

Qualité de l'atmosphère à proximité des bâtiments d'élevage

Alfred Marquis, Philippe Marchal

Les émissions atmosphériques provenant des installations d'élevage (bâtiments et entreposage des déjections) peuvent prendre la forme de gaz, de particules solides ou de poussières, d'odeurs et de bruit. Les polluants aériens peuvent être considérés comme étant l'addition à l'atmosphère de tout ce qui peut avoir des effets néfastes sur la vie. Certains contaminants de l'air, sans nuire à la santé des humains, des animaux et des végétaux, constituent une nuisance décelée par un ou l'autre des sens et ont une action sur le bien-être et les biens ; certaines poussières, les odeurs et le bruit font partie de cette catégorie. Plusieurs gaz émis des bâtiments d'élevage et des unités d'entreposage des déjections ont des effets polluants et/ou occasionnent des odeurs : il s'agit principalement du gaz carbonique, de l'ammoniac et du méthane. Le gaz carbonique et le méthane sont considérés

parmi les gaz à effet de serre tandis que l'ammoniac contribue au cycle des précipitations acides. Les poussières sont constituées de particules en suspension dans l'air. Elles peuvent transporter des micro-organismes, des gaz (certains vecteurs d'odeurs), de la vapeur d'eau et d'autres substances. Généralement considérées comme faisant partie des nuisances, elles proviennent surtout de particules émises à partir de la surface des animaux (peau, poils, etc.), des aliments et des déjections. Certaines particules transportent, des micro-organismes potentiellement pathogènes, ou en sont constituées, et font partie des polluants.

Les unités d'élevage ne doivent pas occasionner de pollution ou de nuisance à des niveaux inacceptables par les communautés affectées. L'intensification de la production, qui est souvent accompagnée par l'augmentation de la taille de chaque unité et de leur concentration géographique, a fait ressortir le besoin de réglementation ou de législation touchant les émissions atmosphériques. Les nuisances occasionnant généralement des effets locaux ont conduit à la mise en place de réglementations régionales ou nationales relatives aux odeurs et aux poussières. Les polluants pouvant se déplacer sur de grandes distances sont surtout régis par une multitude de protocoles internationaux dont, en particulier, les ententes touchant le déplacement de polluants contribuant aux pluies acides et celles touchant les changements climatiques (gaz à « effet

de serre »). Divers pays ont pris des engagements relatifs à ces accords internationaux et des équipes souvent internationales ont entrepris des recherches pour mieux comprendre les mécanismes d'émission et de dispersion des polluants aériens et des nuisances. Des recherches ont également été entreprises afin de contrôler les émissions à leurs sources ou encore de transformer ces produits en d'autres substances moins dommageables pour l'environnement.

Les effets des émissions aériennes sur le bien-être des animaux et la santé des travailleurs dans les bâtiments ainsi que leurs effets dans l'environnement et à l'extérieur des bâtiments ont fait l'objet d'une grande activité de recherche au cours des dernières années. L'air de ventilation est le moyen de transport des polluants et nuisances des bâtiments vers l'environnement extérieur (*photos 1A et 1B*). S'y ajoutent ceux se dégageant des unités d'entreposage des déjections (*photos 2A et 2B*) et de certains produits d'alimentation des animaux tel que l'ensilage.

Le présent article dresse l'état des connaissances sur l'émission et la diffusion des nuisances et des polluants aériens provenant des unités d'élevage. Plusieurs documents récents fournissent des résultats de recherche [1, 2] qui ont permis d'établir une liste exhaustive de références. Pour notre part, nous avons visé dans cet article à produire un document d'information et de réflexion, préalable à une recherche appliquée portant sur ce sujet.

A. Marquis : Département des sols et de génie agro-alimentaire, Université Laval, Québec, G1K 7P4, Canada.

P. Marchal : CEMAGREF, Groupement de Rennes, 17, avenue de Cucillé, 35044 Rennes cedex, France.

Tirés à part : P. Marchal



Photos 1A et 1B. Les polluants et les nuisances s'échappent des bâtiments d'élevage dans l'air de ventilation.

Photos 1A et 1B. Pollutants and nuisances leave livestock buildings through the ventilation system.



Émissions et diffusions de gaz

Ammoniac

L'ammoniac est émis dans l'air de ventilation suite à la décomposition des déjections des animaux qui séjournent un certain temps dans le bâtiment. Il y a également dégagement d'ammoniac à partir des surfaces de lisier ou de fumier qui ne sont pas recouvertes d'une structure étanche (encadré 1).

L'émission d'ammoniac des bâtiments d'élevage et des sites d'entreposage de déjections est généralement inférieure à la norme française [6] relative aux rejets de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation qui est de 50 mg/m^3 (soit approximativement 72 ppm) si le débit massique horaire d'ammoniac dépasse 100 g/h. L'ammoniac est toutefois reconnu comme un gaz

contribuant aux précipitations acides. Plusieurs pays ont signé des accords internationaux et pris des engagements en vue de réduire les quantités transportées sur de longues distances de certains polluants ; ils se sont fixé des objectifs de réduction des émissions d'ammoniac. C'est ainsi que la Hollande se donnait comme objectif de réduire, d'ici l'an 2000, ses émissions d'ammoniac de 70 % par rapport à celles de 1980 [7]. Plusieurs chercheurs [8, 9] considèrent que les meilleures façons de réduire les émissions d'ammoniac doivent s'appliquer à la source : réduire l'émission provenant des déjections en changeant la composition des aliments ; réduire l'échange d'air entre les zones souillées par les déjections et le parquet d'élevage ; réduire le pH des lisiers ; réduire les surfaces sur caillebotis ainsi que les surfaces des parties souillées et maintenir les planchers secs et propres.

Le type de ventilation et le taux de ventilation ont de l'influence sur l'émission

d'ammoniac par les bâtiments d'élevage [10, 11]. Ainsi une augmentation du taux de ventilation (ex. : ventilation d'été) diminue la concentration d'ammoniac dans le bâtiment mais augmente l'émission totale d'ammoniac à l'extérieur. Ceci fait ressortir une contradiction entre la qualité de l'air dans le bâtiment et hors de celui-ci. Pour satisfaire un objectif environnemental, on pourrait être tenté [12] de réduire les émissions d'ammoniac vers l'air extérieur en sacrifiant la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments, occasionnant ainsi des problèmes de performances à la production, de bien-être des animaux et de santé des travailleurs [13]. Les émissions d'ammoniac du bâtiment d'élevage peuvent être considérablement réduites en changeant le système de gestion des déjections [14]. Par exemple, dans les élevages de poules pondeuses, les émissions sont passées de 386 grammes de NH_3 par poule et par an avec un système d'entreposage dans une fosse profonde à 10 grammes de NH_3 par poule et par an avec un système à courroie sortant les déjections deux fois par jour. Les déjections animales entreposées, en particulier les lisiers,

Encadré 1

Origine des émissions d'ammoniac

Plus de 80 % des émissions d'ammoniac en Europe seraient d'origine agricole parmi lesquelles 95 % proviendraient des déjections animales [3]. Les pertes par les bâtiments et le stockage des déjections représentent environ 40 % des émissions d'origine animale, le reste étant émis lors de l'épandage des déjections [4]. Plusieurs facteurs influencent la quantité d'ammoniac produite dans les bâtiments d'élevage et par conséquent émise dans l'air extérieur par la ventilation. Citons, en particulier : le type d'animaux, la composition des aliments, le système de manutention des déjections, la conception du bâtiment, le système de ventilation, la saison, le climat [5].

Source of ammonia emissions



Photos 2A et 2B.
Les émissions atmosphériques des unités de stockage des déjections s'ajoutent à celles des bâtiments d'élevage.

Photos 2A et 2B.
Atmospheric emissions from waste storage units are added to emissions from livestock buildings



émettent de l'ammoniac dans l'environnement et les émissions des fosses peuvent représenter jusqu'à 70 % des émissions d'ammoniac d'un élevage [15]. Plusieurs modèles ont été développés afin de prédire les taux d'émission d'ammoniac des unités de stockage de lisier [16, 17]. Une augmentation de la température accroît l'émission d'ammoniac, de même que l'augmentation du pH de la masse liquide. Un accroissement de la vitesse de l'air semble d'abord augmenter l'émission, qui diminue par la suite étant donné la stratification de l'ammoniac dans le liquide avec une plus grande concentration dans les couches inférieures et une diminution à la surface du liquide.

Des réductions importantes d'émissions d'odeurs et d'ammoniac ont été obtenues en couvrant les fosses à lisier (plus de 90 % en utilisant une couche d'huile de 2,5 à 10 mm à la surface du lisier et jusqu'à 100 % en fonction des types de couverture et des saisons) [18-20]. Des

techniques de lavage d'air ou de filtration ont été utilisées en recherche pour réduire les émissions d'ammoniac et d'odeurs de l'air de ventilation des bâtiments d'élevage. Les biofiltres, quoique efficaces pour l'ammoniac [21-23], ne sont pas employés par les producteurs étant donné leurs coûts élevés d'installation et d'opération [24, 25]. Il en est de même des méthodes de couverture des fosses ou des surfaces de lisier dont les coûts sont importants sans contribuer aux bénéfices des entreprises ; cependant, des couvertures de fosses sont installées en Hollande suite à une réglementation spécifique. Plutôt que d'améliorer la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments, il apparaît préférable et probablement plus économique de prévenir les émissions à la source. Les mécanismes de formation et d'émission d'ammoniac à partir des unités de production animale sont relativement bien connus, même si plusieurs facteurs à la fois chimiques, biologiques et physiques sont impliqués.

Il reste un travail considérable de recherche à réaliser pour comprendre et modéliser le procédé d'émission lorsque plusieurs facteurs entrent en jeu en situation réelle. Il faut considérer la question dans son ensemble, en évitant de résoudre un problème en en créant un autre.

Certains systèmes reposant sur l'épuration de l'air de ventilation sont efficaces, mais ne peuvent être utilisés qu'en ventilation forcée et centralisée ; leur utilisation est impraticable en ventilation naturelle. Les biofiltres semblent les plus intéressants, mais leur installation et leur opération sont encore trop coûteuses pour qu'ils soient acceptés par les producteurs. Il en est de même des différentes méthodes de recouvrement des unités de stockage qui ne sont utilisées qu'en association à une réglementation en requérant l'usage. Il apparaît donc que les recherches portant sur les réductions des émissions à la source, soit au niveau de la composition des aliments des animaux, soit à celui des systèmes de manutention des déjections, sont à privilégier pour les futures recherches susceptibles d'avoir des effets bénéfiques sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments avec, en prime, une amélioration de la productivité assurant une meilleure acceptation de la technologie.

Gaz carbonique

La production de gaz carbonique (CO₂) par les animaux d'élevage résulte surtout (plus de 96 %) de leur respiration [26], le solde étant produit par la dégradation des déjections. Le gaz carbonique est évacué des bâtiments par la ventilation. Étant donné que la quantité de CO₂ produite par la respiration des animaux est relativement bien définie, un bilan de CO₂ est souvent effectué dans les élevages pour estimer les débits de ventilation. Cette pratique s'avère particulièrement utile pour les bâtiments ventilés naturellement. Dans l'élaboration des indicateurs agro-environnementaux, l'OCDE exprime en équivalent CO₂ la contribution, à des degrés divers des différents gaz, au réchauffement de la planète [27]. Peu de choses peuvent être faites pour réduire les émissions de CO₂ par les élevages, si ce n'est de maintenir les animaux dans la zone de confort thermique où la production de chaleur est à son optimum. Des moyens chimiques pourraient être utilisés mais ils ne présentent pas d'intérêt. À titre d'exemple, la norme française [6]

relative aux rejets de toutes natures, article 62, exige qu'un bilan des émissions des gaz à effet de serre émis sur l'ensemble d'un site soit établi annuellement et transmis au préfet dès lors que les émissions annuelles de CO₂ dépassent 10 000 tonnes (encadré 2).

Encadré 2

Exemple de production de CO₂

Considérons une vache laitière de 500 kilogrammes dans un bâtiment maintenue à 15 °C :

- elle produit 1 050 watts de chaleur totale ;
- elle produit également, par respiration, 0,163 litre de CO₂ par heure et par watt de chaleur totale [1] ;
- elle produit donc annuellement 2,8 tonnes de CO₂.

Un troupeau devrait compter 3 570 vaches laitières pour atteindre 10 000 tonnes par année.

An example of CO₂ production

Méthane

La concentration moyenne actuelle de méthane dans l'atmosphère est d'environ 1,7 ppm comparé à 0,6-0,8 ppm avant 1800 [28]. La fermentation entérique des animaux domestiques représente environ 12,5 % du flux d'entrée de CH₄ dans l'atmosphère (80 MT) [29]. Les fumiers et lisiers représentent 4,7 % (30 MT). Si on cherche à répartir la production entérique entre les différentes espèces animales, il apparaît que les bovins représentent plus de 70 % de cette production et que les ruminants dans leur ensemble sont responsables de plus de 90 %. La contribution totale du méthane à l'effet de serre se situerait entre 15 et 20 % [30]. Malgré la quantité relativement faible de méthane dans l'atmosphère, ce gaz absorbe une grande quantité de radiation infrarouge (IR) (1 g de méthane absorbe environ 70 fois plus de radiations IR que 1 g de CO₂ [31]). Le méthane de la fermentation entérique des animaux gardés en réclusion, de même que celui provenant de la

fermentation anaérobie des déjections à l'intérieur des bâtiments, est évacué par la ventilation. Les unités de stockage des déjections émettent du méthane qui est dégagé dans l'atmosphère si des mesures ne sont pas prises pour le récupérer, voire essayer de le valoriser.

Il y a beaucoup de variations dans les valeurs proposées de la production de méthane par fermentation entérique. Phillips *et al.* [32] ont obtenu une production de CH₄ de environ 1 g/h/500 kg de poids vif pour les porcs et 10 g/h/500 kg de poids vif pour les bovins, ce qui est très inférieur aux données antérieures. Un travail de recherche considérable reste nécessaire pour déterminer les émissions de méthane des bâtiments d'élevage pour les différentes espèces animales.

Peu d'études ont été réalisées pour déterminer les quantités de méthane émises par les unités de stockage des déjections animales, sauf par le lisier de porc entreposé [33]. Si les déjections sont gérées en conditions aérobies, au contact d'oxygène, alors la production de méthane est minime. Si les déjections sont maintenues en conditions anaérobies (lagunes, stockage liquide en fosses), la production de méthane peut être élevée. La composition spécifique des déjections animales détermine leur capacité maximale de production de méthane ; cette composition est fonction de l'alimentation des animaux : plus celle-ci est énergétique et digestible, plus grande est la capacité de production de méthane. Ici aussi, les résultats obtenus sont très hétérogènes, ce qui indique clairement des besoins de recherche pour mieux cerner l'influence de certains facteurs.

La production de méthane par fermentation entérique dépend de l'espèce animale et serait particulièrement élevée chez les ruminants. Elle est fonction de l'alimentation et croît avec la quantité de matière sèche ingérée. Il apparaît cependant que la perte de méthane par kilogramme de lait produit par les vaches laitières est d'autant plus faible que le niveau de production est élevé. La production de méthane est élevée lorsque les déjections sont maintenues en anaérobiose, mais pratiquement inexistante avec la gestion des déjections sous forme solide ou lorsqu'il y a aération des lisiers. Les facteurs climatiques (température et précipitations) sont utilisés par certains auteurs [34] pour calculer les émissions de méthane liées aux déjections animales

dans le monde, résultats qui devront être confirmés par la recherche. Les ententes internationales telles que la Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCCC) favorisent le contrôle des émissions de méthane.

Un effort de modélisation sera difficile en la matière tant que des données plus précises ne seront pas disponibles pour établir l'impact de divers facteurs sur les émissions, ce qui permettrait de cibler les interventions économiquement efficaces à mettre en œuvre pour les réduire, notamment en récupérant et utilisant le biogaz provenant des déjections animales. Des efforts doivent être poursuivis pour valider la valorisation du biogaz dans les conditions locales.

Les émissions annuelles de CH₄ pour l'ensemble d'un site ne doivent pas dépasser 100 tonnes par année pour respecter la norme française [6] (encadré 3).

Émissions et diffusions de poussières

Les animaux gardés à l'intérieur de bâtiments fermés sont susceptibles de générer des poussières qui seront entraînées à l'extérieur par l'air de ventilation. La

Encadré 3

Exemple de production de méthane

Considérons la production entérique de méthane d'une vache laitière de 500 kilogrammes :

- elle produit environ 0,5 mètre cube ou 0,34 kilogramme par jour de méthane [1] ;
- ceci correspond à : 124 kilogrammes par année.

Il faudrait donc un troupeau de plus de 800 vaches pour atteindre 100 tonnes. Ce nombre pourrait être réduit si la manutention des déjections se faisait sous forme liquide sans valorisation du méthane produit.

An example of methane production

Summary

Atmospheric quality around animal buildings

A. Marquis, P. Marchal

Atmospheric emissions from animal production units can occur in the form of gases, solids, airborne particles and dust, odors and noise (Figure 1). The main gases emitted from farm buildings and known for their potentially detrimental or hazardous effects on the atmosphere are: ammonia (which contributes to the acid-precipitation cycle), carbon dioxide and methane (which are known to be involved in climate change). Airborne particles can act as carriers of gases (some odorous compounds), micro-organisms, water vapour and other substances. Nuisances are detected through sensations (human physiological reactions) and have effects on human well-being. Dust particles, odors and noise are generally classified in this category.

Aerial pollutants and nuisances are emitted in the atmosphere around animal buildings through ventilation systems (Photos 1A and 1B), or by waste storage facilities which are generally not covered (Photos 2A and 2B). The marked expansion and concentration of animal units and the switch to liquid manure handling at many units has led to more complaints concerning air pollution and nuisances. Rules and legislation have been passed in most countries that provide incentives for the development of methods to control and reduce emissions. Gas pollutants travel on long distances and are regulated by international conventions, particularly those drawn up to control acid precipitation and climate change.

In recent years, there has been a substantial increase in research activities aimed at enhancing the overall understanding of mechanisms involved in the emission and dispersion of aerial pollutants and nuisances around animal buildings. Techniques to control emissions at the source are more readily accepted by farmers. They also generally bring benefits by improving air quality inside buildings, thus improving animal performance and behavior and conditions for the well-being and health of farm workers. Biofilters, which are effective for reducing some gases or odours from ventilation systems, are too costly to be accepted by producers. This is also the case concerning effective covering of manure stores, which is only carried out when stipulated by government regulations.

There are many parameters involved with respect to the emission of pollutants and nuisances, thus explaining the wide variations noted in research results. This also applies for control strategies, making technological design choices relatively difficult. Most of these technologies are energy-consuming and increase farmers' expenses. However, they are needed to promote sustainable animal production and maintain good relationships between different stakeholders in rural areas.

Cahiers Agricultures 1998 ; 7 : 377-85

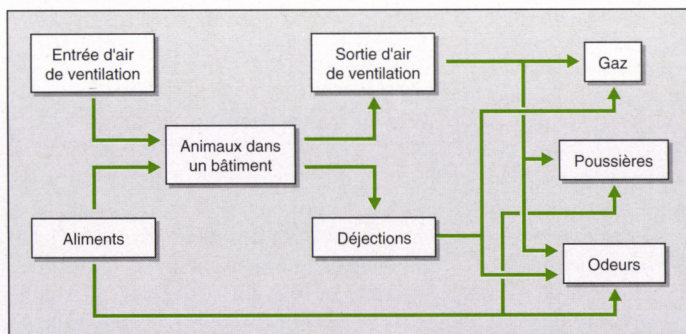


Figure. Origine des polluants et nuisances provenant des unités de production animales.

Figure. Origin of pollutants and nuisances from livestock production units.

production de poussières est influencée par plusieurs facteurs dont les principaux sont l'espèce animale, le climat, le système d'alimentation, la régie de l'élevage,

la méthode de collecte des déjections, l'activité des animaux. La quantité de poussières peut varier considérablement au cours d'une journée et est liée à l'acti-

tivité des animaux. Des mesures de poussières totales dans l'air des bâtiments d'élevage et dans plusieurs pays ont donné les résultats suivants [35] : porcherie de maternité : 1,4-1,8 mg/m³ ; porcherie d'engraissement : 0,8-10 mg/m³ ; poules pondeuses en cages : 1,5 mg/m³ ; poules pondeuses sur litières : 6-40 mg/m³.

Une étude portant sur treize porcheries d'engraissement [36] a montré que le nombre de bactéries dans l'air de ventilation à 10 mètres d'une sortie n'était que 0,2 % de ce qu'il était à la sortie du bâtiment. À cette distance, le contenu en poussière respirable ne correspondait plus qu'à 11 % de la concentration à la sortie du bâtiment. Les particules de poussières dans l'air peuvent, cependant, transporter des micro-organismes pathogènes nuisibles pour la santé des animaux ou peut-être même des humains vivant à proximité. Certaines bactéries pathogènes peuvent demeurer viables lors des déplacements de plusieurs kilomètres dans l'air extérieur [37]. Le virus de la maladie d'Aujeszky se propage par voie aérienne sur de grandes distances (15 à 40 km et même 80 km dans les cas extrêmes) [38], le temps de survie du virus dans l'air à 25 °C étant de 1 heure et demie. Le virus du syndrome dysgénésique et respiratoire du porc semble également transmis par voie aérienne.

Bien que les poussières existantes dans les bâtiments d'élevage puissent avoir des conséquences sur le bien-être et la santé des animaux et des travailleurs, elles sont loin des maximum permis dans l'air de ventilation de sources ponctuelles. À titre d'exemple, l'article 27 de l'Arrêté du 1^{er} mars 1993 (Journal Officiel de la République française) présente les valeurs réglementaires suivantes : si le débit massique horaire de poussières totales est inférieur ou égal à 1 kg/h, la valeur limite de leur concentration est de 100 mg/m³ ; si le débit massique horaire de poussières totales est supérieur à 1 kg/h, la valeur limite de leur concentration est de 50 mg/m³.

Plusieurs moyens peuvent être utilisés pour réduire les poussières dans l'air à l'intérieur des bâtiments d'élevage. Le plus efficace semble être une brumisation à l'aide d'huile végétale ou minérale. Des réductions de concentration de poussières de 37 à 89 % ont été obtenues en fonction de la quantité d'huile appliquée, en arrosant le plancher d'une porcherie de post-sevrage avec de

l'huile de colza [39]. Il n'est pas recommandé d'appliquer quotidiennement plus de 10 ml/m² (réduction de l'ordre de 47 %), car certaines surfaces peuvent devenir glissantes. Il n'y a pas, pour le moment, de nécessité de développer des technologies de réduction des poussières à l'extérieur des bâtiments d'élevage.

Émissions et diffusions d'odeurs

Les odeurs sont constituées d'émanations volatiles susceptibles de provoquer chez l'homme ou chez un animal des sensations dues à l'excitation de l'odorat. Celles émanant des unités d'élevage proviennent de trois sources principales : l'air de ventilation des bâtiments, les émanations des unités de stockage des déjections, les émanations lors de l'épandage des déjections sur les sols agricoles. Une enquête auprès de l'Union des producteurs agricoles du Québec a montré que 10 % des plaintes touchant les odeurs des élevages agricoles étaient reliées aux bâtiments, 20 % aux unités de stockage des déjections et 70 % lors des épandages. Notre analyse portera sur les polluants et nuisances proches des bâtiments d'élevage ; les odeurs lors des épandages ne seront pas prises en considération.

Les substances odorantes sous forme de gaz ou de substances dissoutes dans un aérosol sont des composés chimiques dont la sensation, évaluée par l'individu, peut être influencée par son comportement psychologique et même physiologique. Cent soixante-huit composés chimiques seraient susceptibles de dégager des odeurs, dans les parties liquides et solides des déjections ainsi que dans l'air à l'intérieur des bâtiments d'élevage [40]. La contribution de chaque composé et l'effet associatif de mélanges de plusieurs composés à la création d'une odeur sont difficiles à établir ; c'est pourquoi une mesure directe de l'intensité et de la qualité d'une odeur à l'aide d'un appareil n'existe pas (encadré 4).

Les odeurs étaient jusqu'à présent classées parmi les nuisances, étant donné leur atteinte au bien-être des personnes et non à leur santé. Depuis quelques années, cependant, la littérature indique que les odeurs provenant de grandes uni-

tés de productions animales pourraient causer des nausées, maux de tête, insomnies, maux d'estomac, pertes d'appétit, dépressions. Ces informations tendent à ranger les odeurs parmi les polluants plutôt que les nuisances, ce qui peut avoir une grande influence sur les futures normes et législations les concernant.

L'augmentation des plaintes par les personnes vivant dans le voisinage des élevages, avec en particulier le changement de dimensions des installations accompagné de changement dans les méthodes de production et de gestion des déjections, a conduit à l'établissement de normes ou de législations afin de maintenir l'harmonie dans les milieux ruraux. L'orientation des élevages vers le stockage des déjections sous forme liquide (lisiers) a augmenté l'émission d'odeurs due à la fermentation en anaérobiose. Pour des raisons agronomiques ou pour limiter la pollution de l'eau et du sol, on a augmenté la période de stockage des déjections en augmentant aussi l'émission d'odeurs dans l'atmosphère avoisinant les élevages. Plusieurs variables interviennent en la matière : nombre d'animaux et d'espèces, type de bâtiment, système de manutention des déjections, matériel utilisé pour l'alimentation. Les particularités climatiques et topographiques influencent la dispersion dans le milieu, les impacts environnementaux inhérents à la gestion des déjections sous forme liquide étant plus marqués sur le plan de la contamination des eaux et du dégagement d'odeurs [44].

Des réglementations et législations sont utilisées afin de favoriser une meilleure cohabitation en milieu rural et de maintenir à un niveau acceptable les inconvénients inhérents à la pratique de l'élevage, notamment en respectant des distances adéquates entre les installations d'élevage et le voisinage : l'éloignement de la source est privilégié comme moyen d'atténuer les inconvénients de voisinage. Divers paramètres peuvent être utilisés pour déterminer les distances entre les différents usagers et les bâtiments d'élevage ; ils tiennent compte du type d'élevage, de sa dimension, du mode de gestion des déjections, du matériel utilisé pour l'alimentation, des technologies utilisées (ventilation, toiture sur le lieu d'entreposage des déjections, technologie de traitement ou de désodorisation), de particularités climatiques ou topographiques. Ces paramètres proviennent de mesures olfactométriques ainsi que de l'usage et des pratiques reconnues dans

Encadré 4

Les mesures d'odeurs

Depuis peu, des méthodes valables de mesure et de caractérisation d'odeurs [41] ont été utilisées :

- une méthode physico-chimique où l'on recherche dans l'atmosphère les éléments chimiques susceptibles de créer une sensation olfactive ;
- une méthode avec olfactométrie et jury d'odeurs afin de déterminer la présence d'une odeur et son intensité à l'émission et dans l'environnement ;
- une méthode d'enquête autour d'un site déterminé, pour définir la gêne supportée par la population.

La mise en œuvre de ces méthodes reste encore relativement complexe et onéreuse. Des programmes de recherche à grande échelle n'ont pas permis de dégager jusqu'à présent de règles de relations univoques entre puissance et nuisance odorante : une même concentration d'odeur ne donne pas nécessairement une nuisance équivalente et la mesure de concentration (puissance) ne reflète pas l'importance relative de la sensation, puisque le taux de croissance de l'intensité avec la concentration d'odeur varie d'une substance odorante à l'autre [42]. L'olfactométrie utilisant l'odorat humain permet une détermination relative de la concentration et de l'intensité des odeurs ; des efforts sont en cours à cet égard pour normaliser les méthodes de mesure à plusieurs endroits sur le globe [43].

Odour measurements

leurs régions d'utilisation. Plusieurs pays (Allemagne, Pays-Bas, Suisse, Autriche, Australie, Nouvelle-Zélande, plusieurs États américains et provinces canadiennes) ont des réglementations sévères pour contrôler les odeurs. Certains projets n'obtiennent pas de permis de construction, bien que les distances minimales recommandées soient respectées [45].

La dispersion des substances odorantes dans l'atmosphère peut être expliquée en utilisant divers modèles développés pour étudier la dispersion des gaz, tel que le modèle de Gauss [1]. Le calcul de la concentration de substance odorante ne correspond cependant pas à la concentration de l'odeur qui mesure une sensation perçue par l'humain sans être le reflet exact de la concentration. Les modèles utilisés donnent des résultats très différents [46], la vitesse du vent et le taux d'émission d'odeurs à la source semblant les deux variables les plus importantes dans la prédiction des concentrations.

L'émission d'odeurs d'un réservoir à lisier ouvert et soumis à diverses vitesses de vent a été modélisée [47]. Les prédictions de taux d'émission du modèle donnaient des résultats semblables à ceux de la littérature, les taux d'émission d'odeurs calculés étant fonction de la surface de lisier, de la concentration d'odeurs à la surface, des dimensions du réservoir et de la vitesse du vent. Plusieurs modèles empiriques ont été développés afin d'établir les distances séparant les établissements d'élevage des autres utilisateurs en milieu rural [1]. Ces modèles sont fondés sur une estimation de taux d'émission de la source d'odeurs en considérant divers paramètres : nombre d'animaux, type d'animaux et utilisation qui en est faite, système de ventilation utilisé et ses particularités, mode de gestion et d'entreposage des déjections. Les plus connus sont les modèles allemands, développés pour établir les distances de séparation entre les élevages de porcs ou de volailles et les autres utilisateurs du milieu rural. Les odeurs constituant une source de conflit des plus importantes entre les unités de production animale intensive et leurs voisins, toute action tendant à réduire les émissions à la source et à limiter les dispersions d'odeurs, aura des effets bénéfiques et permettra l'expansion et le développement de nouvelles entreprises tout en exigeant des distances raisonnables de séparation. Plusieurs techniques ont été développées à cet égard, notamment l'aération des déjections qui a été utilisée avec succès. Cette méthode demeure cependant coûteuse en investissement et en opérations [1] ; il en est ainsi des installations de traitement en aérobie, dans des bio-réacteurs, qui sont efficaces pour réduire les odeurs mais dont la rentabilité fait encore problème. Différents produits chimiques ont été testés pour réduire les odeurs des unités d'élevage [1] en les plaçant sur les déjections dans les

unités de stockage ou dans l'alimentation des animaux. Tous n'étaient pas efficaces et certains pouvaient avoir des effets secondaires sur les humains, les animaux et les plantes. Ces produits ne semblent pas apporter, pour le moment, de solution efficace pour la réduction des odeurs.

Plusieurs techniques sont reconnues pour réduire l'émission d'odeurs de ventilation [48] : dispersion des gaz odorants dans l'atmosphère (à l'aide de cheminées) ; traitement des odeurs par lavage (à l'eau usuelle, acido-basique, oxydant, réducteur) ; traitement des odeurs par voies biologiques ; traitement des odeurs par adsorption (charbon de bois) ; traitement des gaz odorants par incinération (le plus efficace et le plus onéreux).

La dispersion par cheminées n'est pas à proprement parler un procédé de traitement des odeurs : les molécules odorantes sont diluées dans l'atmosphère. Cette méthode demande beaucoup d'attention quant à la conception de l'organe d'éjection et surtout la prise en compte des conditions atmosphériques. En effet, une dilution bien conçue peut être mise en défaut par des inversions de température ou les rafales de vent. La ventilation en cheminées ne peut être appliquée pour les bâtiments ventilés naturellement. Le traitement de l'air de ventilation par voies biologiques a fait l'objet de nombreuses recherches afin de réduire les odeurs des bâtiments d'élevage (réduction pouvant atteindre 90 %), mais les biofiltres semblent obtenir la préférence. Ils sont constitués d'un matériel organique filtrant (tourbe, écorces, etc.) qui est traversé par l'air de ventilation à épurer. Les micro-organismes présents dans ce matériel filtrant maintenu humide dégradent les composés odorants [49]. Des recherches conduites en Hollande [1] ont montré l'efficacité des couvertures sur les unités de stockage de lisiers, avec réduction de l'émission d'odeurs. Les réductions ont varié de 0 à 72 %, selon le type de couverture, le matériel utilisé et la saison. Le frein principal à l'utilisation d'une couverture permanente est son prix élevé : avec ses dispositifs annexes elle coûte autant que la fosse elle-même [50]. Dès lors, il existe toujours un grand besoin de moyens efficaces, économiques, et fiables pour, d'une part, mesurer et, d'autre part, réduire les odeurs provenant des bâtiments d'élevage et des unités de stockage des déjections.

Conclusion

Les travaux de recherche récents, ayant pour but d'améliorer la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments d'élevage pour assurer une bonne performance des animaux et le bien-être des travailleurs, ont permis d'identifier et de caractériser des sources d'émissions de polluants et de nuisances, les facteurs influençant ces émissions et les moyens de les contrôler.

Les polluants et nuisances quittent les bâtiments d'élevage par l'air de ventilation et se propagent dans l'atmosphère environnante. Ils sont rejoints par les polluants et nuisances émanant des unités de stockage des déjections (et parfois d'unités de stockage d'aliment pour bétail). Les recherches touchant l'émission et la dispersion de polluants et de nuisances autour des unités de production animale ont surtout porté sur la caractérisation des sources et sur l'influence de divers facteurs sur les émissions. Il y a de grandes variations dans les résultats, étant donné que les systèmes de production sont souvent décrits de façon incomplète et que les mesures sont prises à des endroits et avec des moyens différents rendant les comparaisons difficiles. Un travail considérable a aussi été réalisé afin de modéliser la dispersion des polluants et nuisances, mais les difficultés d'établir précisément les taux d'émission, en particulier pour les odeurs, procurent des résultats très différents selon les modèles. Plusieurs moyens de réduction des émissions ont été étudiés. Certains se sont avérés très efficaces, du moins pour les odeurs et l'ammoniac. C'est le cas, en particulier, des biofiltres et des couvertures sur les fosses à lisier. Ces technologies demeurent cependant onéreuses et ne sont pas adoptées par les producteurs, à moins de législations coercitives à cet effet (couvertures des fosses en Hollande). Les moyens de réduction des émissions à la source ont plus de chance d'être acceptés s'ils ont un effet bénéfique sur les performances ou sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments.

Malgré les efforts considérables de recherche au cours des dernières années, nous sommes encore loin d'équations de prédiction permettant la conception, avec la précision nécessaire, de bâtiments d'élevage et d'unités de stockage des déjections assurant un développement durable dans ce secteur. Des travaux tendant à préciser ces taux d'émission sous diverses conditions et régies d'élevage

ainsi que des travaux portant sur le développement de technologie de réduction des polluants et des nuisances sont nécessaires à cet effet.

Des émissions importantes de polluants et de nuisances interviennent lors de l'épandage des déjections, de sorte qu'il serait préférable de traiter le problème dans sa globalité, en y incluant l'épandage, d'autant qu'un procédé de réduction des pollutions au niveau du bâtiment ou du stockage pourrait avoir une influence sur les émissions lors des épandages.

Les odeurs portent atteinte au développement de certaines productions étant donné leur impact social. Ainsi, la production porcine ne peut plus se développer dans certains milieux sous les pressions des autres utilisateurs des mêmes espaces. La production correspondante risque dès lors de régresser ou de se déplacer vers d'autres endroits, ce qui est déjà le cas en Amérique du Nord où elle gagne des zones moins densément peuplées et où il y a de l'espace pour l'épandage des déjections loin des résidences. Des mesures de réduction des émissions économiquement supportables et des législations appropriées pourraient contrer ce phénomène. Des efforts doivent dès lors être faits pour développer les techniques réduisant les impacts défavorables et maintenant les activités d'élevage compatibles avec la société rurale d'aujourd'hui et de demain ■

Références

1. CIGR. Aerial environment in animal housing – concentrations in and emissions from farm buildings. *Workings Group Report Series* – n° 94.1, 1994 ; 116 p.
2. UGPVB. *Les gaz en élevage porcin : une problématique à dominance ammoniac*. Union des groupements des producteurs de viande de Bretagne, Rennes, 1996 ; 67 p.
3. Asman WAH. *Ammonia emissions in Europe : updated emissions and emissions variations*. Rapport n° 228471008. National Institute of Public Health and Environmental protection, Bilthoven, the Netherlands : 1992 ; 88 p.
4. Hartung J, Phillips VR. Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. *J Agric Eng Res* 1994 ; 57 : 173-89.
5. Robertson JF. Dust and ammonia in pig building. Centre for rural building, Craibstone, Burckshum, Aberdeen AB2 9TR. *Farm Building Progress* 1992 : 19-24.
6. Journal Officiel de la République Française. *Arrêté du 1^{er} mars 1993 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux rejets de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation* NOR : ENV9320125 A, 1993 : 5283-302.

7. Murley L. *Clean air around the world. 3rd edition*. International union of air pollution prevention and environmental protection associations, Brighton (UK) : IUA PPA, 1995 ; 402 p.
8. Rom HB. Ammonia emission from livestock buildings in Denmark. *Livestock environment 4th international symposium*. University of Warwick, Coventry, England : ASAE, 1993 : 1161-9.
9. Voermans JAM, van Poppel F. Scraper systems in pig houses. *Livestock environment 4th international symposium*. University of Warwick, Coventry, England : ASAE, 1993 : 650-6.
10. Groenestein CM. Animal-waste management and emission of ammonia from livestock housing systems : field studies. *Livestock environment 4th international symposium*. University of Warwick, Coventry, England : ASAE, 1993 : 1169-76.
11. Granier R, Guingand N, Massabie P. Influence du niveau d'hydrométrie, de la température et du taux de renouvellement de l'air sur l'évolution des teneurs en ammoniac. *Journées de la recherche porcine en France* 1996 ; 28 : 209-16.
12. Cole DJA, Schuerink G, de Koning WJ. Ammonia in pig buildings in the Netherlands. *Pig News and Information* 1996 ; 17 : N53-6.
13. Donham JK, Hagling P, Peterson Y, Rylander R, Delin L. Environmental and health studies of workers in Swedish swine confinement buildings. *Br J of Industr Med* 1989 ; 40 : 31-7.
14. Groot Koerkamp PWG. Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources, Processes, Building Design and Manure Handling. *J Agric Eng Res* 1994 ; 59 : 73-87.
15. Hoeksma P, Verdoes N, Oosthoek J, Voermans JAM. Reduction of ammonia volatilization from pig houses using aerated slurry as recirculation liquid. *Livestock Product Sci* 1992 ; 31 : 121-32.
16. Zhang RH, Day DL, Christianson LL, Jepson WP. A computer model for predicting ammonia release rates from swine manure pits. *J Agric Eng Res* 1994 ; 58 : 223-9.
17. Cumby TR, Moses BSO, Nigro E. Gases from livestock slurries : emission kinetics. *7th international symposium on agricultural and food processing wastes*. ASAE, 1995 : 230-0.
18. De Bode MJC. Odour and ammonia emission from manure storage. In : Nielson VC, Voorburg JH, L'Hermite P, eds. *Odour and ammonia emissions from livestock farming*. London : Elsevier Applied Science, 1990 : 59-66.
19. Derikx PJJ, Aarnink AJA. Reduction on ammonia emission from slurry by application of liquid top layers. Wageningen : IMAG-DLO, 1993.
20. Sommer SG. Ammonia volatilization from slurry tanks with different surface coverings. In : *The N, P and organic matter research program 1985-1990*. Denmark : Ministry of the Environment, 1991 : 213-29.
21. Scholtens R, Denmmers TGM. Biofilters and scrubbers in the Netherlands. In : Nielsen VC, et al., eds. *Ammonia and odour emissions from livestock production*. London : Elsevier 1989 : 92-6.
22. Pearson CC, Phillips VR, Green G, Scotford IM. A minimum cost biofilter for reducing aerial emissions from a broiler chicken house. In : Dragt AJ, Van Ham J, eds. *Bio-techniques for air pollution abatement and odour control policies*. Amsterdam : 1992 : 245-54.

23. Colanbeen M, Neukermans G. Désodorisation de l'air des poulaillers par filtration biologique. *CIGR. Proceedings of the 11th international congress on agricultural engineering*. Dublin : 4-8 septembre 1989 : 1005-14.
24. Phillips VR, Scotford IM, White RP, Hartshorn RL. Minimum cost biofilters for reducing odours and other aerial emission from livestock buildings : Part 1, basic air flow aspects. *J Agric Eng Res* 1995 ; 62 : 203-14.
25. O'Neill DH, Stewart IW, Phillips VR. A review of the control of odour nuisance from livestock buildings : Part 2, the costs of odour abatement systems as predicted from ventilation requirements. *J Agric Eng Res* 1992 ; 51 : 157-65.
26. Ouwerkerk ENJ van, Pederson S. Application of the carbon dioxide mass balance method to evaluate ventilation rates in livestock buildings. *Proceedings, CIGR 12th world congress on agricultural engineering*. Milano, August 29-September 1, 1994 : 516-29.
27. OCDE. *Élaboration des indicateurs agro-environnementaux de l'OCDE*. Comité de l'Agriculture, COM/AGR/CA/ANV/EPOC(96)47, Organisation de coopération et de développement économiques 1996 ; 49 p.
28. Wang MX, Dai AG, Huang J, et al. Sources of methane in China : rice fields, cattle, coal mining, sewage treatment, and other minor sources. In : *Proceedings of methane and nitrous oxide workshop*. Tsukuba, Japan : National Institute of Agro-Environmental Sciences, 1992 : 70-88.
29. Sauvart D. Les émissions de méthane par les ruminants. In : Perrier A, eds. *Agriculture et gaz à effet de serre*. Dossier de l'environnement de l'INRA n° 10. Paris : INRA, 1995 : 7-15.
30. Martinez J, Guizoui F, Gueutier V. Émissions de méthane au cours du stockage des déjections animales. In : Perrier A, eds. *Agriculture et gaz à effet de serre*. Dossier de l'INRA n° 10. Paris : INRA, 1995 : 17-22.
31. Martinez J, Guizoui F, Gueutier V. *Émissions de méthane au cours du stockage des déjections animales*. CEMAGREF Rennes. Rapport de fin de contrat INRA-CEMAGREF N° 2710 A, 1995 ; 20 p.
32. Phillips VR, Holden MR, White RP, Sneath RW, Demmers TGM, Wathes CM. Measuring and reducing gaseous and particulate air pollution from UK livestock buildings. *7th international symposium on agricultural and food processing waste*. ASAE, 1995 : 241-51.
33. Aarnink AJA, Ouwerkerk ENJ van, Versteegen MWA. A Mathematical model for estimating the amount and composition of slurry from fattening pigs. *Livestock Product Sci* 1992 ; 31 : 121-32.
34. Safley LM, Casada ME, Woodbury JW, Ross KF. Global methane emissions from livestock and poultry manure. *United States environmental protection agency*. Report N° 400/1 - 91/048, 1992.
35. Pedersen S. Dust and Gases. In : Christiaens JPA, Sallvik K, eds. *Climatization of animal houses : 2nd Report of CIGR Section II Working Group*. 2nd revised ed. Gent, Belgium : State University of Gent, 1992 : 111-47.
36. Platz S, Scherer M, Unshelm J. Untersuchungen zur Belastung von Mastschweinen Sowie der Umgebung von Mastschweinställen durch Atembaren Feinstaub, Stallspezifische Bakterien und Ammoniak. *Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin* 1995 ; 196 : 399-415.

37. Goodwin RFW. Apparent reinfection of enzootic pneumonia free pig herds : search for possible causes. *Veterinary Record* 1995 ; 116 : 690-4.
38. Laval A. S'affranchir de la maladie d'Aujeszky. L'avenir est entre vos mains. *Porc Magazine* 1996 ; 289 : 27-9.
39. Zhang Y, Tanaka A, Barber EM, Feddes JJR. Effects of frequency and quantity of sprinkling canola oil on dust reduction in swine building. *Transactions of the ASAE* 1996 ; 39 : 1077-81.
40. O'Neill DH, Phillips VR. 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 Eng Res* 1992 ; 53 : 23-50.
41. Martin G, Laffort P. *Odeurs et désodorisation dans l'environnement*. Paris : Lavoisier, 1991 ; 452 p.
42. Hangartner M. Scaling of odor intensity. In : *Measurement of odour emissions*. Proceeding of a workshop of the ad hoc EEC group on odours. Zurich, Switzerland, April 1988 : 20-1.
43. Sweeten JM. Odor measurement technology and applications : a state of the art review. *7th international symposium on agricultural and food processing wastes*. ASAE, 1989 : 214-29.
44. Patoine M. Perspectives et approche du Québec pour faire face à la problématique environnementale associée à l'intensification et la concentration des élevages. In : *Siting livestock and poultry operations for the 21st century - Symposium*, Canadian Agri-Food Research Council. Ottawa, Ca. July 13-14, 1995 : 45-62.
45. Robson B. Siting livestock and poultry operations - Canadian perspective. In : *Siting livestock and poultry operations for the 21st century - Symposium*, Canadian Agri-Food Research Council. Ottawa, Ca. July 13-14, 1995 : 26-7.
46. Smith RJ. Dispersion of odours from ground level agricultural sources. *J Agric Eng Res* 1993 ; 54 : 187-200.
47. Liu Q, Bundy DS, Hoff SJ. A study on the air flow and odor emission rate from a simplified open manure storage tank. *Transactions of ASAE* 1995 ; 38 : 1881-6.
48. FNDAE. *Lutte contre les odeurs des stations d'épuration*. Fonds National pour le développement des adductions d'eau, ministère de l'Agriculture et de la Pêche, février 1993.
49. Scotfort IM, Burton CH, Phillips VR. Minimum-cost biofilters for reducing odours and other aerial emissions from livestock buildings : part 2, a model to analyse the influence of design parameters on annual costs. *J Agric Eng Res* 1996 ; 64 : 155-64.
50. MAPA. *Bâtiment d'élevage bovin, porcin et avicole : réglementation et préconisations relatives à l'environnement*. Paris : Institut de l'élevage, 1996 ; 140 p.

Résumé

Les émissions atmosphériques provenant des installations d'élevage (bâtiments, entreposage des déjections et des aliments) peuvent prendre la forme de gaz, de particules solides de poussières, d'odeurs ou de bruit. Les principaux gaz faisant l'objet de recherche et reconnus pour leurs effets polluants sont l'ammoniac (qui contribue au cycle des précipitations acides), le gaz carbonique et le méthane (qui sont considérés parmi les gaz à effet de serre). Les poussières, constituées de particules en suspension dans l'air, peuvent transporter des micro-organismes, des gaz (certains vecteurs d'odeurs), de l'eau et d'autres substances. Les nuisances (visuelles, olfactives, sonores) peuvent être décelées par l'un ou l'autre des sens et ont une action sur le bien-être et les biens. Les poussières, les odeurs et le bruit font généralement partie de cette catégorie. Une activité importante de recherche a été entreprise, ces dernières années, pour mieux comprendre les mécanismes d'émission et de dispersion des polluants aériens et des nuisances. Les moyens de contrôle des émissions à leurs sources sont plus facilement acceptés par les éleveurs, étant donné leurs effets bénéfiques sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments. Les biofiltres utilisés pour filtrer l'air de ventilation et les couvertures des fosses à lisier ont des coûts encore trop élevés pour être acceptés sans mesure légale requérant leur utilisation.
