

EMISSIONS D'AMMONIAC DES ELEVAGES PORCINS FRANÇAIS

Sources, émissions au bâtiment, au stockage et à l'épandage et techniques de réduction

Solène LAGADEC, Anne-Sophie LANGLOIS, Mariana MOREIRA, Léna ODDOS - Chambre d'agriculture de Bretagne, Nadine GUINGAND – IFIP – Institut du porc, Paul ROBIN, Melynda HASSOUNA – INRAE UMR SAS, Laurence LOYON – INRAE OPALE. Octobre 2025

Réduire les émissions d'ammoniac répond à un triple défi : économique (réduire les pertes d'azote utile pour la croissance des plantes), sanitaire (éviter la formation de particules secondaires, améliorer la santé humaine et animale) et environnemental (limiter l'acidification des sols et l'eutrophisation des milieux). Cette synthèse permet de mieux comprendre les facteurs responsables des émissions d'ammoniac pour favoriser le développement d'une stratégie efficace de leur réduction dans l'air.

Introduction

L'ammoniac (NH_3) est un polluant atmosphérique dont l'impact économique, sanitaire et environnemental est avéré.

Tout d'abord, les émissions d'ammoniac représentent une perte directe d'azote, un nutriment précieux pour la fertilisation des cultures. Cette perte a un impact économique négatif pour les éleveurs car elle augmente la dépendance aux engrais minéraux azotés.

Aussi, l'ammoniac est aussi un **précurseur de particules fines** formant des particules de nitrate d'ammonium lorsqu'il réagit avec des composés acides de l'atmosphère tels que les oxydes d'azote (NO_x) et le dioxyde de soufre (SO_2) dans l'atmosphère (Behera et al., 2013). Les particules fines ont des répercussions significatives sur la santé humaine, étant associées à environ 40 000 décès prématurés par an (Pascal et al., 2016).

Dans les bâtiments d'élevage, l'ammoniac a des effets directs néfastes pour la santé des animaux et des hommes lorsque les concentrations sont supérieures à 20 ppm (INRS, 2022). Etant un gaz soluble dans l'eau, il **irrite les voies respiratoires** et peut entraîner des maux de tête chez l'homme.

Enfin, émis dans l'atmosphère, ce gaz entraîne l'acidification des sols et l'eutrophisation des milieux (Botkins et al., 2014). En effet, il réagit avec l'humidité de l'air pour former l'ammonium (NH_4^+). Une fois que ce dernier se trouve dans le sol, des bactéries spécifiques le transforment en nitrate (NO_3^-) par un processus biologique appelé la nitrification. Cette réaction libère des ions H^+ dans le sol ce qui entraîne une diminution de son pH. Cette **acidification du sol** réduit la disponibilité de certains nutriments essentiels pour les plantes et altère la biodiversité microbienne du

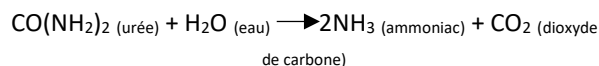
sol. Aussi, en tant que source d'azote, l'ammoniac peut « nourrir » excessivement les écosystèmes aquatiques entraînant une prolifération végétale massive qui, par sa décomposition, consomme l'oxygène de l'eau et peut provoquer la mort de la faune et de la flore aquatiques. C'est ce qu'on appelle l'**eutrophisation des milieux**.

*Cette synthèse bibliographique a pour objectif de fournir une vue d'ensemble détaillée des **sources d'émission d'ammoniac** des élevages porcins français, des **facteurs influençant ces émissions** et de présenter les **techniques de réduction** disponibles aux différents postes émetteurs : au bâtiment, au stockage et à l'épandage.*

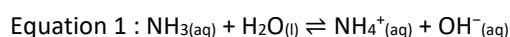
Les sources d'émission d'ammoniac

L'ammoniac est un composé gazeux provenant des déjections d'élevage et de l'utilisation des fertilisants minéraux. Il est majoritairement émis par le secteur agricole (94% des émissions nationales) dont 7% sont émis par les élevages porcins (CITEPA, 2024).

Le processus initial de formation de l'ammoniac à partir des déjections d'élevage est la **dégradation de l'urée**, abondante dans l'urine, **par l'enzyme uréase**, produite par des micro-organismes (bactéries, champignons) présents dans les déjections et l'environnement (Vigan et al., 2018). Cette enzyme catalyse la transformation de l'urée en ammoniac et en dioxyde de carbone selon la réaction suivante :



Dès que l'urine entre en contact avec des fèces, sur une surface souillée ou non, cette dégradation s'amorce. Une fois formé, NH_3 existe en équilibre avec l'ion ammonium (NH_4^+) selon l'équation suivante :



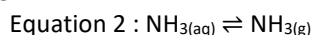
$\text{NH}_3(\text{aq})$ représente l'ammoniac dissous dans l'eau (la phase liquide du lisier ou du fumier).

$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ est l'eau liquide.

$\text{NH}_4^+(\text{aq})$ est l'ion ammonium dissous dans l'eau, stable en solution.

$\text{OH}^-(\text{aq})$ est l'ion hydroxyde, qui détermine le pH du milieu.

L'émission de l'ammoniac proprement dite est le passage de l'ammoniac dissous (aussi appelé « azote ammoniacal ») à l'ammoniac gazeux dans l'atmosphère :



$\text{NH}_3(\text{g})$ représente l'ammoniac sous forme gazeuse dans l'air.

L'apparition de pics d'émissions d'ammoniac est rapide, généralement entre une et deux heures après le mélange des fèces et de l'urine (Philips *et al.*, 1998).

Les trois principaux postes émetteurs d'ammoniac en lien avec la gestion des déjections animales sont le **bâtiment**, le **stockage** et l'**épandage**. La répartition des pertes en ammoniac est de 40 à 60% au bâtiment, 15 à 30% au stockage et 20 à 40% à l'épandage (Espagnol *et al.*, 2015). **Le poste le plus émetteur d'ammoniac est donc le bâtiment.**

Au bâtiment porcin : Emissions d'ammoniac et techniques de réduction

A l'intérieur du bâtiment, les surfaces souillées par les déjections, telles que la préfosse, les caillebotis, les murs et les parois entre cases constituent les principales zones d'émission de NH_3 (Phillips *et al.*, 1998). Le stade physiologique le plus émetteur est l'engraissement (Figure 1). Il représente entre 45 et 60% des émissions annuelles des bâtiments d'élevage porcin (CITEPA, 2024).

C'est pourquoi, la majorité des techniques de réduction des émissions d'ammoniac au bâtiment présentées dans cette synthèse concerneront ce stade physiologique : l'engraissement.

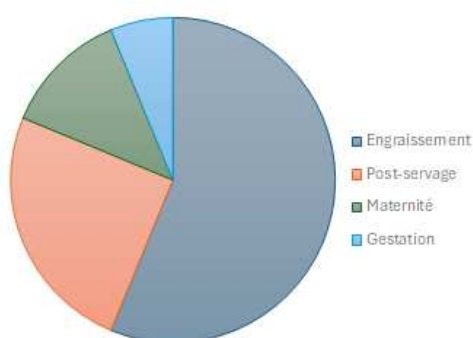


Figure 1 : Contribution de chaque stade physiologique aux émissions totales d'ammoniac du bâtiment (CITEPA, 2024)

Les émissions d'ammoniac des bâtiments d'élevage sont influencées par une multitude de facteurs liés aux caractéristiques et la gestion des déjections, à l'alimentation des animaux et à l'ambiance dans le bâtiment (Philippe *et al.*, 2015 et CORPEN, 2006). Ces facteurs influençant les émissions d'ammoniac peuvent être exploités comme techniques de réduction. Leurs efficacités et leurs coûts sont variables selon les techniques. Cinq grands axes pour réduire les émissions d'ammoniac des bâtiments porcins ont été identifiés et sont présentés ci-dessous.

1. Agir sur les déjections au bâtiment

- Réduire la température des déjections :

La réduction de la température entraîne une augmentation de la solubilité de l'ammoniac déplaçant l'équilibre (Equation 1) vers sa forme ionisée (NH_4^+). Cela limite également l'activité enzymatique (uréase).

La lisiothermie est un système de refroidissement du lisier via un réseau de tubes caloporteurs. Elle est installée soit en fond de fosse (- 13% des émissions d'ammoniac) soit en surface (-4% des émissions d'ammoniac). Plus la puissance de refroidissement est importante, plus la réduction des émissions sera élevée. Un minimum de 20 W/m² est nécessaire (Guinand *et al.*, 2025).

- Réduire le pH des déjections :

Un pH faible déplace l'équilibre chimique (Equation 1) vers la forme NH_4^+ . Le lisier et le fumier ont généralement un pH alcalin (souvent supérieur à 7, voire 8), ce qui favorise la présence d'ammoniac sous sa forme liquide (azote ammoniacal) avec un risque de passage sous sa forme gazeuses (Equation 2).

L'acidification des lisiers en préfosse permet de réduire de 50 à 70 % l'émission d'ammoniac par rapport à un stockage des déjections sous les animaux. Cependant, cela nécessite de mettre en place une installation permanente et une fréquence d'ajout d'acide élevée (6 à 10 fois par jour) pour obtenir un pH cible inférieur à 6 et garantir une efficacité de réduction des émissions d'ammoniac (Langlois *et al.*, 2021).

L'ajout d'additif dans les lisiers ou dans l'aliment peut agir en modifiant le pH. Par exemple, l'ajout de 0,5% d'acide benzoïque dans l'aliment des porcs à l'engrais a montré une réduction des émissions d'ammoniac de 10 à 24% (Lagadec *et al.*, 2024).

- Réduire la teneur en azote ammoniacal des lisiers :

Plus la concentration en azote ammoniacal est faible, moins le risque de volatilisation d'ammoniac est élevé (Equation 2). Les lisiers ont une teneur en azote ammoniacal plus élevée que les fumiers (environ 70% contre 30% de l'azote total en moyenne).

Les additifs dans les lisiers peuvent agir de différentes manières en inhibant les enzymes clés comme l'uréase, en adsorbant l'ammoniac ou encore en modulant l'activité microbienne, contribuant ainsi à modifier la teneur en azote ammoniacal et à réduire les émissions d'ammoniac. Cependant, les taux d'efficacité sont très variables et varient de 0 à 40% (Guinand *et al.*, 2004 et Lagadec *et al.*, 2024). Des études spécifiques sur chaque additif doivent être menées en élevage et en station expérimentales pour valider leur efficacité sur la réduction des émissions d'ammoniac.

Cela a été le cas pour un complexe de micro-organisation naturel sélectionné ajouté au lisier qui a montré une réduction des émissions d'ammoniac de 30% en période estivale (Lagadec *et al.*, 2024).

- Réduire le temps de contact entre l'urine et les fèces :

Moins le **temps de contact** entre l'urée et l'uréase est important, moins la réaction d'hydrolyse de l'urée en ammoniac et en dioxyde de carbone (Equation 1) aura lieu (Aarninck *et al.*, 1997). Evacuer fréquemment les déjections avec ou sans séparation de phase est une solution pour réduire ce temps de contact.

Trois principaux systèmes d'évacuation fréquente mécanique des déjections existent : l'évacuation gravitaire, le raclage à plat et le raclage en V (permettant une séparation urine et fèces). entraînent respectivement une réduction des émissions d'ammoniac en engraissement de l'ordre de 20% (Guinand, 2000), 20% (Boulestreau-Boulay *et al.*, 2021) et 50% (Loussouarn *et al.*, 2014).

Le type de sol dans les bâtiments sur lisier affecte également le temps de contact entre l'urée et l'uréase. Le caillebotis intégral est le système majoritaire en France. Il permet aux déjections de tomber à travers les fentes directement dans une fosse de stockage sous le bâtiment. Ce système maintient les animaux dans un environnement propre et sec, ce qui est considéré comme favorable à l'hygiène. Le caillebotis partiel, quant à lui, est une alternative qui combine une zone de caillebotis pour l'élimination des déjections et une zone de sol plein pour le repos. Ce compromis vise à offrir un meilleur confort aux animaux tout en maintenant une bonne hygiène de l'enclos. Cependant, selon Guinand (2000) les émissions d'ammoniac avec un sol en caillebotis partiel sont plus élevées que celles sur caillebotis intégral lié à une zone de contact des déjections entre elles plus importante.

- Dissoudre l'ammoniac dans le lisier avec la technique du lisier flottant :

Le principe de la technique du "lisier flottant" repose sur la présence d'une fine couche d'eau en fond de préfosse avant l'entrée des animaux. L'eau aide à dissoudre l'ammoniac et certains composés odorants,

les gardant temporairement en solution dans la phase liquide (Equation 2).

Le taux d'abattement des émissions d'ammoniac avec la technique du lisier flottant varie généralement entre 20 % et 30 % (Guinand et Courboulay, 2019).

2. Agir sur l'alimentation des animaux

L'alimentation des animaux a une incidence directe sur les caractéristiques des déjections, notamment la teneur en urée (Berghaus *et al.*, 2023).

La réduction du taux de protéines brutes (MAT) tout en veillant à ce que le profil en acides aminés soit bien équilibré dans l'alimentation des porcs est une stratégie préventive reconnue qui vise à diminuer l'excrétion d'azote, et par conséquent la quantité d'ammoniac potentiellement formée (Le Dinh *et al.*, 2022). L'excès de protéines non utilisées par l'animal est excrété, principalement sous forme d'urée dans l'urine. En optimisant l'apport protéique pour qu'il corresponde précisément aux besoins réels de l'animal (alimentation multiphase), cet excédent est minimisé (Dourmad *et al.*, 2009).

D'après Lagadec *et al.* (2021), une alimentation multiphase en engraissement à taux protéique réduit (14,5% MAT aliment croissance et 12,6% MAT aliment finition) permet de réduire jusqu'à 37% les émissions d'ammoniac. En post-sevrage, un aliment 2ème âge à bas taux protéique (protéine brute à 166 g/kg) a permis de réduire de 32% les émissions d'ammoniac tout en maintenant les performances zootechniques (Lagadec *et al.*, 2020).

3. Agir sur l'ambiance dans le bâtiment

La diminution de la température de la salle peut réduire efficacement les émissions d'ammoniac en déplaçant l'équilibre chimique (Equation 1) entre ammonium et ammoniac.

Guinand *et al.* (2024) ont montré que des températures ambiantes de 16°C et 18°C ont permis de réduire les émissions d'ammoniac respectivement de 42% et 36% par rapport à une température de consigne de 22°C sans effet significatif sur les performances des animaux.

Cela met en évidence que la gestion de la température est une stratégie proactive pour réduire les émissions d'ammoniac à partir de la surface du lisier, plutôt que de simplement compter sur la ventilation pour l'éliminer une fois que ce gaz est dans l'air.

4. Optimiser la gestion de la litière

La litière, composée de paille ou de matériaux riches en carbone, reçoit les déjections des porcs, qui y sont transformées par un processus proche du compostage. Son bon fonctionnement dépend de l'équilibre entre humidité, oxygène, carbone et azote. Un excès d'eau

ou un rapport C/N trop faible favorise l'accumulation d'azote ammoniacal. La gestion vise à maintenir une bonne aération et un apport suffisant en carbone pour favoriser l'activité microbienne et limiter les pertes azotées (Figure 2).

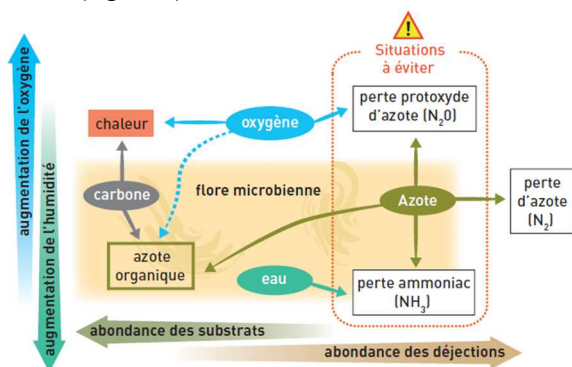


Figure 2 : Fonctionnement des litières et le rôle des principaux constituants (Chambre d'agriculture de Bretagne et al., 2012)

Plus la flore microbienne est abondante et le milieu riche en carbone, meilleure sera la conservation de l'azote sous forme organique, non volatile. L'abondance de substrat et d'oxygène augmente la production de chaleur (Chambre d'agriculture de Bretagne et al., 2012). D'après le RMT E&E (Dourmad et al., 2015), les émissions d'ammoniac en litière bien conduites, donc propices à la dénitrification (transformation de l'azote ammoniacal en nitrate), sont faibles. Le type de matériau utilisé (sciure, paille,...), la quantité totale par animal et la fréquence de paillage sont des paramètres qui influent sur les émissions d'ammoniac (Guinand et Rugani, 2012)

Un apport régulier de paille fraîche permet de (1) maintenir une litière sèche et friable, favorisant l'aération, (2) diluer les déjections et les zones humides, (3) fournir un substrat carboné pour l'activité microbienne, qui peut immobiliser l'azote et (4) offrir un meilleur confort aux animaux, ce qui peut influencer leur comportement d'excrétion (Guinand et Rugani, 2013).

Aussi, la litière de sciure bien tenue permet une réduction des émissions d'ammoniac de 41% par rapport à une litière de paille si la gestion de la litière est en accord avec les préconisations données ci-dessus (Lagadec et al., 2012).

5. Traiter l'air ambiant et extrait des bâtiments

- Utiliser un système de brumisation :

La brumisation est classiquement utilisée en élevage pour réduire la température ambiante. La diffusion d'eau dans l'ambiance contribue aussi à favoriser la solubilisation de l'ammoniac et ainsi réduire la concentration ambiante.

Les systèmes de brumisation sont soit à haute pression (diffusion de l'eau sous forme de microgouttelettes)

soit à basse pression (diffusion de l'eau sous forme de gouttes).

Les systèmes de brumisation qui dispersent de fines gouttelettes d'eau dans l'air, ont montré une capacité à réduire les concentrations d'ammoniac jusqu'à 30% (Vigan et al., 2018). Pour les truies allaitantes, le maintien d'une zone plus fraîche peut limiter l'excrétion urinaire dans la zone de repos, influençant potentiellement les émissions (Dourmad et al., 2015).

De plus, ils contribuent positivement au bien-être animal en réduisant le stress thermique chez les porcs pendant les périodes chaudes. Cependant, si la brumisation humidifie les surfaces souillées (sols, litière), cela peut potentiellement augmenter l'activité de l'uréase et donc la production d'ammoniac.

- Installer un système de lavage d'air :

Les laveurs d'air permettent de solubiliser l'ammoniac de l'air vicié sortant du bâtiment en le faisant passer à travers un maillage arrosé continuellement. L'ammoniac absorbé dans l'eau de lavage est ensuite converti en ions ammonium (NH₄⁺) puis oxydé en nitrites (NO₂⁻) et nitrates (NO₃⁻) par la biomasse microbienne présente au sein du maillage et dans l'eau (Lagadec et al., 2021).

L'efficacité du lavage d'air à l'eau en élevage porcin sur la réduction des émissions d'ammoniac peut varier de 17 à 70% avec une moyenne de 27% (Lagadec et al., 2015). Celle-ci dépend de plusieurs facteurs. Elle augmente lorsque la vitesse d'air, la concentration en azote ammoniacal, le pH et la température de l'eau de lavage diminuent et lorsque la température de l'air et la concentration en ammoniac en amont du laveur augmentent (Lagadec et al., 2021). Combiné à un biofiltre, le lavage d'air a des meilleures performances et le taux d'abattement d'ammoniac atteint 88% (Guinand et Eglin, 2016).

- Mettre en place un biofiltre :

Le biofiltre fonctionne comme un laveur ; le maillage étant remplacé par un lit biologique (ex : tourbe, écorces, copeaux de bois, bois raméal fragmenté). Les micro-organismes résidant dans ce substrat métabolisent et transforment les polluants atmosphériques en composés moins nocifs (Dumont et al., 2014).

La biofiltration a démontré son efficacité pour réduire les émissions d'ammoniac avec des taux d'abattement allant de 45% à 57% pour différentes configurations de biofiltres (Amin et al., 2024). Cette réduction est principalement attribuée au développement de bactéries nitrifiantes autotrophes au sein du substrat et à un temps de contact suffisant pour que ces bactéries puissent oxyder l'ammoniac. Cependant, une gestion précise des conditions environnementales et du substrat est essentielle pour optimiser les performances de ce système de traitement de l'air.

Au stockage des déjections porcines : Emissions d'ammoniac et techniques de réduction

Lors du stockage des déjections, l'émission de l'ammoniac se produit de manière continue à partir de la surface du lisier ou du fumier stocké si aucune technique de réduction n'est mise en œuvre (Degré *et al.*, 2001). Pour les réduire, il y a deux solutions : (1) agir sur les déjections au stockage (en prenant en compte les facteurs d'influence comme le pH et la température des déjections cités ci-dessus) et (2) agir sur le mode de stockage.

1. Agir sur les déjections au stockage

- Réduire le pH des déjections stockés :

L'acidification des lisiers au stockage permet de réduire de plus de 80% les émissions d'ammoniac dès lors que le pH est inférieur à 6 (Langlois *et al.*, 2021).

- Réduire la température des déjections stockés :

Les fosses entièrement ou partiellement enterrées bénéficient de l'inertie thermique du sol qui maintient le lisier à une température généralement plus fraîche que l'air ambiant, surtout en été.

- Limiter l'agitation des déjections stockés :

L'agitation des déjections stockés, notamment lors d'opérations comme l'hydrocurage (chasse d'eau) ou avant la vidange, peut augmenter considérablement l'émission de l'ammoniac. En effet, cela entraîne une rupture de la croûte superficielle et donc augmente la surface d'échange et les échanges gazeux (Pederson *et al.*, 2016).

- Réaliser une séparation de phase afin de stocker les phases solide et liquide de manière distincte :

La séparation de phase consiste à diviser le lisier brut sorti du bâtiment en deux fractions : une fraction solide (riche en matière sèche et en azote organique) et une fraction liquide (plus diluée, contenant l'essentiel de l'azote ammoniacal, plus simple à gérer à l'épandage). Cette technique permet de réduire la durée de stockage de la fraction la plus émettrice : la fraction liquide.

Une réduction de 20 à 40% les émissions d'ammoniac au stockage a été mesurée, en particulier si la phase liquide est couverte ou traitée (Beline *et al.*, 2011).

- Réduire la durée de stockage :

Lorsque cela est faisable, assurer un retrait rapide des déjections des ouvrages de stockage vers les champs, minimise les pertes azotées au stockage. Par ailleurs, la formation d'une croûte en surface si l'apport des

déjections dans la fosse de stockage se fait par le bas peut réduire les émissions d'ammoniac en limitant la surface d'échange avec l'air.

2. Agir sur le mode de stockage

- Couvrir les fosses à lisier :

La couverture de fosse permet de limiter les échanges gazeux entre l'air et les déjections.

Un taux d'abattement des émissions de NH_3 de 60 à 90% est attendu en fonction du type de couverture de fosse (Vigan *et al.*, 2018). De plus, la couverture de fosse prévient la dilution de l'effluent par les eaux de pluie donc permet d'éviter l'augmentation du volume d'effluents à stocker.

- Réduire la surface de la fosse de stockage de lisier :

Plus la surface des déjections en contact avec l'air est grande, plus les émissions sont importantes. Pour le lisier, pour un même volume de lisier à stocker, augmenter la profondeur induit une réduction de la surface exposée et par conséquent de la surface exposée à l'air.

A l'épandage des déjections porcines : Emissions et techniques de réduction

Les émissions à l'épandage sont particulièrement liées aux conditions météorologiques (température, vent, humidité), aux caractéristiques du produit épandu (pH, teneur en azote ammoniacal, matière sèche), aux conditions du sol (couverture végétale, pH, humidité, ...) et à la technique d'apport (mode d'application, délai d'enfouissement). Ces émissions surviennent dans les premières heures après l'épandage (Genermont *et al.*, 2008). Les traitements biologiques ou physico-chimiques du lisier permettent de réduire la teneur en azote ammoniacal en transformant ou en extrayant l'ammonium via des procédés comme la nitrification, le stripping de l'ammoniac ou la précipitation sous forme de struvite. Ces traitements, souvent coûteux et complexes, sont plus fréquents dans des contextes de valorisation industrielle du lisier..

Pour réduire les émissions d'ammoniac à l'épandage, plusieurs solutions existent : (1) modifier les caractéristiques physico-chimiques des déjections, (2) préparer le sol avant épandage, (3) utiliser du matériel d'épandage peu émissif et (4) optimiser la gestion de l'épandage.

1. Modifier les caractéristiques physico-chimiques des déjections

- Réduire le pH des déjections épandues :

L'acidification par l'ajout d'un acide fort abaisse le pH des déjections liquides. Cette technique, largement répandue dans plusieurs pays européens, demeure peu

utilisée en France. Ce faible taux d'adoption s'explique par la complexité opérationnelle perçue, par des incertitudes sur les impacts environnementaux et par la faible acceptabilité sociale de l'utilisation d'un acide fort dans les pratiques agricoles locales (Depoudent *et al.*, sous presse).

Des réductions des émissions d' NH_3 pouvant aller jusqu'à 80% pour un épandage d'effluent acidifié comparé à un épandage d'effluent brut en surface et incorporé au sol dans les 12 heures sont décrites par Moreira *et al.*, 2025 pour une première année d'essai sur deux dispositifs expérimentaux en Bretagne.

- Réduire la teneur en azote ammoniacal des lisiers épandus :

Plus les déjections sont riches en azote ammoniacal, plus le potentiel d'émissions est élevé.

- Réaliser une dilution des lisiers épandus :

Les lisiers avec une teneur en matière sèche élevée ont tendance à s'infiltrer plus lentement dans le sol, laissant plus de temps à l'ammoniac pour se volatiliser. La dilution du lisier (par exemple, avec de l'eau) peut réduire les pertes d'ammoniac en favorisant une meilleure infiltration.

2. Préparer le sol avant épandage

Un sol bien structuré et absorbant permet une infiltration rapide de la déjection, réduisant le temps de contact avec l'air et donc l'émission. Les sols compacts ou gorgés d'eau limitent l'infiltration et augmentent les émissions. Un travail du sol au préalable peut, dans certaines situations, améliorer l'infiltration et limiter les pertes.

Aussi, l'épandage sur un sol nu exposé au vent et au soleil maximise les pertes. Un couvert végétal peut réduire les émissions en interceptant et/ou absorbant l'ammoniac, en limitant l'exposition directe des déjections à l'air et en atténuant la vitesse du vent et le rayonnement solaire incident. Une couverture végétale dense (prairie, culture intermédiaire) réduit les émissions en limitant l'exposition directe de l'effluent à l'air. La végétation peut aussi absorber une partie de l'ammoniac.

3. Utiliser du matériel d'épandage peu émissif

- ✓ **Rampes à pendillards / à tuyaux souples :** Déposent le lisier en bandes au sol, réduisant la surface d'échange et la hauteur de chute. Peuvent être utilisés sur sol nu ou culture en place.
- ✓ **Rampes à patins / sabots :** Déposent le lisier au plus près du sol et peuvent légèrement l'enfouir dans de petites fentes. Peuvent être utilisés sur sol nu ou culture en place.

- ✓ **Injecteurs prairies à disques :** Dans les bonnes conditions, ouvrent le sol sur des fentes peu profondes et permettent au lisier de s'infiltrer plus rapidement. Peuvent être utilisés sur sol nu ou culture en place.
- ✓ **Injecteurs à lisier (socs ou disques déchaumeurs) :** C'est la technique la plus efficace. Le lisier est injecté directement dans le sol (en fente ouverte ou fermée), minimisant le contact avec l'air. Les pertes peuvent être alors quasi insignifiantes (parfois moins de 1 %). Ne peuvent être utilisés que sur sol nu ou si objectif de destruction du couvert.

4. Optimiser la gestion de l'épandage

Le délai d'incorporation/enfouissement est le facteur le plus critique. Plus les déjections sont incorporées rapidement après l'épandage, plus les émissions sont faibles.

L'injection ou l'enfouissement direct peuvent réduire les émissions de 70 à 90 %. Une incorporation dans les 4 heures réduit les émissions de 45 à 65 %. Un fumier enfoui 12 heures après l'épandage peut générer 3 fois plus d'émissions que s'il est enfoui dans l'heure.

Un outil en ligne gratuit permet d'estimer les émissions d'ammoniac et orienter le choix des pratiques d'épandage (www.agrivationair.fr). Initialement développé en Bretagne, l'outil fait actuellement objet d'un déploiement progressif dans d'autres régions françaises.

Conclusion

Cette synthèse permet d'avoir une vision globale des différentes techniques de réduction des émissions d'ammoniac aux différents postes émetteurs : bâtiment, stockage et épandage.

Une compréhension approfondie des facteurs responsables des émissions d'ammoniac est essentielle pour développer des stratégies efficaces visant à atténuer l'impact environnemental de la filière porcine lié aux émissions d'ammoniac.

En combinant plusieurs techniques, depuis la source (alimentation) jusqu'à l'épandage, il est possible de réduire significativement les émissions d'ammoniac et d'améliorer la gestion environnementale des élevages porcins (Lagadec *et al.*, 2019).

L'important est d'éviter le transfert des émissions entre les différents postes émetteurs.

Le tableau 1 reprend l'ensemble des techniques des réductions d'ammoniac aux différents postes émetteurs (bâtiment, stockage et épandage) avec les taux d'abattement associés à de bonnes pratiques de mise en œuvre.

		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Bâtiment	Evacuer les déjections gravitairement											
	Evacuer les déjections par raclage à plat											
	Evacuer les déjections par raclage en V											
	Evacuer les déjections par système de sol mobile											
	Réduire la température du lisier par lisiothermie											
	Réduire le pH du lisier par système d'acidification											
	Réduire le pH du lisier avec l'acide benzoïque											
	Modifier la nature du lisier par l'ajout d'additifs											
	Utiliser la technique du lisier flottant											
	Réaliser une alimentation multiphase											
	Réduire la température de l'air ambiant											
	Utiliser de la sciure vs paille											
	Traiter l'air par lavage d'air											
	Traiter l'air par biofiltration											
Stockage	Stocker la phase liquide et solide séparément											
	Acidifier le lisier stocké											
	Couvrir les fosses											
	Limiter l'agitation des déjections											
	Enterrer totalement ou partiellement les fosses											
Epandage	Incorporer les lisiers immédiatement											
	Incorporer les lisiers dans les 4 heures											
	Enfourer les fumiers immédiatement											
	Utiliser une rampe à pendillards											
	Utiliser un injecteur à dents/disques déchaumeur											
	Acidifier le lisier											

Tableau 1 : Taux d'abattement des techniques de réduction des émissions d'ammoniac au bâtiment, stockage et épandage des déjections porcins

Références bibliographiques

Aarnink, A.J.A. 1997. Ammonia emission from houses for growing pigs as affected by pen design, indoor climate and behaviour. Thesis, Wageningen Agricultural University, The Netherlands, 175 p.

Amin K., Lagadec S., Kolytcheff N., Cochet C., 2024. Evaluation de l'efficacité de la biofiltration sur la réduction des émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre. Journée Recherche Porcine, 56, 423-424.

Les polluants de l'air : situation, impacts et encadrement - Ministère de la Transition écologique, consulté le juin 19, 2025, <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/polluants-lair-situation-impact>

Béline, F., Hélias, A., Guingand, N., 2011. Traitement des déjections porcines : panorama des technologies et de leurs performances environnementales. Journées de la Recherche Porcine, 43, 271-280.

Berghaus D., Haese E. et al. , 2023. Nitrogen and lysine utilization efficiencies, protein turnover, and blood urea concentrations in crossbred grower pigs at marginal dietary lysine concentration. J.Anim. Sci 2023, 101, 1-10 <https://doi.org/10.1093/jas/skad335>

Behera, S. N., Sharma, M., Aneja, V. P., & Balasubramanian, R., 2013. Ammonia in the atmosphere: A review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies. Atmospheric Environment, 78, 189-207.

Botkin, D. B., Keller, E. A., 2014. Environmental Science: Earth as a Living Planet (9th ed.). Wiley.

Boulestreau-Boulay A-L., Lagadec S., Massabie P., Hassouna M., Olivier D., Dubois A., 2021. Raclage à plat dans un bâtiment d'engraissement porcin : effet de la fréquence de raclage sur les émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre.

Chambre d'agriculture de Bretagne, Pays de la Loire, Ifip, Inra, 2012. Elever des porcs sur litière – Comprendre le fonctionnement, améliorer les résultats. 64 pages https://opera-connaissances.chambres-agriculture.fr/doc_num.php?explnum_id=203836

CITEPA, 2024. Rapport national d'inventaire : Inventaire des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France (Format Secten 2024).

Cordero A., 2025. Innovation dans la gestion du lisier : le système de plancher mobile Moving Floor. trois3.com.

CORPEN, 2006. Estimation des rejets d'azote - phosphore - potassium calcium - cuivre et zinc par les élevages avicoles.

Degré A., Verheve D., Debouche C., 2001. Emissions gazeuses en élevage porcin et mode de réduction : revue bibliographique. Biotechnology, agronomy and society and Environment. 5(3), 135-143.

Depoudent C., Couasnon M., Loreira M., Langlois A.S., sous presse. Freins et motivations à l'adoption de l'acidification à l'épandage des lisiers et digestats de méthanisation. Journées Recherche Porcine.

Dumont E., Hamon L., Lagadec S., Landrain P., Landrain B., Andres A., 2014. Traitement d'air de porcherie par biofiltration. Journées Recherche Porcine, 46, 207-208.

Dourmad J-Y., Rigolot C., Jondreville C., 2009. Influence de la nutrition sur l'excrétion d'azote, de phosphore, de cuivre et de zinc des porcs, et sur les émissions d'ammoniac, de gaz à effet de serre et d'odeurs. Inrae production animales. Vol 22 N°1. 41-48.

Dourmad, J. Y., Le Velly, V., Lechartier, C., Labussière, E. Renaudeau, D., 2015. Influence de la température ambiante chez la truie allaitante, une approche par méta-analyse et modélisation. Journées de la Recherche Porcine, 47, 107-112.

Dourmad J.Y. (coord.), Levasseur P.(coord.), Daumer M., Hassouna M., Landrain B., Lemaire N., Loussouarn A., Salaün Y., Espagnol S., 2015.Évaluation des rejets d'azote, phosphore, potassium, cuivre et zinc des porcs. RMT Elevages et Environnement, Paris, 26 pages.

- Espagnol, S., Guingand, N., Genermont, S., Hassouna, M., 2015. Efficacité sur les émissions gazeuses d'itinéraires techniques en élevage porcin intégrant des bonnes pratiques environnementales. *Journées de la Recherche Porcine*, 47, 171-176.
- Genermont, S., Cellier, P., Loubet, B., et al. (2008). Ammonia emissions from field-applied slurry: a comparison of different measurement methods. *Atmospheric Environment*, 42(14), 3335–3344. DOI : 10.1016/j.atmosenv.2007.07.003
- Guingand N., 2000. Influence de la vidange des préfosse sur l'émission d'ammoniac et d'odeurs par les porcheries d'engraissement Résultats préliminaires. *Journées Rech. Porcine*, 32, 83-88.
- Guingand N., 2000. Influence de la mise en place de caillebotis partiel et de la taille de la case sur les émissions d'ammoniac et d'odeurs en engraissement. 2003. *Journées Rech. Porcine*, 35, 15-20.
- Guingand N., Boulestreau A. L., Juin S., Maupertuis F., 2004. *Utilisation d'additifs en porcherie. Effet sur l'émission d'odeurs et d'ammoniac en engraissement. TechniPorc*, vol. 27, n° 2, p. 25–32.
- Guingand N., Rugani A., 2013. Incidence de la réduction de la quantité de paille et de la fréquence des apports sur les émissions d'ammoniac, de GES et d'odeurs chez les porcs en engraissement. 45^{ème} Journées de la Recherche Porcine en France : 141-142.
- Guingand N., Rugani A., 2013. Incidence de la réduction de la quantité de paille et de la fréquence des apports sur les émissions d'ammoniac, de GES et d'odeurs chez les porcs en engraissement. *Journées Recherche Porcine*, 45, 141-142.
- Guingand N., Eglin T., 2016. Impact d'une combinaison lavage-biofiltration sur la réduction des émissions d'odeurs et d'ammoniac en porcherie. *Journées Recherche Porcine*, 48, 197-198.
- Guingand N., Courboulay V., 2019. Effet du fractionnement des apports d'eau dans la technique du lisier flottant pour réduire les émissions d'ammoniac et d'odeurs en engraissement. *Journées Recherche Porcine*, 51, 181-186.
- Guingand N., Rousseliere Y., Thomas J., Collin A., 2024. Agir sur la température ambiante pour réduire les émissions de NH₃, N₂O et CH₄ d'une porcherie d'engraissement. *Journées Recherche Porcine*, 56, 395-400.
- Guingand N., Rousseliere Y., Lagadec S., Hassouna M., 2025. Etude de l'influence du refroidissement du lisier sur les émissions gazeuses de NH₃, N₂O et CH₄ de porcs à l'engrais. *Journées Recherche Porcine*, 57, 107-112
- INRS. 2022. Les valeurs limites d'exposition professionnelle (ED 6443). Institut National de Recherche et de Sécurité.
- Lagadec S., Quillien J-P., Landrain B., Landrain P., Guingand N., Robin P., Hassouna M., 2012. Emissions d'ammoniac et de protoxyde d'azote en élevages équipés de systèmes d'évacuation fréquente des déjections. *Journées Recherche Porcine*, 44, 139-140.
- Lagadec S., Quillien J-P., Landrain B., Landrain P., Paboeuf F., Robin P., Hassouna M., 2012. Incidence de la nature de la litière et du mode d'alimentation sur les émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre des porcs charcutiers. *Journées Recherche Porcine*, 44, 137-138.
- Lagadec S., Bellec F., Masson L., Dappelo C., Landrain P., Guingand N., 2015. Enquête sur 31 laveurs d'air de porcherie en Bretagne, clés d'amélioration de l'efficacité sur l'abattement d'ammoniac. *Journées Recherche Porcine*, 47, 177-182.
- Lagadec S., Toudic A., Decoopman B., Espagnol S., Richard R., Genermont S., Trochard R., Voylovkov P., Hassouna M., 2019. Evaluation des pertes d'azote et de carbone de filières de gestion de déjections porcines associées au raclage en V. *Journées Recherche Porcine*, 51, 175-180.
- Lagadec S., Gallien S., Simongiovanni A., Bourgeois M., Hassouna M., 2020. Effet d'une alimentation à bas taux protéique sur les performances zootechniques, la production de lisier et les émissions d'ammoniac en post-sevrage. *Journées Recherche Porcine*, 52, 351-352.
- Lagadec S., Drique C., Simongiovanni A., Bourgeois M., Le Devehat P., Hassouna M., 2021. Alimentation multiphase à taux protéique réduit en engraissement : effet sur les performances zootechniques et les émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre. *Journées Recherche Porcine*, 53, 353-354.
- Lagadec S., Dumont E., Guingand N., Loyo L., Le Devehat P., Amrane A., Couvert A., 2021. Mise au point d'un outil TARA pour dimensionner et optimiser le fonctionnement d'un laveur d'air. *Journées Recherche Porcine*, 53, 347-352.
- Lagadec S., Drique C., Amin K., Kolytcheff N., Roger L., Planchenault D., Potot S., Perez-Calvo E., 2024. Effet de l'incorporation de 0,5% d'acide benzoïque dans l'alimentation des porcs à l'engraissement sur les performances zootechniques et les émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre. *Journées Recherche Porcine*, 56, 401-406.
- Lagadec S., Amin K., Kolytcheff N., Gardie V., Travers M., Martin A., Robin P., 2024. Performances zootechniques des porcs à l'engraissement et émissions d'ammoniac : effet d'un complexe de micro-organismes naturel sélectionné ajouté dans le lisier en bâtiment. *Journées Recherche Porcine*, 56, 407-412.
- Langlois A.S., Guingand N., Lagadec S., Hanocq D., Quideau P., Moreira M., 2021. L'acidification du lisier : une voie à explorer pour réduire les pertes d'azote de l'élevage porcin. *Journées de la recherche porcine*, 53, 329-334.
- Le Dinh P., Van des Peet-Schwering C.M.C., Ogink N.W.M., Aarnink A.J.A., 2022. Effect of diet composition on excreta composition and ammonia emissions from growing-finishing pigs. *Animals (Basel)*, 12(3) :229. doi: [10.3390/ani12030229](https://doi.org/10.3390/ani12030229)
- Loussouarn A., Lagadec S., Robin P., Hassouna M., 2014. Raclage en V : bilan environnemental et zootechnique lors de sept années de fonctionnement à Guernévez. *Journées Recherche Porcine*, 46, 199-204.
- Moreira M., Hanocq D., Gautier P., Langlois A.S., 2025. Acidifier des effluents liquides à l'épandage pour réduire les pertes d'azote par volatilisation : évaluation des effets agronomiques et environnementaux. *Journées Recherche Porcine*, 57, 127-128.
- Ni J.Q., Heber A.J., 2001. Ammonia and hydrogen sulfide emissions from a pig finishing building with a pit recharge system. *Transactions of the ASAE*, 44(5), 1321-1330.
- Pascal M., de Crouy Chanel P., Corso M., Medina S., Wagner V., Gorla S., et al. Impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale et analyse des gains en santé de plusieurs scénarios de réduction de la pollution atmosphérique. Saint-Maurice : Santé publique France ; 2016. 158 p. Disponible à partir de l'URL : <http://invs.santepubliquefrance.fr/Dossiers-thematiques/Environnement-et-sante/Air-et-sante/Publications>
- Petersen, S. O., et al. (2016). Greenhouse Gas and Ammonia Emissions from Slurry Storage: Impacts of Temperature and Potential Mitigation through Covering. *Journal of Environmental Quality*, 45(1), 321-329.
- Phillips V. R., Cowell D. A., Sneath R. W., 1998. Emissions of ammonia from pig houses and nitrogen excretion in pig slurry: a literature review. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70(3), 223-233.
- Philippe, F. X., Nicks N., Vandenheede M. L., 2011. **Ammonia emissions from pig houses: A review.** *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 142(3-4), 195-207.

Philippe, F.X., Nicks N., 2015. Emissions of ammonia, nitrous oxide and methane from pig houses: A review. *Atmospheric Environment*, 112, 287-301.

RMT Elevage et environnement, 2019. Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage.

Vigan A., Guingand N., Espagnol S., Hassouna M., Lagadec S., Loyon L., Églin T., Brame C., Edouard N., Géniermont S., Loussouarn A., Lorinquer E., Ponchant P., Robin P., 2018. Contribution de la base de données ELFE à l'établissement de facteurs d'émission d'ammoniac en élevage porcin », Journées Recherche Porcine, 50, 13-24.

CONTACTS

Chambres d'Agriculture de Bretagne

Solène Lagadec, Anne-Sophie Langlois, Mariana Moreira, Léna Oddos

IFIP Institut du porc

Nadine Guingand

INRAE

Mélynda Hassouna, Laurence Loyon, Paul Robin

PARTENAIRES FINANCIERS

