



## Bonnes pratiques de fertilisation

Les émissions d'ammoniac dues aux épandages d'engrais peuvent être fortement réduites. Chaque kilo d'azote maintenu dans le sol augmente l'efficacité de l'azote et son absorption par les plantes. Quelles sont les mesures pratiques à mettre en œuvre ?

### Les formes d'azote font la différence

#### L'ammoniac issu de l'urée ?

En Europe, plus de 72% des émissions d'ammoniac provenant des engrais minéraux sont le fait de l'urée et de la solution azotée. L'ammonitrate génère 90% d'émissions en moins par unité d'azote que l'urée. Le remplacement de l'urée et de la solution azotée par de l'ammonitrate pourrait limiter de 63% les pertes totales d'ammoniac liées à leur utilisation ce qui représente environ 470 kt NH<sub>3</sub> au niveau européen. Cette substitution est la mesure la plus efficace pour réduire la volatilisation de l'ammoniac surtout en cas de risque élevé de volatilisation (sol, température élevés).

#### Les inhibiteurs d'uréase

Les inhibiteurs d'uréase ralentissent l'hydrolyse de l'urée qui dispose alors de plus de temps pour diffuser dans le sol. Ainsi, en limitant la concentration d'ammoniac dans un volume de sol augmenté, la hausse du pH est limitée. Les inhibiteurs d'uréase atténuent les pertes par volatilisation d'environ 70% pour l'urée et d'environ 40% pour la solution azotée. C'est pour cette raison, qu'en Allemagne, un nouveau décret sur les engrais rend obligatoire à partir de 2020, soit l'utilisation d'un inhibiteur d'uréase avec l'urée, soit son enfouissement juste après épandage. Si les inhibiteurs d'uréase peuvent améliorer les résultats environnementaux et agronomiques de l'urée, ils ne permettent pas pour autant de palier à ses autres points faibles comme son manque de précision à l'épandage. Par ailleurs, la dégradation des inhibiteurs au cours du stockage de l'engrais fait courir le risque d'une réduction des émissions d'ammoniac plus faible que celle revendiquée.

### Appliquer l'engrais de façon optimale

#### Enfouissement après épandage

L'incorporation d'urée dans le sol immédiatement après l'épandage, soit avec un socle enfouisseur, soit avec le travail du sol, réduit les pertes par volatilisation jusqu'à 70%. Toutefois, comme pour les inhibiteurs, les émissions d'ammoniac

demeurent dans ce cas, plus de 3 fois supérieures à celles observées avec l'ammonitrate. L'efficacité de cette mesure dépend en grande partie de la profondeur d'enfouissement et de la texture du sol.

#### Conditions météo

Il faut éviter d'épandre de l'urée dans des conditions chaudes et venteuses ou en l'absence prévisible de pluie. La diffusion de l'ammonium et de l'urée dans des sols secs est lente et les pertes de volatilisation élevées. A contrario, les sols humides améliorent leur diffusion. Des précipitations en période d'épandage réduisent considérablement les émissions d'ammoniac en répartissant mieux l'engrais dans le sol et en réduisant les pics de pH. Un temps frais (< 15 °C) freine la formation d'ammoniac dans le sol et les pertes par volatilisation de l'urée qui en découle. Cependant, des basses températures en début de printemps ralentissent aussi le processus de nitrification, d'où l'accumulation d'ammonium dans le sol et le risque potentiel de pertes par volatilisation.

#### Les conditions du sol

Les pertes par volatilisation sont potentiellement plus importantes dans les sols à pH élevé aussi est-il recommandé de ne pas utiliser l'urée et la solution azotée dans ces situations.

#### Fractionner

Fractionner les apports d'urée et de solution azotée permet de réduire les concentrations d'ammoniac et les risques de volatilisation.

### Conclusion

L'utilisation d'engrais à base de nitrate et des apports fractionnés sont les moyens les plus efficaces pour atténuer les pertes d'ammoniac dans l'atmosphère.

Dans les conditions propices à la volatilisation ammoniacale, les inhibiteurs d'uréase réduisent l'impact de ce phénomène sur les formes sensibles comme l'urée sans toutefois égaler la performance de l'ammonitrate, très peu sensible.

#### Les composés azotés en bref :

##### NH<sub>3</sub>

Ammoniac : gaz irritant à l'odeur piquante, polluant atmosphérique causant l'acidification des sols, l'eutrophisation et la création d'ozone au niveau du sol, précurseur de particules fines.

##### NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

Ammonium : cation présent en faible proportion dans la solution du sol, se fixe sur les feuillets d'argile.

##### NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Nitrate : anion présent dans la solution du sol forme d'azote absorbée préférentiellement par les plantes. Sensible à la lixiviation.

##### N<sub>2</sub>O

Protoxyde d'azote (gaz hilarant) : puissant gaz à effet de serre 300 fois supérieur au CO<sub>2</sub>.

##### NO<sub>x</sub>

Oxydes d'azote : abréviation désignant à la fois, NO et NO<sub>2</sub>. Polluant atmosphérique important, cause de la formation d'ozone au niveau du sol précurseur de particules fines.

##### N<sub>2</sub>

Diazote : gaz neutre composant 78 % de l'atmosphère.

## Offre Yara

Performances élevées et durabilité sur le plan environnemental sont les pierres angulaires de la vision et de la mission de Yara. Nous offrons aux agriculteurs des engrais premium et des conseils agronomiques. Qu'est-ce qui fait la différence ?

### La qualité d'abord

Les engrais YaraBela® et YaraMila™, à base de nitrate, sont produits dans nos usines françaises et européennes parmi les plus efficaces au niveau mondial. Contrôles sévères sur l'ensemble de la chaîne de production, employés hautement qualifiés, meilleures technologies disponibles et un siècle d'expérience permettent de fixer et répondre aux standards les plus exigeants.

### Produire propre

Yara s'engage à produire dans des usines observant les meilleures pratiques. Toutes nos usines sont certifiées ISO 9001 et 14001. Nous sommes leader dans notre filière grâce à l'adoption et à la généralisation de standards élevés. Notre engagement permanent pour la sécurité se traduit par notre faible taux d'incidents.

### De purs nutriments

Les engrais YaraBela® et YaraMila™ à base de nitrate sont de purs nutriments, offrant aux agriculteurs, fiabilité, précision et efficacité pour répondre aux exigences agronomiques, environnementales et économiques de l'agriculture moderne.

### La connaissance se cultive

Pour mettre en évidence le phénomène de volatilisation ammoniacale, Yara a développé un kit (figure 6) qui peut être utilisé pour un usage éducatif ou des démonstrations. Il permet de visualiser les pertes d'ammoniac provenant de différents types d'engrais azotés et de sols.

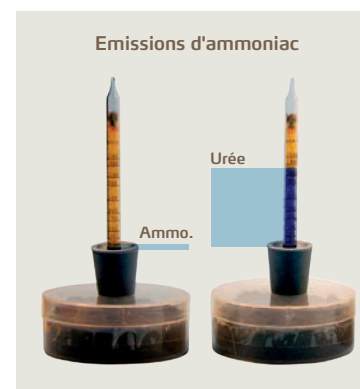


Figure 6: Le kit volatilisation de Yara indique le niveau des pertes par volatilisation en faisant virer du jaune au bleu un réactif en contact avec l'ammoniac émis par un échantillon d'engrais.

#### SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Brink C, van Grinsven H (2011): Cost and benefits of nitrogen in the environment. The European Nitrogen Assessment, chapter 22, Cambridge University Press
- [2] Bouwman A F, Boumans L J M, Batjes N H (2002): Estimation of global NH<sub>3</sub> volatilization from mineral fertilizer and animal manure applied to arable land and grasslands, Global Biochemical Cycles, 16, 1-15
- [3] Hutchings N, Webb J, Amon B (2016): EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook
- [4] Bittman S, Dedina M, Howard CM, Oenema O, Sutton MA (2014): Options for Ammonia Mitigation. Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen, chapter 8, Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh, UK



Yara France  
Immeuble Opus 12  
77, Esplanade du Général de Gaulle  
CS 90047  
92914 PARIS LA DÉFENSE  
Tél : 01 55 69 96 00  
Fax : 01 55 69 98 74



### Pour plus d'informations sur les ammonitrates et programmes de nutrition des cultures

#### YARA WEBSITE

[www.yara.fr/fertilisation](http://www.yara.fr/fertilisation)



#### CHAÎNE YOUTUBE

[www.youtube.com/yarainternationalasa](http://www.youtube.com/yarainternationalasa)  
[www.youtube.com/yaraenfrance](http://www.youtube.com/yaraenfrance)

### Yara en bref

Les connaissances, les produits et les solutions Yara contribuent aux productions et à la profitabilité des agriculteurs, des distributeurs et des industries tout en préservant les ressources et l'environnement.

Nos solutions de nutrition des cultures et nos technologies améliorent les rendements et la qualité et minimisent l'impact environnemental des pratiques de fertilisation. Nos solutions industrielles et environnementales améliorent la qualité de l'air en réduisant les émissions de gaz à effet de serre de l'industrie et des transports, et participent à des productions de hautes qualités. Notre organisation cultive la sécurité pour nos collaborateurs, nos partenaires et nos clients et utilisateurs.

Fondé en 1905 pour résoudre la famine en Europe, Yara est présent dans 160 pays et emploie 15 000 collaborateurs.



### Knowledge grows

## Nourrir ses cultures et préserver l'air

PUR NUTRIMENT INFOS N° 16 | Les émissions d'ammoniac



### Limiter la volatilisation ammoniacale

De l'ammoniac perdu dans l'air, c'est de l'azote en moins pour les cultures. Par ailleurs, la volatilisation ammoniacale est un fléau environnemental qui nuit à la santé humaine, aux écosystèmes naturels et à la biodiversité.

Limiter les émissions d'ammoniac profite donc aux agriculteurs et à la société. Des solutions existent et la récente directive européenne sur les plafonds d'émission implique de respecter les engagements de réduction de l'ammoniac fixés au niveau national. Cette lettre Pur Nutriment traite des émissions d'ammoniac en agriculture et plus particulièrement de celles liées aux apports d'engrais, comme des moyens de les limiter.



# Ammoniac – quel est le problème?

Les émissions d'ammoniac sont un fléau environnemental et une perte d'unités d'azote utiles pour la croissance des plantes. La réduction des pertes d'ammoniac liées aux apports d'engrais entraîne donc un double bénéfice.

Quelles sont exactement les causes et les conséquences de la volatilisation ammoniacale?

## A propos de l'ammoniac

L'ammoniac est un gaz très réactif et irritant formé d'azote et d'hydrogène. Sa formule chimique est  $NH_3$ . L'ammoniac est issu de processus biologiques essentiels et ne pose pas de problème à de faibles concentrations. Cependant, la volatilisation ammoniacale dans l'atmosphère a des conséquences négatives pour l'agriculture, les écosystèmes et la santé humaine :

- La volatilisation de l'ammoniac des terres agricoles est une perte d'azote pour la croissance des plantes. Cela a donc un coût pour les agriculteurs qui doit être minimisé.
- L'ammoniac réagit avec l'humidité de l'air pour former de l'ammonium ( $NH_4$ ). Les dépôts d'ammonium contribuent à l'acidification des sols et de l'eau.
- Les dépôts d'ammonium altèrent la biochimie des écosystèmes naturels et entraîne l'eutrophisation, cause de la prolifération d'algues.
- L'ammoniac se combine avec d'autres polluants atmosphériques tels que l'acide sulfurique et l'acide nitrique pour former des particules secondaires (PM10). Celles-ci peuvent stagner dans l'air pendant plusieurs jours et voyager sur de longues distances. Elles sont aussi la cause de maladies respiratoires.

La pollution ammoniacale provenant de l'agriculture représente un coût élevé pour la collectivité. Selon l'Évaluation Européenne de l'Azote (ENA), il est estimé à 12 € par kg d'azote émis au titre des dégâts sur la santé et 2 € sur l'écosystème [1].

## D'où vient-il?

### Agriculture

94% des émissions d'ammoniac dans l'UE proviennent de l'agriculture. Les 6% restant proviennent de la gestion des déchets, du transport routier et de l'industrie.

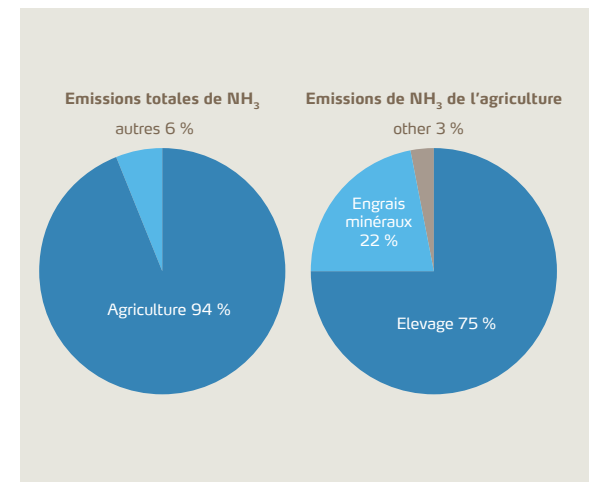


Figure 1 : Part de l'agriculture dans les émissions totales d'ammoniac en Europe (à gauche) et détail des émissions provenant de l'agriculture (à droite) [4].

### Effluents d'élevage

Les effluents d'élevage génèrent de grandes quantités d'ammoniac (bâtiments d'élevage, stockage et épandage des effluents). Ils sont à l'origine de 75% de toutes les émissions d'ammoniac d'origine agricole de l'UE (figure 1). Il est possible de réduire ces émissions mais ce sujet ne fait pas partie du cadre de cette lettre Pur Nutriment entièrement dédiée aux engrais minéraux.

### Engrais minéraux

Les apports d'engrais minéraux sont la cause de 22% des émissions d'ammoniac d'origine agricole de l'UE (figure 1). Celles-ci sont dues à la transformation de l'ammonium dissous dans le sol en ammoniac gazeux. L'intensité de transformation dépend du niveau du pH et de la température du sol. Plus ces derniers sont élevés, plus l'ammonium se transforme en ammoniac perdu dans l'atmosphère. Les engrais azotés minéraux sont, soit composés d'ammonium (sulfate d'ammonium, sulfonitrate d'ammonium, nitrate d'ammonium haut ou bas dosage), soit convertis en ammonium dans le sol après épandage (urée et solution azotée). L'urée et les engrais contenant de l'ammonium sont donc soumis à des pertes potentielles d'ammoniac. Toutefois, l'urée est particulièrement sujette à la volatilisation ammoniacale (figure 4).

## L'impact des formes d'azote

### Le cas de l'urée

L'hydrolyse de l'urée en ammonium augmente temporairement le niveau de pH du sol dans l'environnement immédiat de l'engrais. Un niveau de pH élevé active la formation d'ammoniac, même en sol acide (figure 2).

Avec des températures supérieures à 15 °C, l'hydrolyse de l'urée est rapide et les concentrations locales d'ammoniac dans le sol augmentent, facilitant la volatilisation. Des températures inférieures à 8 °C ralentissent la transformation de l'urée en ammonium, puis celle de l'ammonium en nitrate (nitrification), maintenant une concentration élevée en ammonium favorable à la volatilisation. Des conditions sèches réduisent la diffusion de l'ammonium dans le sol et facilitent aussi sa volatilisation. En revanche, des pluies après l'apport, réduisent la volatilisation. Des essais au champ menés dans différentes régions d'Europe ont montré des pertes moyennes par volatilisation ammoniacale de 13,1% avec l'urée[2] et pouvant dépasser 30%.

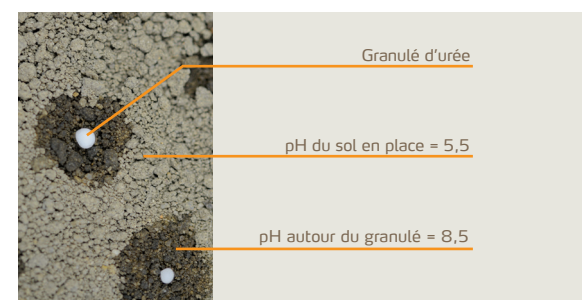


Figure 2 : L'hydrolyse de l'urée augmente localement et temporairement le pH du sol entraînant une augmentation des pertes d'ammoniac.

### Comparaison des engrais minéraux

La figure 3 illustre l'estimation des pertes par volatilisation ammoniacale de différents types d'engrais. Les ammonitrates ont les facteurs d'émission les plus bas.

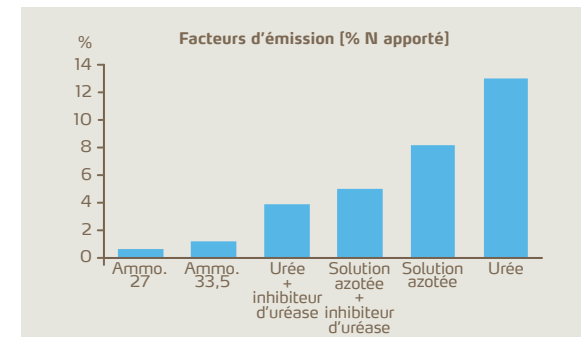


Figure 3 : Facteur d'émission d'ammoniac pour différents types d'engrais apportés sur sol normal (pH ≤ 7) [3].

Le tableau 1 montre la contribution des différents engrais minéraux aux émissions d'ammoniac pour l'Europe et la France. En France, l'urée (44,7%) et la solution azotée (35,3%) sont de très loin les principaux contributeurs totalisant 80% des émissions. En Europe, l'urée (53,7%) prédomine, suivie par la solution azotée (18,4%) et représentent ensemble 72% de ces émissions, quand celles des ammonitrates ne sont que de 7,5 à 10,5% alors que plus largement employés.

	Europe		France	
	N minéral consommé [kt]	Part des émissions [%]	N minéral consommé [kt]	Part des émissions [%]
Ammo.27	2713	2.9	255	2.3
Ammo.33,5	2119	4.6	537	8.1
Urée	2473	53.7	452	44.7
Solution azotée	1354	18.4	696	35.3
Sulfate d'ammonium	364	4.6	84	4.8
Autres - NPK	1504	13.7	145	0.5
DAP/MAP	299	2.1	51	4.2
Total	10826	100	2221	100

Tableau 1 : Contribution des engrais minéraux aux émissions d'ammoniac en Europe (2014) et en France (2015) en fonction de leur consommation. L'urée et la solution azotée sont les principaux engrais émetteurs.

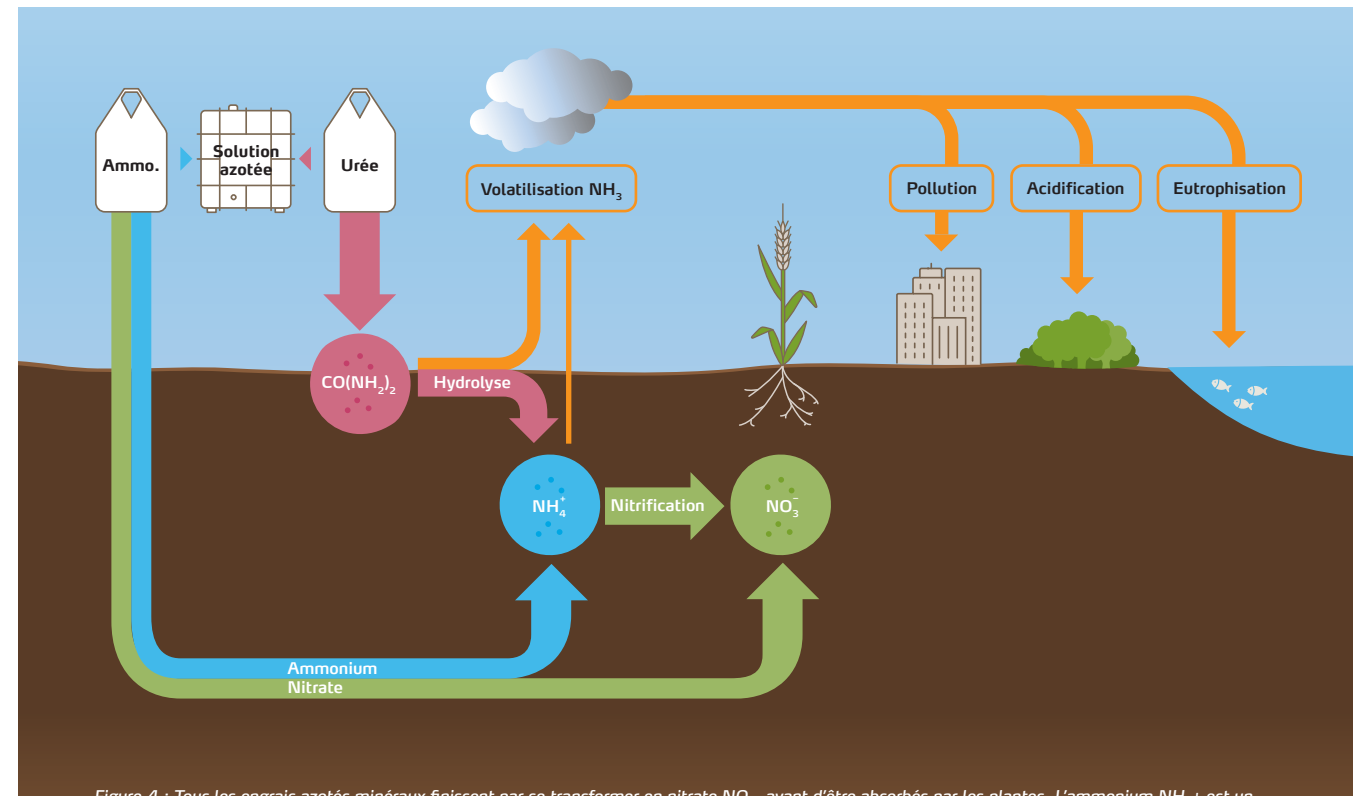


Figure 4 : Tous les engrais azotés minéraux finissent par se transformer en nitrate  $NO_3^-$ , avant d'être absorbés par les plantes. L'ammonium  $NH_4^+$  est un composé intermédiaire qui provient soit d'un engrais ammoniacal comme l'ammonitrate  $NH_4NO_3$ , soit de la transformation d'urée dans le sol  $CO(NH_2)_2$ . L'ammonium est en équilibre avec l'ammoniac  $NH_3$  dans la solution du sol. Plus le pH est élevé, plus l'équilibre évolue en faveur de l'ammoniac. La solution azotée est une association d'ammonitrate et d'urée conduisant aux effets mentionnés dans le schéma ci-dessus.



## Nouvelle directive NEC : que dit-elle?

La pollution de l'air se déplace sur de longues distances et ne s'arrête pas aux frontières nationales. Elle affecte la santé des plus vulnérables et est responsable de l'acidification et de l'eutrophisation. Que fait l'Europe pour s'attaquer au problème ?

## Fixation des plafonds d'émission

L'Union Européenne a mis en place une réglementation pour contrôler la pollution de l'air. En 2001, la directive NEC (National Emission Ceilings) a fixé des plafonds d'émission par pays pour les principaux polluants (voir tableau 1). En 2016, la révision de la directive NEC fixe de nouveaux objectifs de réduction par pays. Le niveau de référence des réductions à atteindre à l'horizon 2020-2030 est calculé sur la base des émissions établies en 2005 (figure 5).

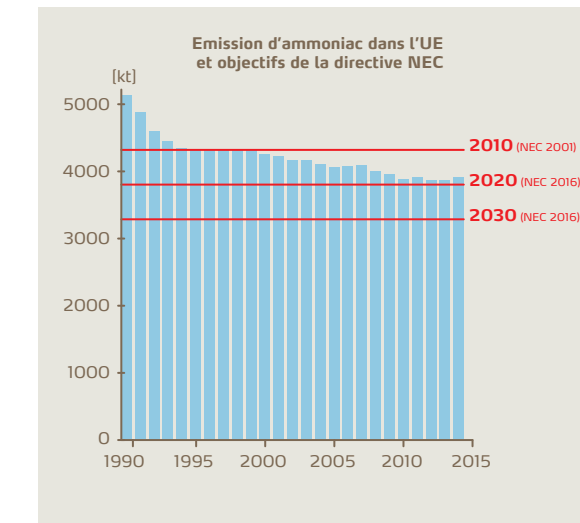


Figure 5 : Les émissions d'ammoniac ont diminué lentement dans les deux dernières décennies. La directive NEC fixe les objectifs nationaux de réduction respectivement en 2020 et 2030.

Les niveaux actuels et les objectifs définis par la directive NEC sont résumés dans le tableau 2.

Pays	Emissions actuelles	Objectifs de réduction		
		2005	2020 vs. 2005	2030 vs. 2005
France	659 kt		- 4 %	- 13 %
Allemagne	678 kt		- 5 %	- 29 %
Belgique	68 kt		- 2 %	- 13 %
Pays-Bas	156 kt		- 13 %	- 21 %
UE	3818 kt		- 6 %	- 19 %

Tableau 2 : Emissions actuelles et objectifs de réduction d'émissions d'ammoniac selon la directive NEC [3].

Il convient de noter que dans certains pays (ex. France) les émissions d'ammoniac ont progressé depuis 2005 à cause de l'augmentation de l'utilisation de l'urée et de la solution azotée.

Pour la France, le décret PREPA, Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques du 10 mai 2017 fixe les objectifs à atteindre tandis que l'arrêté du 11 mai 2017 pour la période 2017-2021 établit les mesures applicables aux engrais minéraux pour atteindre les objectifs de réduction des émissions d'ammoniac mais dont les modalités pratiques restent encore à préciser.