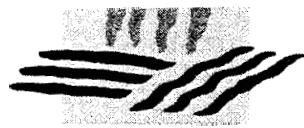




24885 RM



REPUBLIQUE FRANÇAISE



MINISTÈRE  
DE L'AGRICULTURE  
ET DE LA PÊCHE



MINISTÈRE DE  
L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE  
ET DE L'ENVIRONNEMENT

## CORPEN

COMITE D'ORIENTATION POUR DES PRATIQUES AGRICOLES  
RESPECTUEUSES DE L'ENVIRONNEMENT

# Les émissions d'ammoniac d'origine agricole dans l'atmosphère

Etat des connaissances  
et perspectives de réduction des émissions



*Groupe « Volatilisation des composés azotés » Juin 2001*

# LES EMISSIONS D'AMMONIAC D'ORIGINE AGRICOLE DANS L'ATMOSPHERE

## ETAT DES CONNAISSANCES ET PERSPECTIVES DE REDUCTION DES EMISSIONS

AVANT-PROPOS .....	5
I LE CONTEXTE REGLEMENTAIRE .....	7
1 - LE CONTEXTE INTERNATIONAL .....	7
1.1 - La Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance dite Convention de Genève (O.N.U.) 1979-1983.....	7
1.2 - La Directive européenne sur les plafonds nationaux d'émissions pour certains polluants (2000).....	9
2 - LE CONTEXTE NATIONAL .....	9
II LES DÉPÔTS ATMOSPHERIQUES D'AZOTE AMMONIACAL .....	11
1 - LES DIFFÉRENTS TYPES DE DÉPÔTS ATMOSPHERIQUES .....	11
2 - LES SOURCES D'INFORMATION SUR LES DÉPÔTS .....	11
3 - LES VALEURS DE DÉPÔTS .....	14
III IMPACTS DES DÉPÔTS AMMONIACAUX SUR LES ÉCOSYSTÈMES NATURELS .....	17
1 - LE CONTEXTE SCIENTIFIQUE .....	17
2 - LA CONTRIBUTION A L'ACIDIFICATION ET SES EFFETS INDUITS .....	18
2.1 - L'acidification des sols.....	18
2.2 - Les effets de l'acidification des sols sur la santé des forêts.....	19
2.3 - Les effets de l'acidification des sols sur la qualité des eaux .....	19
3 - L'EUTROPHISATION DES ECOSYSTÈMES TERRESTRES ET AQUATIQUES .....	21
3.1 - L'impact sur le cycle de l'azote – saturation en azote des sols forestiers et lessivage de nitrates .....	21
3.2 - L'impact sur les eaux douces superficielles .....	22
3.3 - L'impact sur la végétation (flore forestière, landes, prairies, tourbières, lichens, mousses, ..).....	23
3.4 - Les effets sur les arbres forestiers (mycorhizes, nutrition, résistance aux stress abiotiques et biotiques, ...) .....	26
4 - LES EFFETS D'UNE POLLUTION AIGUE D'AMMONIAC .....	28
5 - CONCLUSION : AMPLUR DES EFFETS MESURES ET MODELISES – JUSTIFICATION D'UNE RÉDUCTION DES EMISSIONS.....	29
IV LES MECANISMES MIS EN JEU EN AGRICULTURE ET LES PRINCIPAUX FACTEURS DE VARIATION .....	31
1 - LES PRINCIPAUX MÉCANISMES DE LA VOLATILISATION D'AMMONIAC .....	31
1.1 - La quantité d'azote ammoniacal disponible pour la volatilisation .....	32
1.2 - La proportion d'azote ammoniacal sous forme gazeuse .....	33
1.3 - La dispersion de l'ammoniac gazeux dans l'atmosphère.....	35
2 - VOLATILISATION EN BÂTIMENT D'ÉLEVAGE .....	35
2.1 - En élevage bovin .....	35
2.2 - En élevage avicole .....	37
2.3 - En élevage porcin .....	40
2.4 - En élevage cunicole .....	42
3 - VOLATILISATION PENDANT LE STOCKAGE DES ENGRAIS DE FERME .....	42
3.1 - Cinétique de volatilisation au laboratoire .....	42
3.2 - Flux d'ammoniac mesurés sur le terrain .....	44
4 - VOLATILISATION AU COURS DE L'ÉPANDAGE .....	46
5 - VOLATILISATION AU CHAMP APRÈS L'ÉPANDAGE .....	46
5.1 - Disponibilité de l'azote ammoniacal à la surface après l'apport .....	47
5.2 - Facteurs déterminant la proportion d'azote ammoniacal sous forme gazeuse .....	50
5.3 - Dispersion de l'ammoniac gazeux de la surface du champ vers l'atmosphère.....	51
5.4 - Le déterminisme de la volatilisation d'ammoniac au champ .....	52
6 - VOLATILISATION D'AMMONIAC AU PÂTURAGE .....	55

V QUANTIFICATION DES EMISSIONS D'AMMONIAC .....	5
1. METHODES DE QUANTIFICATION DES EMISSIONS .....	
2 - METHODOLOGIE UTILISEE POUR LA DETERMINATION DES EMISSIONS DE NH <sub>3</sub> .....	
2.1 - Nomenclature d'activités .....	
2.2 - Sources des quantités d'activités .....	5
2.3 - Sources des facteurs d'émission .....	c
3 - EMISSIONS DE NH <sub>3</sub> AGRICOLE EN FRANCE METROPOLITAINE DE 1990 À 1999.....	
3.1 - Les engrais minéraux .....	
3.2 - Les engrais de ferme .....	
3.3 - Les émissions totales de NH <sub>3</sub> de l'agriculture en 1999 : comparaison des sources .....	
3.4 - La régionalisation des émissions agricoles de NH <sub>3</sub> en France .....	
3.5 - Les émissions liées aux effluents non agricoles utilisés en agriculture. ....	t
4 - COMPARAISON DES EMISSIONS AGRICOLES DE NH <sub>3</sub> AVEC CELLES DES AUTRES SECTEURS EN FRANCE .....	f
5 - EMISSIONS DE NH <sub>3</sub> AGRICOLE EN EUROPE EN 1994.....	t
VI - PISTES DE REDUCTION DES EMISSIONS D'AMMONIAC .....	
1 - PISTES DE REDUCTION DES EMISSIONS D'AMMONIAC DANS LES BATIMENTS D'ÉLEVAGE ET AU STOCKAGE.....	
1.1 - Au niveau des bâtiments .....	
1.2 - Au stockage .....	
2 - PISTES DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS D'AMMONIAC AU CHAMP .....	
2.1 - Epandage des engrais de ferme .....	
2.2 - Epandage d'engrais azotés minéraux .....	r
VII - PERSPECTIVES ET BESOINS DE RECHERCHE .....	r
1 LES FACTEURS D'ÉMISSIONS POUR LES INVENTAIRES .....	
2 LES MÉCANISMES DE LA VOLATILISATION DE L'AMMONIAC .....	
3 LES ÉMISSIONS D'AMMONIAC DANS LES BÂTIMENTS ET AU STOCKAGE .....	
4 LES ÉMISSIONS D'AMMONIAC À L'ÉPANDAGE.....	
CONCLUSIONS.....	95
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	99
I Le contexte réglementaire .....	99
II Les dépôts atmosphériques .....	99
III Impacts des dépôts ammoniacaux sur les écosystèmes naturels .....	100
IV Les mécanismes et les facteurs de variation .....	106
V Quantification des émissions d'ammoniac .....	108
VI Pistes de réduction des émissions d'ammoniac .....	

## CONCLUSIONS

**1. Les émissions d'ammoniac d'origine agricole** sont une réalité difficile à cerner et à analyser. L'inventaire national des émissions d'ammoniac, établi par le CITEPA, donne une valeur d'un peu plus de 750 000 tonnes de NH<sub>3</sub> par an dont 600 000 en provenance des activités d'élevage, le reste étant imputable aux apports d'engrais minéraux sur les sols. Ces émissions constituent la quasi-totalité (95%) des émissions d'ammoniac sur le territoire national.

Les grandes masses sont les suivantes :

- ❶ pour l'élevage : 64 % des émissions proviennent des bovins, 23 % des volailles et 10 % des porcins. Les bâtiments et l'épandage constituent les deux origines principales des émissions : l'épandage étant en tête pour les bovins, les bâtiments pour les volailles et les porcins,
- ❷ pour les engrais minéraux, les facteurs d'émission retenus sont de 15 % pour l'urée et de 10% pour le sulfate d'ammonium.

Cette évaluation dont les bases sont sujettes à caution peut néanmoins être comparée aux estimations que donnait en 1980 S.HENIN dans le rapport intitulé « Activités agricoles et qualité des eaux », en ce qui concerne les quantités d'azote mises en jeu au niveau national : pertes d'azote par voie gazeuse 1.000.000 de tonnes par les sols et 1.000.000 de tonnes par les déjections animales.

Une comparaison entre les résultats d'inventaires réalisés dans différents pays européens place la France au premier rang avec 20% des émissions européennes, devant l'Allemagne (18%), la Grèce (13%) et l'Italie (10%) compte tenu de sa surface agricole. Toutefois si l'on compare ces émissions à la population de chaque pays, la France se trouve au cinquième rang avec 11 kg/hab./an et au huitième rang avec 22kg/ha/an si on compare les émissions à la surface agricole.

Les émissions d'ammoniac participent à différents processus de transfert à plus ou moins longues distances. Elles sont pour cette raison l'objet de protocoles internationaux élaborés sous l'égide de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (O.N.U.) visant de nombreux types d'émissions et d'impacts tels que l'augmentation de l'acidification des lacs ou des forêts, l'eutrophisation, la pollution photochimique et la pollution des mers.

**2. Les retombées atmosphériques d'azote ammoniacal** ont un impact sur les écosystèmes, notamment forestiers, entraînant acidification, eutrophisation et certaines carences nutritionnelles. Des études menées à l'étranger font état d'une diminution de la biodiversité végétale dans le cas de fortes pollutions ammoniacales. Mais le bilan au niveau national est délicat à dresser par manque d'études ; la plupart des études existantes sont concentrées dans le Nord Est.

**3. Des engagements de réduction des émissions, d'ammoniac en particulier**, ont été pris par différents pays. En application du protocole de Göteborg du 1/12/99, la France s'est ainsi engagée à réduire de 4,4% ses émissions d'ammoniac en 2010 par rapport aux émissions constatées en 1990. Cet engagement modeste pourrait être accru en raison d'exigences européennes (Directive sur les plafonds nationaux d'émissions pour certains polluants atmosphériques). Si les dispositions à prendre pour le respecter ne sont pas encore arrêtées, il est prévu que les Etats établissent un code de bonnes pratiques en 2003 ou en 2004.

Mais les impacts des retombées d'azote ont une dimension majoritairement nationale, les retombées se produisant surtout à des distances modestes des lieux d'émission. Il faut noter que la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (30/12/1996) ne prévoit **pas** d'engagement chiffré de réduction des émissions d'ammoniac. Par ailleurs ces émissions, même si elles sont mal connues, sont suffisamment importantes pour les considérer comme des pertes de fertilisants dommageables pour les activités agricoles. Il y a donc un intérêt certain à améliorer les connaissances pour mieux évaluer les possibilités techniques et les implications économiques de réduction des émissions d'ammoniac.

**4. Les connaissances actuelles** examinées dans le présent document sont relatives aux dépôts, aux émissions et aux mécanismes de ces émissions.

4.1 *Les dépôts* sont connus à travers des réseaux d'observations dont les objectifs sont très divers (acidification, pollution atmosphérique, effet de serre, conventions internationales, ...), sur une quarantaine de sites inégalement répartis sur le territoire. Les résultats de ces observations montrent une grande variabilité des niveaux de dépôts d'azote ammoniacal. Des valeurs maximales de l'ordre de 30kg/ha/an sont relevées dans l'est et le nord, des valeurs minimales de l'ordre de 2kg/ha/an dans le sud-est, mais aucune mesure n'est effectuée en Bretagne, région d'émission importante. Il est couramment admis que les dépôts moyens sont compris entre 5 et 15 kg /ha d'azote ammoniacal.

S.HENIN dans le rapport déjà cité évaluait à 500 000 tonnes d'azote par an l'importance des dépôts d'origine atmosphérique sur l'ensemble du territoire français (soit environ 9 kg/ha/an d'azote).

**Il serait utile d'établir des valeurs maximales de dépôt que l'on trouve dans des forêts morcelées près des zones à fortes émissions et les éventuels effets locaux dans le Grand Ouest à proximité d'unités de production intensive, d'étudier le rôle des apports dans l'acidification des sols et surtout de poursuivre les travaux pour quantifier les effets sur les écosystèmes.**

4.2 *Les émissions* sont l'objet d'inventaires pour les besoins des conventions et protocoles. Ils sont faits sur des bases forfaitaires établies à partir des données disponibles : émission par tête de bétail ou par unité d'azote épandue sous forme d'engrais minéraux. Les facteurs d'émission utilisés sont globaux, arrêtés au niveau national ou international ; ils ne tiennent **pas** suffisamment compte des variations climatiques et surtout des pratiques. Nous avons ainsi une quantification que les experts reconnaissent très imparfaite et les chiffres globaux seront certainement à revoir. Ce point est d'autant plus délicat que ces chiffres globaux d'émission sont la base des engagements internationaux.

**Il est indispensable d'affiner les inventaires grâce aux recherches entreprises par ailleurs et d'accroître les contacts entre les centres de recherches, les instituts techniques et les organismes en charge des inventaires** (la constitution du groupe de travail a déjà permis un rapprochement constructif)

4.3 *Les mécanismes* ne font l'objet d'études et de recherches un peu plus nombreuses que depuis une dizaine d'années. Des résultats sont cependant déjà largement acquis et peuvent dès maintenant contribuer à affiner les inventaires et à formuler des recommandations pour réduire les émissions.

Dans le domaine de l'élevage de nombreux facteurs interviennent et la volatilisation de l'ammoniac se produit à tous les niveaux, depuis les bâtiments jusqu'à l'épandage. Il existe quelques informations relatives aux pertes dans les bâtiments et au cours du stockage pour les principales espèces animales : le CORPEN a publié ces données dans ses brochures relatives aux rejets en azote des principales espèces animales.

**Il faut retenir que c'est tout le long de la filière qu'il faut être vigilant et agir ; ce qui n'est pas volatilisé dans les bâtiments ou au cours du stockage risque de l'être au champ lors de l'épandage.**

En ce qui concerne, les engrais minéraux, la température, l'humidité et le pH sont les principaux facteurs du mécanisme de volatilisation.

## **5. Les pistes pour réduire les émissions.**

Les voies de réduction sont actuellement souvent testées à l'étranger (Pays Bas et Danemark) mais elles restent peu utilisées. Il n'apparaît pas possible de formuler des recommandations précises. Il est toutefois possible de définir les points faibles des filières où les pertes d'ammoniac sont les plus fortes et où les espoirs de réduction sont les plus grands ou le moins coûteux à obtenir.

Trois niveaux sont à considérer pour les engrais de ferme :

⊗ l'alimentation des animaux. La réduction et le fractionnement de l'apport azoté réduit les quantités excrétées et par suite la volatilisation : 25 à 30% pour les porcs, peut-être 40% pour les bovins, très réduit pour les volailles,

⊗ les bâtiments et le stockage. De nombreuses solutions actuellement proposées aux éleveurs de porcs visent en fait à réduire les nuisances olfactives. D'autres ont aussi pour but l'amélioration de l'ambiance et du confort des animaux. Elles peuvent aussi réduire les émissions d'ammoniac mais en reportant en général le risque sur le stade final de l'épandage. Il importe de vérifier que ces solutions n'ont pas un effet négatif sur ce risque.

Il faut poursuivre les travaux à ce niveau en gardant à l'esprit le but final qui est de limiter les pertes non pas à tel ou tel point du cycle de production mais sur la totalité de ce cycle.

⊗ l'épandage. Outre le choix de la dose et de la période d'épandage, de nombreux matériels existent visant tous un certain enfouissement du produit épandu qui limite la

volatilisation. Toutefois, il n'existe pas de solutions universelles et il convient de retenir celles compatibles avec les contraintes de l'exploitation.

Il faut attirer l'attention sur le fait qu'il peut y avoir, si l'on y prend garde, un risque de transfert de pollution : une diminution des pertes à l'atmosphère pouvant se traduire par des pertes accrues vers le milieu aquatique. Par exemple, les procédés utilisant une localisation restreinte des produits et surtout ceux faisant appel à une dilution peuvent être défavorable à la protection de l'eau.

En ce qui concerne les engrais minéraux, outre le choix du produit, la dernière remarque ci-dessus est également valable.

6 . Enfin, il faut rappeler que le recours au raisonnement reste la priorité. Le raisonnement vise à conserver l'azote pour la fertilisation des cultures qu'il convient de privilégier en évitant tout autant les émissions d'ammoniac que les pertes par infiltration vers les milieux aquatiques. Ce raisonnement doit aussi inclure les contraintes économiques de l'exploitation.

Aucune étude économique en terme de comparaison coût efficacité n'a été faite et cela constitue une lacune importante à combler.

Il est aussi à noter que l'ensemble des mesures susceptibles d'être mises en œuvre pour diminuer les émissions d'ammoniac peuvent avoir un impact positif ou négatif sur la production des deux principaux gaz à effet de serre d'origine agricole, le protoxyde d'azote ( $N_2O$ ) et le méthane ( $CH_4$ ) non abordées ici. Une analyse détaillée des recommandations possibles pour limiter les émissions de ces différents composants est indispensable pour détecter d'éventuels effets non désirés.