de recherche sont 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.

48 ter. Les méthodes indiquées ci-après peuvent être utilisées pour réduire les émissions de NH_3 en provenance des étables pour vaches laitières et bovins de boucherie mais peut nécessiter de nouvelles évaluations, comme indiqué ci-après:

a) Une bonne économie domestique, qui consiste par exemple à garder aussi propres que possible les lieux de passage et les cours 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 45 % les émissions de NH_3 par rapport à un système classique, pour autant que le raclage soit effectué à une fréquence suffisamment régulière;

c) L'adjonction d'acide dans l'eau d'évacuation peut réduire notablement les émissions de NH_3 provenant des bâtiments. D'autres évaluations sont nécessaires.

C. Porcheries à lisier

[La numérotation initiale reprend ici.]

40. Dans le cas des logements à sol en caillebotis, les techniques ci-après peuvent contribuer à réduire les émissions:

a) *Réduire la superficie en 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) à l'urine de s'écouler vers les caniveaux. Ceux-ci devraient être vidangés fréquemment et leur contenu transféré dans une enceinte de stockage appropriée située à l'extérieur. Cela peut se faire au moyen de raclours 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 moins collantes pour le lisier que celles 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 des caniveaux aux parois inclinées vers le bas de sorte que leur base est plus étroite que leur sommet. La surface des parois devrait être lisse afin d'éviter que les déjections ne s'y accrochent. La réduction de la surface émettrice grâce à des caniveaux peu profonds en forme de 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 s'il est possible d'utiliser la chaleur obtenue ainsi pour chauffer d'autres locaux, par exemple les logements pour porcelets sevrés;

c bis) *Acidifier le lisier*. Il est possible de réduire les émissions de NH_3 en acidifiant le lisier de façon à modifier l'équilibre chimique qui passerait de NH_3 à NH_4^+ . Le lisier (surtout la partie liquide) est recueilli dans une cuve contenant un liquide acidifié (généralement de l'acide sulfurique, mais on peut utiliser aussi des acides organiques) qui maintient un pH inférieur à 6. Dans les logements pour porcelets, on a observé une réduction des émissions de 60 %;

d) *Améliorer le comportement des animaux et la conception des boxes*. Le comportement des animaux pourrait être amélioré si l'on aménage pour les porcs des zones correspondant à différentes activités. Par exemple, les boxes dont le sol est partiellement en caillebotis devraient être conçus de telle manière que les porcs puissent faire la distinction entre les différentes zones fonctionnelles (couchage, alimentation, déféquage, exercice), l'objectif 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 la nature du porc qui évite de déféquer dans les zones de nourriture et de couchage en optimisant l'aménagement des boxes et le contrôle de l'environnement climatique. Par exemple, l'aménagement de boxes longs et étroits, les auges étant positionnées devant le 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 déféquage) plutôt que sur la partie pleine, d'où un éventuel 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;

e) *Éviter une ventilation 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. Dans les porcheries où cela est inévitable, l'espace entre le caillebotis et la surface du fumier doit être suffisamment grand pour réduire le plus possible la vitesse de circulation de l'air;

e bis) *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).

40 bis. En principe, bon nombre des méthodes de réduction des émissions de NH_3 en provenance des porcheries avec une installation à lisier pourraient également s'appliquer aux étables dotées elles aussi d'une installation à lisier. Même si, dans ces dernières, la ventilation est généralement naturelle, ce qui empêche une utilisation facile des épurateurs pour nettoyer l'air refoulé, les stratégies visant à réduire les surfaces exposées, abaisser la température du fumier, acidifier le fumier et ralentir au maximum la circulation de l'air au-dessus de la surface du fumier peuvent toutes s'appliquer.

D. Systèmes à base de paille pour les porcins

41. Dans les systèmes à base de paille pour les porcins, la litière est fraîche, propre, sèche et hygiénique. Elle doit être en quantités suffisantes pour absorber totalement l'urine. Il faut la changer souvent, si besoin est. Si l'absorption complète de l'urine n'est pas possible, des planchers en pente et des rigoles devraient en permettre un drainage et une élimination rapides. Il faut éviter en tout temps que des fuites se produisent dans les systèmes d'abreuvement afin d'éviter d'humidifier davantage la litière.

42. 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 faudrait utiliser des systèmes qui permettent aux porcs de faire la différence entre une zone de couchage et une zone de déféquage, ce qui correspond au comportement naturel des porcs et qui dans le même temps réduit les émissions. La gestion des systèmes paillés demande plus d'efforts que celle des systèmes à lisier.

42 bis. 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'émission

43. 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, comme l'humidité est très faible, l'acide urique peut se décomposer 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.

44. 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 NH_3 ;

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 réduit les émissions de plus de 70 % par rapport à un système à litière profonde.

44 bis. L'air refoulé des poulailers peut être débarrassé du NH_3 au moyen d'épurateurs acides ou de filtres biologiques (avec un taux de réduction de 70 à 90 %). Comme l'air des poulailers 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. Ces épurateurs à phases multiples présentent plusieurs avantages en réduisant les émissions de NH_3 et d'autres particules, lesquelles contiennent également des quantités substantielles de phosphore et d'autres éléments, ce qui permet de les recycler en éléments nutritifs pour les végétaux.

45. Dans les poulailers pour les poulets de chair et les dindes, la qualité de la litière est le principal élément qui détermine les émissions de NH_3 , comme dans les autres types de poulailers, 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 ou la saison, et le poulailier devrait être bien isolé. Dans les bâtiments nouveaux comme dans les anciens, il faudrait prendre des mesures pour éviter la condensation (par une isolation) et prévoir, pour les poulets de chair, des abreuvoirs à bec, moins propices aux éclaboussures.

[Les paragraphes 46 à 48 ont été déplacés après le paragraphe 39.]

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

A. Introduction

49. 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, lorsque 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.

49 *bis*. 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

50. Pour servir d'engrais, l'urée doit être décomposée par une enzyme qui existe 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.

51. 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.

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

53. 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.

54. 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 dues à l'urée

55. 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 cela est possible, mélanger rapidement l'urée dans le sol. Cette solution réduit d'environ 50 à 80 % les émissions d'urée. Elle n'est pas viable lorsque l'urée doit être appliquée en surface sur les céréales ou les herbages, mais elle est applicable sur les planches de 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 dans le cas des engrais azotés, en cas d'application sur les planches de semis, il faut éviter d'utiliser de grandes quantités d'urée à proximité du semis 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 de beaucoup d'expérience pratique à ce jour;

f) *Le remplacement de l'urée par du nitrate d'ammonium* peut réduire les émissions d'ammoniac. L'augmentation potentielle des émissions directes de N_2O 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 N_2O résultant des émissions de NH_3). Les engrais à base de nitrate d'ammonium peuvent être plus coûteux (de 10 à 30 %) que l'urée, mais le coût net peut être négligeable en raison d'une diminution des pertes d'azote. Dans certains pays, le nitrate d'ammonium est difficile à obtenir.

D. Sulfate d'ammonium et phosphate d'ammonium

56. 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.

56 bis. 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 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

56 *ter*. Plusieurs des techniques exposées plus haut en cas d'utilisation d'urée, y compris l'enfouissement, l'injection, l'irrigation immédiate et l'utilisation d'engrais à libération lente peuvent également être utilisées pour réduire les émissions de NH₃ provenant d'engrais à base de sulfate d'ammonium, de phosphate d'ammonium et de nitrate d'ammonium.

F. Bicarbonate d'ammonium

57. 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. 56 *ter*), des pertes considérables peuvent également survenir pendant le stockage du bicarbonate d'ammonium. Étant donné les taux très élevés d'émission du NH₃, le bicarbonate d'ammonium ne devrait donc pas être utilisé en tant qu'engrais azoté.
