



Stockage et épandage du lisier : Impact sur la qualité de l'air en porcheries et sur l'environnement

Nadine Guingand

En France, la production porcine est majoritairement réalisée en bâtiments fermés ; seulement 10 % des installations porcines sont en plein-air. Au niveau national, l'orientation principal des éleveurs de porcs est « naisseur-engraisseur » avec 40.9 % des élevages (SCEES, 1994-1995). L'analyse des caractéristiques des élevages naisseurs-engraisseurs de plus de 75 truies nominés au prix des Cochons d'or en 1994, 1995 et 1996 montre que 95 % d'entre eux sont équipés en ventilation dynamique et que 90 % ont des sols en caillebotis intégral (Dagorn et al, 1997). Les déjections sont alors stockées sous les animaux dans une préfosse avec une durée de stockage qui peut varier d'environ 35 jours dans le cas d'une maternité avec vidange entre chaque bande jusqu'à 6 mois et plus dans le cas de bâtiments d'engraissement. Le lisier, résultat du mélange de l'urine et des fèces, évolue durant cette période de stockage et devient une source de composants volatils, plus ou moins odorants, émis à la fois dans l'ambiance des bâtiments et à l'extérieur des porcheries mais aussi lors de l'épandage. Quel est l'impact de ce lisier sur la qualité de l'air en porcherie et sur l'environnement ?



Stockage du lisier dans les bâtiments : impacts sur l'ambiance des porcheries

L'air des porcheries serait composé de plus de 130 composants gazeux différents appartenant aux grandes familles chimiques suivantes : acides gras volatils,

alcools, composés phénoliques, aldéhydes, cétones, composés azotés, composés soufrés et mercaptans (O'Neil et Phillips, 1992). Le tableau 1 regroupe les principaux composants identifiés dans l'air extrait d'une porcherie d'engraissement (Guingand et al., 1996). Parmi ces nombreux composés, l'ammoniac est le seul gaz

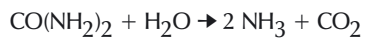
à avoir fait l'objet de nombreuses études que ce soit sur le mécanisme de volatilisation de ce gaz dans l'ambiance, ainsi que l'étude des facteurs l'influençant, mais aussi sur son incidence sur les performances zootechniques et l'état de santé des porcs, ainsi que sur le personnel travaillant en porcheries. Le processus de



volatilisation de l'ammoniac est susceptible d'avoir lieu aux différents stades de la gestion du lisier : dans les bâtiments d'élevage, au cours du stockage et après épandage au champ.

Origines de l'ammoniac en porcherie

L'ammoniac (NH₃) est un gaz incolore, d'odeur âcre et forte, plus léger que l'air (densité de 0.77 gramme par litre contre 1.29 pour l'air) et soluble dans l'eau. L'ammoniac présent en porcherie est principalement le résultat de la dégradation de l'urée par une enzyme faecale nommée uréase selon le processus suivant (Groenestein, 1994) :



Cette hydrolyse débute dès la mise en contact de l'urine avec les fèces contenant l'uréase (Elzing et al., 1992). L'ammoniac sous forme gazeuse (NH₃) est en équilibre avec l'ammonium (NH₄⁺) dissous dans l'eau :



Le processus de volatilisation de l'ammoniac correspond à un transfert d'ammoniac gazeux dans l'atmosphère immédiat à partir de l'ammoniac présent sous forme gazeuse et ionique dans le lisier. Ce processus est conditionné par le ratio NH₃/NH₄⁺ du lisier mais aussi par le pH et la température (Jarvis et Pain, 1990). La figure 1 illustre l'influence du pH sur les concentrations relatives en ammoniac et en ammonium en solution.

porcheries variant entre 3 et 200 ppm (2 et 140 mg/m³). Cependant, des études réalisées en élevages montrent que la teneur en ammoniac des porcheries, quel que soit le stade physiologique considéré, dépasse rarement les 30 ppm (Guingand, 1997). Oosthoek et al. (1990) estiment l'émission annuelle d'ammoniac à 3 kg par place d'engraissement dans un bâtiment sur caillebotis intégral avec préfosse.

Dans les bâtiments, la gestion des **paramètres d'ambiance** (température, hygrométrie et taux de renouvellement) est essentielle à l'obtention de bonnes performances zootechniques. L'influence de ces paramètres sur la volatilisation de l'ammoniac a fait l'objet de nombreuses études mais les résultats sont parfois contradictoires surtout au sujet de l'effet de la température. Pour Aarnink et al. (1992), l'augmentation de la température favoriserait la volatilisation de l'ammoniac dans l'ambiance des porcheries. Cependant, dans cette étude, la tempé-

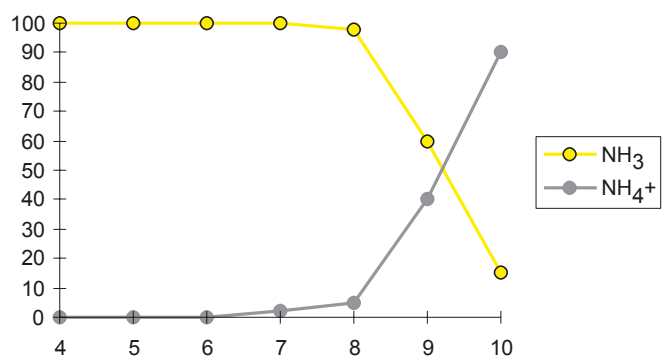
Tableau 1
Composants identifiés dans l'air d'une porcherie d'engraissement (Guingand et al., 1996)

Composants identifiés	Concentrations
CO ₂ (%) CH ₄ (ppm)	0,24 20
Composés soufrés réduits H ₂ S CH ₃ SH Autres	non détectés
Composés azotés (µg/m ³) NH ₃ Indol Scatol	13200 <35 <35
Aldéhydes et cétones (µg/m ³) Acétaldéhyde Propionaldéhyde Butyraldéhyde Valéraldéhyde Hexanal Heptanal Acétone	36 <2 <3 22 14 41 11
Acides gras volatils (µg/m ³)	<15
Phénols et crésols (µg/m ³)	<1,3

Concentrations observées en porcherie et facteurs de variation

La littérature sur l'ammoniac annonce des concentrations en

Figure 1
Influence du pH sur les concentrations relatives en ammonium et ammoniac en solution (d'après Freney et al., 1983)





rature et le débit de ventilation étaient interdépendants : l'augmentation de la température entraînant une augmentation du débit de ventilation pour permettre le maintien de la température de consigne à l'intérieur des porcheries. A l'inverse, l'étude de *Granier et al. (1996)*, réalisée dans un bâtiment à paramètres climatiques contrôlés, n'a pas mis en évidence un effet significatif de la température sur la concentration en ammoniac dans l'ambiance. Cette étude a cependant clairement montré l'effet du débit de ventilation (tableau 2) : l'augmentation du débit entraînant une réduction de la concentration dans l'ambiance mais une émission d'ammoniac plus importante vers l'air extérieur.

La **concentration en protéines** du régime peut, elle aussi, intervenir sur la concentration en ammoniac dans les bâtiments. En effet, la volatilisation de l'ammoniac dépend du ratio $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ donc

directement de la concentration en azote du lisier. Ainsi, la mise en place d'une technique d'alimentation dite « multiphase » peut permettre de réduire l'excrétion azotée de 20 à 25 % (*Chauvel et al., 1994*). *Dourmad et al. (1992)* ont établi un modèle de prédiction de l'excrétion azotée des porcs aux différents stades physiologiques. Avec ce modèle, la technique « multiphase » permet de réduire le rejet azoté total de 1.2 kg par porc dont une diminution de 0.2 kg par volatilisation de l'ammoniac par rapport à l'utilisation d'un aliment unique sur la période croissance-finition et ceci sans altération des performances zootechniques des porcs.

Aux Pays-Bas, de nombreuses expérimentations ont été mises en place pour étudier l'influence du **type de sol** et plus particulièrement du pourcentage de surface en caillebotis permettant la réduction de l'émission d'ammo-

niac dans les porcheries. Ainsi, *Oldenburg (1993)* a obtenu une différence significative de l'émission d'ammoniac entre un bâtiment d'engraissement en caillebotis total et le même bâtiment en caillebotis partiel (2.38 g/h vs 1.35 g/h). Bien que cette modification du type de sol puisse apparaître comme bénéfique du point de vue de l'ammoniac, elle engendre des inconvénients, entre autres sur la bonne gestion de la ventilation des bâtiments.

Relation Ammoniac/performances zootechniques et état de santé des animaux

En élevage, il n'existe pas de norme au sens strict du terme mais il est recommandé de ne pas dépasser des teneurs en ammoniac supérieures à 25 ppm (ITP, 1993). Les études menées sur l'incidence de l'ammoniac sur les performances des porcs ont abouti à des résultats parfois très

Tableau 2

Evolution de la quantité d'ammoniac présent dans l'air ambiant et dans l'air extrait en fonction du débit de renouvellement d'air et du poids des animaux (*Granier et al., 1996*)

Nombre de jours en porcherie	Poids moyen des animaux (kg)	Débit élevé			Débit faible		
		Débit	NH_3 (mg/m ³ d'air)		Débit	NH_3 (mg/m ³ d'air)	
		(m ³ /h/p)	Air ambiant	Air extrait	(m ³ /h/p)	Air ambiant	Air extrait
20	40	22,0	6,8	12,4	8,0	20,5	26,1
48	63	25,0	6,6	16,5	9,0	20,8	32,9
64	73	30,0	4,5	11,2	11,0	20,0	29,4
Moyenne	59	25.7	4.9	13.4	9.3	20.4	29.5
Émission de NH_3 (m ³ /h/p)				343.0			274.4



contradictoires. En effet, les travaux de *Stombaugh et al. (1969)* mettent en évidence un effet négatif de l'ammoniac sur la croissance des porcs en engraissement mais sans répercussion notable sur leur état de santé.

A l'inverse *Doig et Willoughby (1971)* observent des lésions des voies respiratoires supérieures de jeunes porcs exposés à 100 ppm d'ammoniac. Cependant, leurs performances de croissance ne semblent pas altérées. *Curtis et al. (1975)*, quant à lui, n'observe aucune incidence d'une exposition à 50 ppm d'ammoniac sur les performances de croissance et sur l'intégrité de l'appareil respiratoire des porcs étudiés. Dans ces études, les concentrations en ammoniac retenues pour étudier les conséquences sur les performances zootechniques et l'état de santé des porcs varient selon les auteurs entre 50 et 100 ppm, niveaux qui ne sont jamais atteints en élevages porcins.

L'ammoniac semble avoir une influence sur les performances de reproduction des truies et plus particulièrement sur l'apparition de la puberté chez les cochettes. En effet, *Malayer et al. (1987)* ont observé une différence de venue en puberté de 7 à 10 jours chez des cochettes soumises à une concentration moyenne de 21 ppm par rapport à des cochettes témoins exposées à des concentrations de 5 ppm. La présence d'ammoniac provoquerait donc une modification de l'odeur émise par le verrot, paramètre qui au même titre que la vue et la perception des bruits émis par la verrote permet l'apparition des chaleurs. La cochette ne reconnaîtrait donc plus cette odeur

comme étant caractéristique de la présence du verrot.

D'une manière globale, la présence d'ammoniac dans l'ambiance des porcheries n'a pas de répercussions directes sur les performances zootechniques et l'état de santé des porcs.

V.L.E. et V.M.E....

En France, l'INRS (1986) définit deux valeurs admises pour l'exposition à certaines substances dangereuses dans l'atmosphère des lieux de travail : la Valeur Limite d'Exposition ou V.L.E et la Valeur Maximale d'Exposition ou V.M.E..

- La V.M.E. est la valeur admise pour la moyenne dans le temps des concentrations auxquelles un travailleur est effectivement exposé au cours d'un poste de 8 heures. Pour l'ammoniac, la V.M.E est de 25 ppm ou 18 mg/m³ (INRS, 1986)

- La V.L.E., compte tenu des moyens de prélèvements et de mesures, n'est pas obligatoirement la valeur maximale d'une concentration instantanée, mais la durée sur laquelle cette concentration est mesurée ne saurait dépasser 15 minutes. La V.L.E. pour l'ammoniac est de 50 ppm ou 36 mg/m³ (INRS, 1986).

Dans des conditions normales d'élevage (respect des normes de ventilation, de densité d'animaux...), la V.L.E. n'est jamais atteinte. En mesures ponctuelles, la concentration en ammoniac dans l'ambiance peut atteindre 25 ppm. La relation débit de renouvellement de l'air dans les

bâtiments et concentration en ammoniac dans l'ambiance a été évoquée précédemment (cf Concentrations observées en porcherie et facteurs de variation). Le débit de ventilation est réglé en fonction de la température ambiante, elle-même assujettie à la température extérieure de l'air et à la chaleur dégagée par les animaux présents dans le bâtiment. Ce débit évolue donc au cours de la journée ; les minimums étant observés le matin et les maxima dans l'après-midi. En période hivernale, les températures basses conduisent à des niveaux de ventilation faibles mais qui augmentent au cours de la journée. Ainsi, le matin, les concentrations en ammoniac, en instantané, peuvent donc avoisiner 25 ppm mais cette valeur décroît au cours de la journée avec l'augmentation de la ventilation. Ainsi, en moyenne sur 8 heures, la V.M.E. n'est pas atteinte.

Impact du lisier sur l'environnement

Ammoniac et atmosphère

L'ammoniac présent dans l'air des porcheries est émis vers l'atmosphère par le biais de la ventilation. De même, durant le stockage en fosses extérieures et lors de l'épandage, l'ammoniac se volatilise. Les conséquences de l'émission de NH₃ dans l'atmosphère ou du moins dans la troposphère (0-12 km) sont doubles : action sur la valeur fertilisante des lisiers et incidence possible sur l'environnement.

Le lisier de porc est un produit relativement homogène souvent considéré comme équivalent au phosphate d'ammonium. Il est utilisé comme fertilisant naturel



sur des prairies ou des cultures comme le blé ou le maïs. La volatilisation d'ammoniac provoque donc une réduction de la valeur azotée du lisier et donc directement une réduction de la valeur fertilisante du lisier épandu. Pendant le stockage et à l'épandage, le taux de volatilisation de l'ammoniac varie en fonction de nombreux paramètres comme les conditions climatiques au stockage comme à l'épandage, du pH et de la composition du lisier... On estime actuellement que les taux de volatilisation d'ammoniac au stockage varie entre 5 et 15 % de la quantité totale d'azote du lisier pour une durée de 180 à 250 jours (*De Bode, 1990*) et entre 5 et 25 % de l'azote total pendant et dans les trois jours qui suivent l'épandage (*Pain et al., 1989 - Hoff et al., 1981*).

Lisier et odeurs

Avec l'augmentation de la densité d'élevages dans certaines régions, on assiste à une concurrence directe quant à l'occupation des sols entre la population urbaine et la population rurale. Comme pour toutes les autres productions hors-sol, la disponibilité d'hectares pour le plan d'épandage devient une des principales préoccupations des éleveurs qui s'installent ou qui souhaitent agrandir leur exploitation. Depuis ces dix dernières années, le nombre de contentieux entre éleveurs de porcs, et proche voisinage est de plus en plus important. Initialement, le point de départ des contentieux était les nuisances olfactives à l'épandage mais on assiste depuis quelques années à une augmentation croissante de plaintes liées aux odeurs émises par les bâtiments d'élevage.

En production porcine, il existe deux sources odorantes : l'animal et les déchets liés à la production. De ce fait, la localisation de ces sources odorantes est double :

- **le bâtiment** abritant à la fois les animaux et les déchets (déjections, déchets d'aliments ...). Dans les bâtiments, le stockage des déjections serait responsable de plus de la moitié des odeurs émises par les bâtiments (*Guingand et al., 1996*).
- **les terres d'épandage** : les nuisances olfactives sont épisodiques mais souvent intenses. Les zones touchées peuvent être plus ou moins éloignées en fonction des conditions climatiques (vitesse et direction des vents, température, hygrométrie relative) lors de l'épandage des déjections.

Les odeurs émises en production porcine sont complexes du fait de la multitude de composants présents et des interactions existantes. De nombreuses études ont été réalisées pour caractériser l'air à la sortie des bâtiments et à l'épandage. Les analyses physico-chimiques de l'air émis par les bâtiments d'engraissement montrent que ce dernier s'avère très peu chargé en polluants (tableau 1 - *Guingand et al., 1996*) ; résultats qui confirment ceux obtenus par *Spoelstra* en 1980 et *Klarenbeek et al.* en 1982. Pour de nombreux composants malodorants, les concentrations sont inférieures aux seuils de détection des méthodes d'analyses utilisées bien que ces dernières soient parmi les plus sensibles. De nombreuses équipes de recherche ont tenté de mettre en évidence l'existence d'un composant ou une famille

de composés chimiques représentative du niveau d'odeur des bâtiments (ex : ammoniac) et à l'épandage (ex : H₂S). Dans un cas comme dans un autre, la corrélation entre l'indicateur chimique étudié et le niveau d'odeur émise est mauvaise. Ainsi actuelle, seule l'olfactométrie permet la détermination du niveau d'odeurs émises par une source mais malheureusement, cette méthode de mesure est lourde et coûteuse en personnel (nécessité d'un jury) et en temps.

Il existe actuellement sur le marché une multitude de produits qualifiés de désodorisants. Ces produits à introduire dans la pré-fosse ou dans la tonne avant épandage sont composés de bactéries, d'enzymes qui détruisent les composants malodorants ou empêchent leurs formations ou de produits chimiques qui masquent les odeurs. Cependant, les seules références actuellement existantes sur l'efficacité de ces produits en matière de désodorisation sont fournies par les sociétés productrices et/ou distributrices de ces produits et manquent donc d'objectivité. Un projet regroupant différents organismes de la filière porcine (ITP, UGPVB et EDE) a été élaboré pour étudier ces produits et déterminer leurs efficacités réelles. L'addition de produits n'est cependant pas la seule voie à explorer pour réduire les odeurs.

Certaines modifications dans la gestion du lisier, comme par exemple la durée de stockage du lisier en bâtiment et l'utilisation de matériels d'épandage comme les pendillards et les injecteurs, devraient permettre de limiter les émissions d'odeurs des bâtiments et à l'épandage.



Conclusions

Dans des conditions normales d'élevages, les concentrations en ammoniac observées sont inférieures aux valeurs d'exposition recommandées pour les animaux et aux normes définies par l'INRS pour les hommes travaillant dans les bâtiments. L'air extrait des bâtiments, le stockage des déjections mais aussi l'épandage du lisier provoquent l'émission d'une part plus ou moins importante d'azote sous forme d'am-

moniac dans l'atmosphère. A plus ou moins long terme, cet ammoniac additionné aux quantités non négligeables émises par les autres secteurs agricoles et industriels pourrait représenter un facteur supplémentaire de la pollution de l'air. A plus court terme, le problème des nuisances olfactives risque de conditionner le développement de la production porcine.

Il reste actuellement un certain nombre de voies à explorer pour tenter de résoudre le problème

des nuisances olfactives et des émissions d'ammoniac. Il apparaît urgent, au regard de nos concurrents européens producteurs de porcs, d'engager de nouveaux programmes de recherche sur ces sujets. Cependant, ces recherches doivent permettre l'élaboration de techniques de réduction à la fois efficaces mais aussi économiquement viables au niveau des élevages porcins français. ■

Références bibliographiques

- AARNINK A.J.A., WAGEMANS M.J.M. & KEEN A. (1992) - Factors affecting ammonia emission from housing for weaned piglets - In : Nitrogen flow in pig production and environmental consequences : 286-294
- CHAUVEL J., GRANIER R. (1994) - Incidence de l'utilisation d'aliments à taux azotés décroissants sur les performances zootechniques et les rejets du porc charcutier - 26^{ème} Journées de la Recherche Porcine : 97-106
- CURTIS S.E., ANDERSON C.R., SIMON J., JENSEN A.H., DAY D.L., KELLEY K.W. (1975) - Effects of aerial ammonia, hydrogen sulfide and swine-house dust on rate of gain and respiratory-tract structure in swine - Journal of Animal Science vol 41 n°3 : 735-739
- DAGORN J., BADOUARD B., BOULOT S. (1997) - Caractéristiques des élevages nominés au prix des cochons d'or en 1994, 1995 et 1996 - Techni-Porc Mai-Juin n°3 : 7-15
- DE BODE M.J.C. (1990) - Odour and ammonia emissions from manure storage - Odour and ammonia emissions from livestock farming - Elsevier Applied Science : 59-66
- DOIG P.A., WILLOUGHBY R.A. (1971) - Response of swine to atmospheric ammonia and organic dust - J.A.V.M.A. vol 159 n°11 : 1353-1361
- DOURMAD J.Y., GUILLOU D., NOBLET J. (1992) - Development of a calculation model for predicting the amount of N excreted by the pig : effect of feeding, physiological stage and performance - Livestock Production Science 31 : 95-107
- ELZING A., KROODSMA W., SCHOLTENS R. & UENK G.H. (1992) - Ammoniakmetingen in een modelsysteem van een rendveestal : Theoretische beschouwingen, IMAG-DLO rapport 92-3, Wageningen
- GRANIER R., GUINGAND N. & MASSABIE P. (1996) - Influence du niveau d'hygrométrie, de température et du taux de renouvellement de l'air sur l'évolution des teneurs en ammoniac dans l'air ambiant et de l'air extrait de porcheries d'engraissement - Journées de la Recherche Porcine : 209-216
- GROENESTEIN C.M. (1994) - Ammonia emission from pig houses after frequent removal of slurry with scrapers - Ageng Milan - XII World Congress on Agricultural Engineering - 543-550
- GUINGAND N., GRANIER R., MASSABIE P. (1996) - Etude de filières de désodorisation de l'air extrait de porcherie d'engraissement - 28^{ème} Journées de la Recherche Porcine : 217-224
- GUINGAND N. (1997) - Maîtrise de la qualité de l'air en élevages porcins, avicoles et bovins pour un meilleur confort des



animaux, du personnel et une meilleure protection de l'environnement » - Rapport final action ACTA : 30 pages.

- HOFF J.D., NELSON D.W., SUTTON A.L. (1981) - Ammonia volatilization from liquid swine manure applied to cropland - Env. Quality vol 10 n°1:90-95
- INRS (1986) - Valeurs limites pour les concentrations des substances dangereuses dans l'air des lieux de travail - Cahier de notes documentaires n°125 4ème trimestre : 549-585
- ITP (1993) - Mémento de l'éleveur de porc - 5ème édition, 381 pages
- JARVIS S.C., PAIN B.F. (1990) - Ammonia volatilization from agricultural land - The Fertilizer Society Proceeding, n° 298.
- KLARENBEK J.V., JONGEBREUR A.A., BEUMER S.C.C. (1982) - IMAG report 48, Wageningen
- MALAYER J.R., KELLY D.T., DIEKMAN M.A., BRANDT K.E., SUTTON A.L., LONG G.G., JONES D.D. (1987) - Influence of manure gases on puberty in gilts - J.Anim. Sci. 64 : 1476-1483
- OLDENBURG J. (1993) - Ammonia emissions from various pig housing systems - In : Nitrogen flow in pig production and environmental consequences 340-343
- O'NEIL D.H. & PHILLIPS V.R. (1992) - A review of the control of odour nuisance from livestock buildings : Part 3, Properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them - J. Agric. Engng. Res. 53 : 23-50
- OOSTHOEK J., KROODSMA W. & HOEKSMAN P. (1990) - Ammonia emissions from dairy and pig housing systems - In : Odour and ammonia emissions from livestock production - Elsevier Applied Science : 31-41
- PAIN B.F., PHILLIPS V.R., CLARKSON C.R., KLARENBEK J.V. (1989) - Loss of nitrogen through ammonia volatilization during and following application of pig or cattle slurry to grassland - Journal of the Science of Food and Agriculture 47 : 1-12
- SPOELSTRA S.F. (1980) - Origin of objectionable odorous components in piggery wastes and the possibility of applying indicator component for studying odour development - Agriculture and Environment 5:241-260
- STOMBAUGH D.P., TEAGUE H.S., ROLLER W.L. (1969) - Effects of atmospheric ammonia on the pigs - Journal of Animal Science 28 : 844-847