

Application d'une méthode simplifiée de détermination des facteurs d'émission en ammoniac et en GES des élevages porcins selon l'itinéraire technique

Nadine GUINGAND (1) et Thomas EGLIN (2)

(1) IFIP Institut du Porc, 35651 Le Rheu Cedex, France

(2) ADEME, 49000 Angers, France

nadine.guingand@ifip.asso.fr

Avec la collaboration technique de Delphine Loiseau et Romain Richard

Application d'une méthode simplifiée de détermination des facteurs d'émission en ammoniac et en GES des élevages porcins selon l'itinéraire technique.

Les engagements de la France au niveau européen vont contraindre les éleveurs de porcs à réduire de manière conséquente les émissions d'ammoniac de leurs élevages. Réduire la contribution de l'élevage porcine passe par une meilleure connaissance des émissions selon les pratiques mises en œuvre. Un projet soutenu par l'ADEME et le CASDAR a été conduit afin de déterminer, à partir de mesures en élevages, des facteurs d'émissions d'ammoniac et de GES pour divers itinéraires techniques. La méthode simplifiée des rapports de concentrations, mise au point dans un précédent projet, a été appliquée à 12 salles de maternité, 20 salles de post-sevrage et 26 salles d'engraissement dans des élevages principalement localisés dans le Grand Ouest de la France. Pour les truies allaitantes, les porcelets en post-sevrage et les porcs charcutiers, les facteurs d'émissions moyens en N-NH₃ sont respectivement de 4,82 ± 1,54, 1,02 ± 0,67 et 2,23 ± 1,12 kg N-NH₃ par place et par an. Pour N₂O, les émissions sont respectivement de 0,11 ± 0,11, 0,06 ± 0,04 et 0,08 ± 0,05 kg N-N₂O par place et par an pour les truies allaitantes, les porcelets et les porcs charcutiers. Les facteurs d'émission en CO₂ et CH₄ sont de 256 ± 141, 83,4 ± 14,7 et 184 ± 23,5 kg de C-CO₂ par place et par an et 57,5 ± 41,8, 15,2 ± 14,7 et 21,9 ± 28,6 kg de C-CH₄ par place et par an, respectivement pour les truies allaitantes, les porcelets en post-sevrage et les porcs à l'engrais. L'analyse de ces résultats montrent l'importance des choix techniques tant sur la gestion de l'ambiance (type d'entrée d'air, lavage d'air) que sur la gestion des effluents (fréquence d'évacuation) comme voies de réduction des émissions gazeuses applicables au niveau du terrain, particulièrement pour l'ammoniac.

Use of a simplified method to determine emission factors of ammonia and GHG in pig units as a function of management practices

French commitments at the European level will require pig farmers to drastically reduce ammonia emissions from their farms. Reducing contribution of the pig production sector requires better knowledge of emission factors as a function of management practices. A project supported by ADEME and CASDAR was conducted to determine emission factors under farming conditions with different management practices. A simplified method, developed in a previous project, was applied to 12 farrowing rooms, 20 post-weaning rooms and 26 fattening rooms, located mainly in western France. In the project, NH₃ emission factors, expressed as kg N-NH₃ per place per year, were 4.82 ± 1.54, 1.02 ± 0.67 et 2.23 ± 1.12 for farrowing sows, post-weaning piglets and fattening pigs, respectively. For N₂O, average emissions were 0.11 ± 0.11, 0.06 ± 0.04 and 0.08 ± 0.05 kg N-N₂O per place per year, for farrowing sows, post-weaning piglets and fattening pigs, respectively. For CO₂ and CH₄, emission factors were 256 ± 141.4, 83.4 ± 14.7 and 184 ± 23.5 kg C-CO₂ per place per year and 57.5 ± 41.8, 15.2 ± 14.7 and 21.9 ± 28.6 kg C-CH₄ per place per year for farrowing sows, post-weaning piglets and fattening pigs, respectively. Analysis of technical parameters shows the importance of management choices as a potential way to reduce gaseous emissions. Management of ambient air and slurry appears as a major way to decrease contribution of the pig production sector, mainly ammonia emissions, and can be encouraged under field conditions.

INTRODUCTION

En Europe, la France et l'Allemagne sont les deux premiers contributeurs d'ammoniac avec 17 % des émissions suivis de l'Espagne (12 %) et l'Italie (10 % - EEA, 2017). En France, 98 % des émissions d'ammoniac sont d'origine agricole dont près des deux tiers sont imputables aux productions animales et à la gestion de leurs effluents (CITEPA, 2017). Avec un peu moins de 15 % des émissions d'origine agricole, le secteur porcin est faiblement contributeur mais rentre, au même titre que les volailles, dans le périmètre des réglementations européennes visant à améliorer la qualité de l'air. La directive NEC (National Emission Ceilings – Directive 2016/2284, 2016) affiche un objectif de réduction de 13 % des émissions d'ammoniac à l'horizon 2030 par rapport aux émissions de 2005. La publication des conclusions du BREF IRPP (Intensive Rearing of Poultry and Pigs - Décision d'exécution 2017/302, 2017), instrument technique de la directive sur les émissions industrielles (directive 2010/75/UE), instaure la mise en place des Meilleures Techniques Disponibles (MTD) pour les élevages de plus de 2 000 places de porcs de plus de 30 kg ou 750 emplacements de truies, pour réduire leur impact environnemental. Les élevages concernés ont, entre autres, pour obligation de respecter des valeurs limites d'émissions en ammoniac au niveau du bâtiment ; valeurs définies par place et par catégorie animale.

Réduire la contribution de l'élevage porcin aux émissions nationales d'ammoniac passe par une meilleure connaissance de ces émissions et du lien avec les différents itinéraires techniques mis en œuvre dans les élevages français. Pour ce faire, un projet soutenu par l'ADEME et le CASDAR a été conduit en vue de déterminer, à partir de mesures en élevages, des facteurs d'émissions en ammoniac et en GES en fonction de différents itinéraires techniques considérés comme représentatifs de nos conditions nationales de production. Pour pallier la lourdeur des méthodes traditionnelles de mesures en continu de gaz en élevages, une méthode simplifiée basée sur des mesures ponctuelles a été mise au point en élevage de porcs (Guinand *et al.*, 2011) à partir de la méthode des rapports de concentration (Paillat *et al.*, 2005). L'objectif de cet article est de montrer la faisabilité de la mise en œuvre de cette méthode en conditions d'élevages et de présenter les facteurs d'émissions en NH₃, N₂O, CH₄ et CO₂ obtenus avec cette méthode pour les porcs charcutiers, les porcelets en post-sevrage et les truies allaitantes pour différents itinéraires techniques.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Mise en œuvre de la méthode simplifiée

Cette méthode définit trois intervalles de mesures répartis sur la période de présence des animaux (Tableau 1). A partir des mesures de concentrations en gaz, des paramètres d'ambiances et d'un relevé d'informations zootechniques relatifs aux animaux présents et à la conduite de l'élevage, les facteurs d'émissions en NH₃, N₂O, CH₄ et CO₂ sont calculés par catégorie animale. Les mesures de concentrations en gaz sont réalisées à l'aide d'un analyseur photo acoustique à infra-rouge (Innova 1412) couplé à un échantillonneur-doseur (Innova 1303) dans les salles, ambiance et extraction, et aussi à l'extérieur. Au cours de chacune des trois journées de mesure, les données de concentrations en NH₃, N₂O, CH₄ et CO₂ sont enregistrées toutes les 20 minutes entre 10h00 et 16h00.

En parallèle, une sonde de température (Voltcraft DL-120TH), positionnée au centre de la salle, opère un enregistrement toutes les 15 mn sur toute la durée de mesure. Le nombre et le poids moyen des animaux, la surface des salles, le système de ventilation ainsi que les paramètres de gestion associés (types d'entrée et d'extraction d'air), la stratégie alimentaire (composition et quantité d'aliment) ainsi que le mode de gestion des effluents (modalités de gestion, fréquences d'évacuation) sont enregistrés lors de chaque période de mesure. Les émissions de la salle sont ensuite calculées à partir du différentiel de concentration entre l'air ambiant et l'air extérieur et des équations de la méthode des rapport de concentration (Guinand *et al.*, 2011) couplées aux performances zootechniques des animaux et à la conduite de la salle. Ces émissions gazeuses sont ensuite exprimées en kg par place et par an pour intégrer les performances des élevages et pouvoir ensuite comparer ces valeurs avec la littérature mais aussi avec les valeurs limites d'émissions imposées par le BREF Elevages. Pour ce faire, les durées de présence des animaux additionnées aux durées moyennes de vide sanitaire par élevage ont été utilisées pour calculer un taux de rotation et ainsi l'émission par place. Les données ont ensuite été analysées avec le logiciel R (version 3.4.0) pour déterminer l'incidence des différents paramètres techniques caractérisant chaque itinéraire (type de sol, gestion des effluents, gestion de l'ambiance...)

1.2. Description des salles et des performances

1.2.1. Truies allaitantes

L'ensemble des salles de maternité étudiées dans notre projet est sur caillebotis intégral avec une mixité de matériau : du caillebotis intégral fil (acier) ou béton sous la truie et du caillebotis plastique autour de la truie pour les porcelets. Toutes les salles étudiées fonctionnent avec une ventilation dynamique et en dépression ; trois configurations d'entrée d'air sont représentées : plafonds diffuseurs (66 % des salles) ; cheminée (17 %) et champignons (17 %). L'extraction de l'air s'opère, à parts égales, soit par voie haute, soit par voie basse. Aucune des salles de maternité étudiées n'est équipée de brumisation ni de dispositif de lavage de l'air. Dans tous les cas, les effluents sont stockés en préfosse sous les animaux et évacués par gravité soit en fin de bande (50 % des salles), soit toutes les deux bandes. Le nombre moyen de truies par salle, de 8 à 37, est en moyenne de $16,2 \pm 8,6$ truies avec un poids des truies à l'entrée en maternité de 238 ± 22 kg (valeur estimée à dire d'éleveur, moins de la moitié d'entre eux pesant réellement leurs truies). Les salles de maternité appartiennent à des élevages naisseur-engraisseur d'une taille moyenne de 473 ± 267 truies présentes, valeur supérieure à la moyenne bretonne de 298 truies (IFIP, 2016).

1.2.2. Porcelets en post-sevrage

Les porcelets sont élevés sur caillebotis intégral pour l'ensemble des salles impliquées dans le projet, pour moitié sur caillebotis béton ou caillebotis fil (essentiellement en plastique). Toutes les salles sont en ventilation dynamique en dépression ; trois modalités d'entrées d'air sont représentées : plafond diffuseur (40 % des salles), plafond perforé de type "perfal" (40 %) ; champignons (20 %). Aucune salle n'est équipée de brumisation ni de lavage d'air. Les lisiers sont toujours stockés en préfosse, avec une évacuation gravitaire soit en fin de bande (50 % des salles) soit deux fois par an (50 %).

Les mesures ont été réalisées dans 20 salles de post-sevrage, abritant des porcelets d'un poids moyen à l'entrée de $6,9 \pm 0,8$ kg et un poids moyen de sortie de $31,5 \pm 3,4$ kg pour une durée de présence moyenne de $49,2 \pm 4,6$ jours. Selon les données de Gestion Technico-Economique (GTE – IFIP, 2016), les poids moyen d'entrée et sortie des porcelets en post-sevrage sont respectivement de 6,92 kg et 32,6 kg, avec un âge standardisé à 30 kg de 74 jours chez les naisseurs-engraisseurs. Dans le cas présent, le GMQ moyen est de $462,1 \pm 31,3$ g.j⁻¹ et l'indice de consommation moyen de $1,55 \pm 0,13$ kg/kg ; à rapprocher des données nationales (IFIP, 2016) de respectivement 481 g/j et 1,65 kg/kg entre 8 et 30 kg. Les performances des animaux en post-sevrage de l'étude sont donc tout à fait représentatives des performances moyennes nationales.

1.2.3. Porcs charcutiers

Toutes les salles d'engraissement impliquées sont équipées de caillebotis intégral béton. Les lisiers sont stockés en préfosse puis évacués soit par gravité (90 % des salles) soit par raclage (10 %) vers une fosse de stockage extérieure ; la fréquence d'évacuation pour les salles non équipées de raclage varie entre 2 et 3 fois par an, soit généralement une fois par bande. Les mesures ont été réalisées dans 26 salles abritant des porcs d'un poids moyen de $30,2 \pm 4,1$ kg à l'entrée et de $121,6 \pm 3,2$ kg à la sortie pour une durée moyenne de $113 \pm 10,8$ jours de présence. Le poids moyen d'entrée est ici légèrement inférieur à celui donné par la GTE (32,7 kg - IFIP, 2016). Pour le poids de sortie, la moyenne nationale est de 120,7 kg (IFIP, 2016) soit 1,1 kg de moins que la valeur de notre échantillon ; le GMQ moyen de notre échantillon est de $821 \pm 39,8$ g.j⁻¹ contre 816 g.j⁻¹ pour la moyenne des élevages suivis en GTE (IFIP, 2016) ; l'indice de consommation moyen est de $2,6 \pm 0,2$ kg.kg⁻¹ contre $2,69$ kg.kg⁻¹ au niveau national (IFIP, 2016). Les performances des porcs charcutiers de notre échantillon sont donc bien représentatives des performances nationales en engraissement pour des élevages de type naisseur-engraisseur.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Mise en œuvre de la méthode simplifiée

Un des principes de la méthode simplifiée est de réaliser les mesures ponctuelles à des moments précis, exprimés en jours de présence, établis lors de la mise au point de la méthode (Guingand *et al.*, 2010). Dans l'étude, les durées moyennes de présence de chacune des catégories animales permettent globalement de respecter les moments de mesure recommandés (Tableau 1) ; à l'exception toutefois des mesures de la deuxième campagne en engraissement qui ont été faites plus tardivement que les recommandations, à une durée moyenne de présence en engraissement de $80,5 \pm 12,3$ jours (vs une recommandation entre 50 et 60 jours).

Lors de chaque série de mesures, un bilan de masse sur l'azote et le carbone est calculé à partir des performances zootechniques des animaux, des aliments consommés (quantités et composition) et des effluents de la salle (quantité et composition). Le défaut de ce bilan de masse correspond aux émissions gazeuses.

Les émissions gazeuses azotées calculées à partir de la méthode simplifiée ont été comparées, par type d'animal, aux défauts de bilan de masse sur l'azote. Pour les truies en maternité et les porcelets en post-sevrage, les émissions azotées calculées par la méthode simplifiée sont en moyenne,

respectivement inférieures de 33 et 20 % au défaut de bilan de masse sur l'azote (sous-estimation des émissions azotées) alors qu'elles sont supérieures de 25 % (surestimation des émissions) pour le post-sevrage.

Tableau 1 – Intervalles de durée de présence (en jours) recommandés par la méthode simplifiée et valeurs moyennes de l'étude

Catégorie animale	Intervalles de durée de présence recommandés ⁽¹⁾	Durée moyenne de présence dans l'étude
Truies allaitantes	C1 : 6-9 jours	6,2 ± 2,3
	C2 : 18-22 jours	20,8 ± 2,0
	C3 : 28-34 jours	28,6 ± 1,7
Porcelets post-sevrage	C1 : 4 – 8 jours	8,8 ± 2,7
	C2 : 20 – 25 jours	21,9 ± 4,1
	C3 : 30 -34 jours	32,5 ± 3,6
Porcs charcutiers	C1 : 15 -25 jours	24,5 ± 13,1
	C2 : 50-60 jours	80,5 ± 12,3
	C3 : 80-110 jours	94,4 ± 12,1

¹C1, C2, C3 : première, deuxième et troisième campagnes de mesures

2.2. Conditions d'acquisition des FE

La température ambiante moyenne des salles de maternité, post-sevrage et engraissement était respectivement de $24,8 \pm 2,0$, $25,0 \pm 2,0$, $23,2 \pm 2,7$ °C. Les recommandations techniques (IFIP, 2013) sont respectivement, en maternité, de 24°C (30°C au niveau du coin à porcelets), en post-sevrage de 28°C (entrée) à 24°C (sortie) et en engraissement de 24°C. Les conditions d'ambiance des salles, toutes catégories animales confondues, respectent donc les préconisations.

2.3. Facteurs d'émissions

2.3.1. Facteurs d'émission par catégorie animale

Les tableaux suivants regroupent les facteurs d'émissions en N-NH₃, N-N₂O (Tableau 2) et C-CH₄ et C-CO₂ (Tableau 3) pour les truies en maternité, les porcelets en post-sevrage et les porcs charcutiers sans distinction d'itinéraire technique.

Tableau 2 – Facteurs moyens d'émission pour les gaz azotés (N-NH₃ et N-N₂O) par catégorie animale (en kg de N par place et par an)

Catégorie animale	Emission de N-NH ₃	Emission de N-N ₂ O
Truies allaitantes	4,82 ± 1,54	0,11 ± 0,11
Porcelets post-sevrage	1,02 ± 0,67	0,06 ± 0,04
Porcs charcutiers	2,23 ± 1,12	0,08 ± 0,05

Tableau 3 – Facteurs moyens d'émission pour les gaz carbonés (C-CO₂ et C-CH₄) par catégorie animale (en kg de C par place et par an)

Catégorie animale	Emission de C-CO ₂	Emission de C-CH ₄
Truies allaitantes	255,8 ± 141,4	57,5 ± 41,8
Porcelets post-sevrage	83,4 ± 14,7	15,2 ± 14,7
Porcs charcutiers	184,0 ± 23,5	21,9 ± 28,6

Pour l'ammoniac, les facteurs d'émissions obtenus sont comparés aux valeurs limites d'émissions imposées par la décision d'exécution 2017/302 du BREF Elevages (2017) pour les bâtiments neufs. Pour ce faire, les valeurs par place et par

an, exprimées ici en kg N_{NH₃} sont converties en kg de NH₃. Pour les gaz à effet de serre, les facteurs obtenus dans le projet ont été comparés à la littérature internationale.

Selon le BREF, une place de truie allaitante ne doit pas émettre plus de 4,6 kg de N_{NH₃} par place et par an (soit 5,6 kg de NH₃ par place et par an). Dans l'étude, l'émission est de $4,82 \pm 1,54$ kg de N_{NH₃} soit une valeur très proche du plafond du BREF si on intègre la variabilité liée à cette moyenne. L'émission de protoxyde d'azote est ici de $0,11 \pm 0,11$ kg N-N₂O par place de truie allaitante et par an. Cette valeur est en accord avec celles de la littérature qui varient entre 0,08 et 0,23 kg par place et par an (Stinn *et al.*, 2016 ; Philippe *et al.*, 2015). Pour le méthane, le facteur d'émission obtenu ici est de $57,5 \pm 41,8$ kg C-CH₄ par place et par an. Philippe *et al.* (2015) proposent un facteur d'émission pour les truies en maternité variant entre 1,35 et 38 kg C-CH₄ par place et par an, soit un niveau plutôt plus faible que celui obtenu dans notre étude. Pour le CO₂, le facteur d'émission est de $256 \pm 141,4$ kg C-CO₂ par place et par an ce qui est en accord avec la valeur moyenne de 194 kg proposée par Philippe *et al.* (2015).

Pour le post-sevrage, le BREF impose une valeur de 0,57 kg de N_{NH₃} par place et par an (soit 0,7 kg de NH₃ par place et par an) ; valeur très inférieure à celle mesurée dans notre étude ($1,02 \pm 0,67$ kg de N_{NH₃} par place et par an). Pour le protoxyde d'azote, les valeurs proposées par la littérature varient entre 0,02 et 0,08 kg N-N₂O par place et par an (Philippe *et al.*, 2015 ; Cabaroux *et al.*, 2009) ; le facteur d'émission obtenu ici s'inscrit bien dans cet intervalle. Pour le méthane, le facteur d'émission des porcelets avoisine 15 kg par place et par an, bien au-dessus de la valeur de 9 kg C-CH₄ proposée par Lägue *et al.*, (2004). Pour le dioxyde de carbone, Philippe *et al.* (2015) proposent une valeur moyenne de 94,8 kg de C-CO₂ par place et par an ce qui est proche de la valeur moyenne de $83,4 \pm 14,7$ kg obtenue ici.

Pour l'engraissement, la valeur mesurée est de $2,23 \pm 1,12$ kg de N_{NH₃} par place et par an ; valeur légèrement supérieure à celle proposée par le BREF (2,14 kg de N_{NH₃} par place et par an). Dans la littérature (Dong *et al.*, 2007 ; Li *et al.*, 2011), les émissions de protoxyde d'azote pour les porcs charcutiers varient entre 0,01 et 0,09 kg N-N₂O par place et par an, plage qui encadre la valeur moyenne obtenue ($0,08 \pm 0,05$ kg N-N₂O par place et par an). Pour le méthane et le dioxyde de carbone, les valeurs d'émission pour les porcs charcutiers sont respectivement de $21,9 \pm 28,6$ kg et $184,0 \pm 23,5$ kg par place et par an. Philippe *et al.* (2015) proposent une valeur moyenne de 212 kg de C-CO₂ par place et par an ce qui correspond à notre gamme d'émission. Par contre, nos valeurs d'émission en méthane (soit $21,9 \pm 28,6$ kg par place et par an) sont supérieures à celles de la littérature qui propose des valeurs entre 5 et 10 kg de C-CH₄ par place et par an. Nos valeurs présentent cependant une très grande variabilité qui s'explique notamment par les différentes durées de stockage des effluents dans les préfossees.

Si pour les truies allaitantes et les porcs charcutiers, les émissions d'ammoniac mesurées sont proches de celles imposées par le BREF Elevages, celles liées aux porcelets en post-sevrage sont largement supérieures.

Cependant, ces facteurs moyens, pour les trois catégories animales et les 4 gaz étudiés, présentent une variabilité importante liée à la diversité des pratiques et conduites mises en œuvre dans les élevages concernés.

2.3.2. Influence de la gestion de l'air et des effluents sur les émissions gazeuses

L'analyse des différents paramètres techniques appliqués dans les élevages du projet a permis de mettre en évidence l'influence des modalités de gestion de l'air et des effluents sur les émissions gazeuses et particulièrement sur les émissions d'ammoniac.

Concernant la gestion de l'air, le paramètre le plus déterminant est le type d'entrée d'air avec une différence assez nette bien que non significative sur les émissions d'ammoniac entre les salles équipées d'un plafond diffuseur et celles équipées d'un plafond perforé de type "perfalou" (Figure 1). Avec les plafonds perforés, les émissions d'ammoniac sont réduites en post-sevrage de 27 % ($0,85 \pm 0,33$ vs $1,15 \pm 0,03$ kg N_{NH₃}.place⁻¹.an⁻¹), en engraissement de 37 % ($1,86 \pm 0,79$ vs $2,99 \pm 0,38$ kg N_{NH₃}.place⁻¹.an⁻¹)

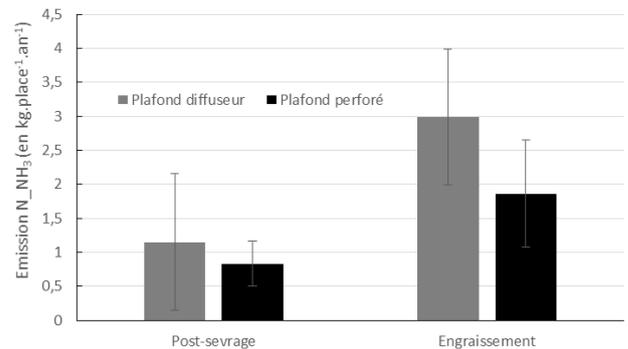


Figure 1 – Emissions de N_{NH₃} en post-sevrage et en engraissement en fonction du type d'entrée d'air

La mise en œuvre d'un plafond perforé permet d'améliorer le fractionnement de l'air entrant dans l'ambiance des salles mais aussi de mieux réguler les débits nécessaires aux différents types d'animaux. L'incidence sur les émissions de NH₃ semble donc s'expliquer par une meilleure ventilation des salles ainsi équipées, permettant de limiter les variations de débit en fonction des conditions climatiques.

Dans notre étude, seulement 15 % des salles d'engraissement sont équipées d'unités de traitement de l'air. Il s'agit dans tous les cas d'un lavage d'air à l'eau, sans adjonction d'additif ou d'acide. L'émission moyenne de ces salles est inférieure de 45 % à celle de salles non équipées de laveur ($1,33 \pm 0,1$ vs $2,39 \pm 1,5$ kg N_{NH₃}.place⁻¹.an⁻¹ pour les salles sans lavage) ; ce taux d'abattement est toutefois inférieur aux valeurs de 60 à 70 % couramment citées dans la littérature (Melse *et al.*, 2008 ; Lemay *et al.*, 2012)

Les effluents sont une source importante d'émissions de gaz tant azotés que carbonés. La fréquence d'évacuation des lisiers vers les ouvrages de stockage extérieur fait partie des meilleures techniques disponibles proposées par le BREF Elevages pour réduire (principalement) les émissions d'ammoniac. Les fréquences d'évacuation des effluents du bâtiment vers des ouvrages extérieurs de stockage ont été comparées. En post-sevrage, les lisiers sont évacués soit en fin de bande, soit deux fois par an. Pour les salles avec vidange en fin de bande, l'émission d'ammoniac est réduite de 20 % par rapport à une évacuation deux fois par an ($0,9 \pm 0,8$ kg N_{NH₃}.place⁻¹.an⁻¹ vs $1,13 \pm 0,5$ kg N_{NH₃}.place⁻¹.an⁻¹).

Dans notre étude, bien qu'un pourcentage assez faible de salles soit équipé de raclage (raclage en V), les émissions moyennes de ces salles sont inférieures de 41 % ($0,97 \pm 0,05$ vs $2,33 \pm 1,11$ kg N_{NH_3} .place⁻¹.an⁻¹) à celles dont le lisier est évacué de manière gravitaire (simple vidange) entre 2 et 3 fois par an. Dans notre étude, seules les salles d'engraissement étaient équipées de racleur. Ces valeurs d'abattement sur l'ammoniac sont en accord avec la littérature (Loussouarn *et al.*, 2014). Avec le raclage, l'absence de stockage des effluents sous les animaux et la séparation rapide des fractions solide et liquide limitent la production de méthane dans le bâtiment (Godbout *et al.*, 2006). Le facteur d'émission des salles avec raclage est ici considérablement réduit par rapport aux salles avec stockage des effluents.

2.3.3. Incidence de la teneur en MAT des aliments sur les émissions d'ammoniac

L'adéquation des apports alimentaires aux besoins des animaux particulièrement en ce qui concerne les matières azotées totales (MAT) est une stratégie de réduction de l'excrétion d'azote et des émissions d'ammoniac, attestée depuis de nombreuses années (Dourmad et Jondreville, 2007; Portejoie *et al.*, 2002). Tous les éleveurs ici concernés appliquent au moins une stratégie biphasé à chaque catégorie animale étudiée.

Pour les truies en maternité, la MAT moyenne des aliments « truies allaitantes » distribués est de $16,2 \pm 0,27$ %. Cette valeur est très proche des recommandations du RMT Elevage et Environnement (RMT Elevage et Environnement, 2016) qui préconise une valeur maximale de 16,5 %. La faible variation des teneurs en MAT de l'aliment allaitante n'a toutefois pas permis d'identifier ici un effet de ce paramètre sur les émissions d'ammoniac.

Pour le post-sevrage, si la majorité des animaux reçoivent deux aliments (aliments 1^{er} âge et 2^{ème} âge), près de 30 % des salles (soit 40 % des porcelets) sont conduites avec trois aliments. Les teneurs en MAT des aliments 1^{er} âge, 2^{ème} âge et pré-engraissement sont respectivement de $18,2 \pm 0,8$, $17,5 \pm 0,4$ et $16,4 \pm 0,2$ %. Le calcul de la teneur moyenne en MAT d'un aliment reconstitué à partir des teneurs et des quantités distribuées aux animaux, aboutit à une valeur moyenne de $17,6 \pm 0,5$ %. Les niveaux moyens de MAT des aliments distribués en post-sevrage sont donc inférieurs aux recommandations actuelles, traduisant la volonté des éleveurs de réduire l'excrétion d'azote par une meilleure adéquation aux besoins des animaux. Malgré cela, le niveau d'émission moyen en ammoniac des porcelets en post-sevrage reste supérieur aux exigences réglementaires du BREF Elevages (ici $1,02$ kg N_{NH_3} .place⁻¹.an⁻¹ vs $0,57$ kg pour le BREF). Les porcelets recevant trois aliments en post-sevrage ont un niveau d'émission inférieur de 20 % à la moyenne avec un taux de MAT reconstitué de l'aliment de $17,0 \pm 0,5$ %. D'après Gaudré *et al.*, (2017), la teneur en MAT des aliments 1^{er} âge peut être réduite à 17 % - en respectant un ratio lysine/énergie inférieur à 1,1 g de lysine digestible /par MJ EN – sans altérer les performances zootechniques des porcelets. La réduction de la teneur en protéines des aliments 1^{er} âge ainsi que la mise en œuvre d'une stratégie multiphasé peuvent ainsi contribuer à la réduction des facteurs d'émissions d'ammoniac en post-sevrage.

En engraissement, l'ensemble des porcs est conduit selon une stratégie biphasé avec un aliment croissance présentant une MAT de $15,8 \pm 0,4$ % et un aliment finition à $14,8 \pm 0,25$ % de MAT, soit une valeur moyenne de l'aliment reconstitué de $15,2 \pm 0,3$ %. Comme pour les aliments post-sevrage, les valeurs moyennes de MAT des aliments croissance et finition sont inférieures aux valeurs maximales retenues par le RMT Elevage et Environnement (2016), soit 16 % de MAT pour l'aliment croissance et 15 % pour l'aliment finition, ce dernier devant représenter au moins 60 % de la quantité totale distribuée. L'analyse des émissions d'ammoniac en lien avec la teneur en MAT de l'aliment croissance a mis en évidence une corrélation positive ($R=0,61$) entre ces deux paramètres. Pour les porcs recevant un aliment croissance dont la MAT est inférieure à 16 % (valeur moyenne dans notre échantillon de $15,4 \pm 0,2$ %), le facteur d'émission est inférieur de 35 % à la valeur moyenne obtenue pour les porcs charcutiers.

Ces résultats illustrent l'impact de la teneur en protéines des aliments sur la réduction des émissions d'ammoniac. Dans le cas du post-sevrage, une partie de la réduction à envisager pour atteindre les objectifs du BREF Elevages pourrait être obtenue par une évolution des stratégies alimentaires vers une alimentation multiphasé ou une réduction des teneurs en MAT des aliments 1^{er} et 2^{ème} âge.

CONCLUSIONS

Ce projet a permis de montrer qu'il est possible d'appliquer la méthode simplifiée de mesure des émissions gazeuses (NH_3 , N_2O , CH_4 et CO_2) en conditions d'élevage. Dans le cadre de ce projet, la méthode simplifiée a été appliquée en respectant les contraintes de mise en œuvre préconisées, particulièrement au niveau du choix des périodes de mesure pour chaque catégorie animale. Les écarts entre les valeurs de la méthode simplifiée et le défaut de bilan de masse selon la catégorie animale doivent cependant être réduits par l'acquisition de données complémentaires sur les sites d'élevage (analyse de la composition des lisiers par exemple).

Les facteurs d'émission obtenus sont en accord avec la littérature et montrent la grande variabilité des émissions selon les caractéristiques des élevages. La gestion de la ventilation et celle des effluents ressortent comme les principaux facteurs d'influence sur les émissions d'ammoniac sans que les effets sur les autres gaz (N_2O , CH_4 et CO_2) ne ressortent vraiment. La mise en œuvre de différentes pratiques tant sur la gestion de l'air que des effluents peut aboutir à des recommandations auprès des éleveurs pour réduire la contribution du secteur porcin aux émissions gazeuses atmosphériques. Au même titre, la réduction de la teneur en MAT des aliments devrait être envisagée comme une approche technique à développer particulièrement pour le post-sevrage, du fait des exigences du BREF. Cependant, dans certains élevages, elle devra s'accompagner de la mise en place d'autres pratiques voire de voies de traitement pour atteindre les valeurs limites réglementaires imposées par l'Europe, particulièrement au niveau du post-sevrage.

Les auteurs remercient l'ADEME (Convention 1160C0047) et le CASDAR pour leurs soutiens financiers et les éleveurs ayant acceptés la réalisation des mesures dans leurs outils de production.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Cabaraux J.F., Philippe F.X., Laitat M., Canart B., Vandenheede M., Nicks B., 2009. Gaseous emissions from weaned pigs raised on different floor systems. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 130, 86–92.
- CITEPA, 2017. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France. Format SECTEN
- Directive (EU) 2016/2284, 2016. Directive du Parlement européen et du conseil du 14 décembre 2016 concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques modifiant la directive 2003/35/CE et abrogeant la directive 2001/81/CE. *Journal Officiel de l'Union Européenne* du 17 décembre 2016, L344/1-L344/31
- Décision d'exécution (UE) 2017/302 de la Commission du 15 Février 2017 établissant les conclusions sur les meilleures techniques disponibles (MTD) au titre de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil, pour l'élevage intensif de volailles et de porcs. *Journal Officiel de l'Union Européenne*, du 21 Février 2017. L43/231 – L43/279
- Dong H., Zhu Z., Zhou Z., Xin H., Chen Y., 2011. Greenhouse gas emissions from swine manure stored at different stack heights. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 166, 557–561.
- Dourmad J.Y., Jondreville, C. 2007. Impact of nutrition on nitrogen, phosphorus, Cu and Zn in pig manure, and on emissions of ammonia and odours. *Livest. Sci.*, 192, 192-198.
- 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.
- European Environment Agency, 2017. European Union Emission inventory report 1990-2015 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP). Report 09/2017. 126 pp.
- Gaudré D., Roger L., Le Gall M., Mener T., 2017. Les conséquences zootechniques de la réduction de la teneur en protéines de l'aliment de sevrage. *Journées Rech Porcine*, 49, 75-80.
- Godbout S., 2006. Evaluation technico-économique d'un système de séparation liquide/solide des déjections à la source dans un bâtiment porcin et les impacts sur l'environnement. Volet II. Rapport final Projet 603045. 78 pp
- Guingand N., Lagadec S., Robin P., Hassouna M., 2011. Mise au point d'une méthode de mesure simplifiée des émissions d'ammoniac et des gaz à effet de serre des bâtiments d'élevages de porcs en engraissement. *Journées Rech. Porcine*, 43, 199- 203.
- IFIP, 2016. Porc Performances 1^{er} semestre 2016 – Résultats de gestion des élevages de porcs. Edition 2016 20 pp.
- IFIP, 2013. Mémento de l'éleveur de porc. 7^{ème} édition. 364 pp.
- Lague C., Marquis A., Godbout S., Legace R., Fonstad T.A., Lemay S.P., Joncas R., Jaulin L., 2004. Greenhouse Gas Emissions from Swine Operations in Québec and Saskatchewan: Benchmark Assessments. University of Saskatchewan, Saskatchewan, Canada.
- Lemay S.P., Girard M., Belzile M., Hogue R., Duchaine C., Létourneau V., Martel M., Jeanne T., Feddes J., Godbout S., Pouliot F., 2012. Un concept innovateur pour traiter l'air émis des bâtiments porcins réduisant l'impact environnemental et favorisant la cohabitation. Rapport final. IRDA. 125 pp.
- Li W., Powers W., Hill G.M., 2011. Feeding distillers dried grains with solubles and organic trace mineral sources to swine and the resulting effect on gaseous emissions. *J. Anim. Sci.*, 89, 3286–3299.
- 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 Rech. Porcine*, 46, 199-204.
- Melse R.W., Ogink N., Bosma B., 2008. Multi-pollutant scrubbers for removal of ammonia, odor and particulate matter from animal house exhaust air. In *Proceedings from the National Conference on Mitigating Air Emissions from Animal Feeding Operations*. 19-21 May, Des Moines, Iowa. 162-168.
- Paillat J.M., Robin P., Hassouna M., Callarec J., Toularastel P., 2002. Environmental assessment of composting pig slurry with wheat straw based on the Guernevez process. Proc. Conference « International Workshop on Green Pork Production », Paris, France
- Philippe F.X., Nicks B., 2015. Review on greenhouse gas emissions from pig houses: production of carbon dioxide, methane and nitrous oxide by animals and manure. *Agriculture, Biosystems and Environment*, 199, 10-25.
- Portejoie S., Dourmad J.Y., Martinez J., Lebreton Y., 2002. Effet de la réduction du taux protéique de l'aliment sur la volatilisation ammoniacale des effluents porcins. *Journées Rech. Porcine*, 34, 167-174.
- Stinn J.P., Xin H., Sheperd T.A., Li H., Burns R.T., 2014. Ammonia and greenhouse gas emissions from a modern U.S. swine breeding-gestation-farrowing system. *Atmospheric Environment*, 98, 620-628.