

Emissions comparées d'ammoniac et de gaz à effet de serre par des porcs charcutiers élevés au froid sur caillebotis partiel ou à la thermoneutralité sur caillebotis intégral

Nadine GUINGAND, Nathalie QUINIOU, Valérie COURBOULAY

IFIP - Institut du Porc, La Motte au Vicomte, BP 35104, 35651 Le Rheu cedex

nadine.guingand@ifip.asso.fr

*Avec la collaboration technique de Thomas Goues, Anne Guibert, Jeremy Guibert, Solène Lagadec, Béatrice Peltier
Hélène Souffran et du personnel de la station expérimentale IFIP de Romillé*

Emissions comparées d'ammoniac et de gaz à effet de serre par des porcs charcutiers élevés au froid sur caillebotis partiel ou à la thermoneutralité sur caillebotis intégral

L'émission d'ammoniac et de gaz à effet de serre (N_2O , CH_4 et CO_2) est mesurée en continu dans deux salles d'engraissement qui diffèrent par le type de sol et la température ambiante. La salle CI24 est sur caillebotis intégral à une température ambiante de 24°C. La salle CP18 est sur caillebotis partiel à 18°C. Les porcs sont alimentés à volonté. La consommation d'aliment, la vitesse de croissance et l'épaisseur de lard dorsal de la carcasse sont significativement plus élevés dans la salle CP18 que dans la salle CI24, une tendance est observée dans ce sens pour l'indice de consommation. A une température froide (18°C), le niveau d'émissions journalier de NH_3 , N_2O , CH_4 et CO_2 dans la salle sur caillebotis partiel est équivalent à celui mesuré dans la salle sur caillebotis intégral à la thermoneutralité (CI24 : 8,9-0,12-7,3 et 676 g/porc, CP18 : 9,1-0,15-8,4 et 629 g/porc, respectivement). Les valeurs obtenues dans la salle CI24 sont en accord avec la bibliographie. Dans l'optique d'une réduction plus importante des émissions d'ammoniac, il apparaît nécessaire de diminuer de manière plus drastique la température ambiante avec du caillebotis partiel, conduisant certainement à une dégradation de l'IC et probablement des qualités de carcasses. Le surcoût de production lié à la mise en place du caillebotis partiel à température très basse ne pourrait alors être acceptable au regard de la définition des Meilleures Techniques Disponibles donnée par la directive IPPC.

Comparison of ammonia and greenhouse gas emissions from fattening pigs kept either on partially slatted floor in cold conditions or on fully slatted floor in thermoneutral conditions

Continuous measurements of ammonia and greenhouse gas were achieved on exhaust air from two fattening rooms differing by the type of floor (totally slatted vs partially slatted floor) and the ambient temperature. Temperature was regulated at 18°C in the room with partially slatted floor (room CP18) and 24°C in the room with fully slatted floor (CI24). Pigs were fed ad libitum. Daily feed intake, growth rate and carcass backfat thickness were significantly higher in pigs from room CP18 than from room CI24, whereas feed conversion ratio tended to be higher in CP18 pigs. Under cold conditions (18°C), the NH_3 , N_2O , CH_4 and CO_2 daily emissions per pig on partially slatted floor were similar to those on fully slatted floor under thermoneutral conditions (CI24 : 8.9-0.12-7.3 and 676 g, CP18: 9.1-0.15-8.4 and 629 g, respectively). A further reduction of ammonia emission from pig units on partially slatted floor would require a more pronounced reduction of ambient temperature. However, in such conditions, a deterioration of feed conversion ratio and carcass leanness may be expected. Thus, the extra-cost induced by the utilization of partially slatted floor in very cold ambient conditions would not be acceptable with regard to the definition of Best Available Techniques given by the IPPC directive.

INTRODUCTION

Dans le cadre de l'application de la directive 96/61/CE dite directive IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control), la mise en œuvre des Meilleures Techniques Disponibles (MTD) doit permettre de réduire l'impact environnemental des élevages de plus de 2 000 places de porcs de plus de 30 kg ou 750 places de truies. Trois paramètres principaux sont visés, à savoir l'ammoniac, la consommation d'eau et d'énergie. Parmi les MTD listées dans le document de référence (BREF - IPPC, 2003), la diminution de la surface en caillebotis est présentée comme une voie de réduction des émissions d'ammoniac dans l'ambiance des bâtiments. Des études antérieures réalisées en France par l'IFIP (Guinand et Granier, 2001 ; Guinand, 2003 ; Courboulay et Guinand, 2007) comparant différentes modalités de caillebotis partiel en comparaison avec du caillebotis intégral ont abouti à des résultats divergents de ceux utilisés par le BREF (IPPC, 2003) basés essentiellement sur les travaux de l'équipe d'Aarnink et al. (1996, 1997). L'analyse des différents protocoles mis en œuvre indique que la réduction des émissions d'ammoniac avec du caillebotis partiel nécessiterait des températures ambiantes plus basses que celles appliquées dans les études françaises citées précédemment. En effet, la température est reconnue comme un facteur déterminant dans le processus de volatilisation de l'ammoniac (Groot Koerkamp et Uenk, 1997 ; Ni et al., 1995). Ainsi, l'objectif de cette étude est de déterminer si la mise en œuvre du caillebotis partiel en engraissement avec une consigne de température ambiante de 18°C permet de réduire les émissions d'ammoniac par rapport à une conduite classique sur caillebotis intégral à 24°C.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Caractéristiques des salles

L'étude a été mise en place dans deux salles d'engraissement de la station expérimentale de l'IFIP à Romillé (35). La première (CI24) est une salle sur caillebotis intégral béton, divisée en six cases de dix porcs chacune avec une surface de 0,7 m² par porc. L'entrée d'air est assurée par un plafond diffuseur et l'extraction est basse sous caillebotis. Les déjections sont stockées sur toute la durée de présence des animaux dans une préfosse de 0,8 m de profondeur utile. La consigne de température ambiante a été fixée à 24°C avec une plage de 6°C sur l'ensemble de la période de présence des animaux.

La deuxième salle (CP18) est une salle sur caillebotis partiel (50% de gisoir), divisée en six cases de huit porcs chacune avec une surface de 0,85 m² par porc. L'entrée d'air est assurée par des volets latéraux et l'extraction est haute. Les déjections sont stockées dans une préfosse dont la surface est équivalente à la surface en caillebotis, soit 50 % de la surface de la case. Le stockage de l'ensemble des déjections produites par les animaux sur la période d'engraissement ne pouvant se faire entièrement dans la préfosse, une vidange intermédiaire a donc été nécessaire. La consigne de température a été fixée à 18°C avec une plage de 6°C sur l'ensemble de la période de présence des porcs.

1.2. Conduite alimentaire

Dans les deux salles, les porcs sont alimentés à volonté avec de l'aliment croissance jusqu'à 65 kg puis de l'aliment finition. Les

deux aliments sont iso-énergétiques (9,3 MJ/kg d'énergie nette). Leur teneur en MAT est, respectivement, de 16,5 et 15,2 % pour une teneur en lysine digestible, respectivement, de 0,9 et 0,8 g/MJ d'énergie nette.

1.3. Mesures et enregistrements

1.3.1. Paramètres zootechniques

Cent-huit porcs issus d'un croisement (PPxLW)x(LWxLd) sont allotés par poids et par sexe à l'entrée en engraissement. Ils sont pesés individuellement lors du changement d'aliment et la veille du départ pour l'abattoir. La quantité d'aliment consommée par case entre deux pesées est mesurée.

1.3.2. Paramètres d'ambiance

La température et l'hygrométrie ambiantes sont mesurées en continu sur toute la durée de présence des animaux à l'aide de thermo-hygromètres installés au centre de chacune des deux salles. La température et l'hygrométrie de l'air extérieur sont mesurées par un thermo-hygromètre identique.

1.3.3. Emissions gazeuses

La mesure des concentrations en ammoniac (NH₃), en protoxyde d'azote (N₂O), en dioxyde de carbone (CO₂), en méthane (CH₄) et en vapeur d'eau a été réalisée en continu sur l'air ambiant et extérieur, à l'aide d'un analyseur photo-acoustique à infra-rouge (INNOVA 1412) au niveau de six sites de prélèvements (deux à l'extérieur des bâtiments puis par salle, un premier au centre et un deuxième dans la gaine d'extraction). Les émissions cumulées par gaz et par salle ont ensuite été calculées en intégrant les concentrations mesurées par l'analyseur dans l'air ambiant et dans l'air extérieur ainsi que les débits de ventilation appliqués par salle.

1.3.4. Déjections

A l'entrée des animaux, les préfosses sont vides, nettoyées et désinfectées. Au cours de la phase d'engraissement, des prélèvements de lisier sont réalisés dans les préfosses à des fins d'analyses lors du passage de l'aliment croissance à l'aliment finition, lors des vidanges intermédiaires et lors de la vidange finale des deux salles après le départ des porcs pour l'abattoir. Sur chaque échantillon, les pH, matière sèche (MS), azote total (Ntotal), azote ammoniacal (Nammoniacal) et carbone total (Ctotal) sont mesurés en vue de leur intégration dans les calculs de bilans de masse.

1.3.5. Notation de propreté des porcs et des sols

La notation de la propreté des porcs est réalisée selon une grille en trois modalités (Courboulay, 2005) ramenée à l'échelle de l'animal. Cette notation est complétée par une notation de la propreté des sols (Courboulay, 2005) dans la salle sur caillebotis partiel afin de préciser l'état des différentes zones (gisoir, caillebotis avant/arrière).

1.4. Analyse des données

1.4.1. Bilan de masse

Les bilans de masse pour l'azote (N), le carbone (C) et l'eau (H₂O) sont réalisés sur les flux correspondants aux deux salles impliquées dans l'étude.

Les entrées correspondent à :

- La quantité de N, C ou H₂O dans la carcasse de l'animal à son entrée en engraissement, calculée à partir des formules indiquées dans le tableau 1.
- La quantité de N, C ou H₂O consommée par les animaux sur la période de l'étude, calculée à partir des quantités d'aliments

consommés par les animaux multipliés par la concentration du paramètre considéré. Celle-ci est obtenue à partir des analyses physico-chimiques réalisées sur les aliments croissance et finition.

Tableau 1 – Equations de teneurs en N, C et H₂O dans les carcasses à l'entrée/sortie en engraissement

	Equation ¹	Source
N	$e^{(-0,9385-0,0145 \times TVM)} \times (0,915PV^{1,009})^{(0,7364 + 0,0044 \times TVM)} / 6,25$	CORPEN (2003)
C	PV x teneur C	GES'TIM (2009)
H ₂ O	PV x teneur H ₂ O	GES'TIM (2009)

1. PV = Poids vif en kg.

Les sorties correspondent à :

- La quantité de N, C ou H₂O dans la carcasse du porc à la sortie de l'engraissement, calculée à partir du poids de sortie (Tableau 1).
- La quantité de N, C ou H₂O dans les déjections produites par les animaux sur l'ensemble de la durée de l'étude, calculée à partir des volumes des déjections et des concentrations en N, C ou H₂O dosées dans les échantillons moyens de lisier prélevés lors des vidanges intermédiaires et finales.
- La quantité de N, C ou H₂O volatilisée dans l'ambiance, respectivement, sous forme d'ammoniac (NH₃) et de protoxyde d'azote (N₂O) pour l'azote, de méthane (CH₄) et de dioxyde de carbone (CO₂) pour le carbone et de vapeur d'eau.

La différence entrées et sorties correspond au défaut de bilan de masse calculé pour N, C ou H₂O et permet de déterminer la représentativité des données acquises.

1.4.2. Analyse statistique

Une analyse de variance (SAS 1998, proc GLM) est réalisée pour étudier les effets du sexe (X) et de la combinaison type de sol et température (ST) sur les performances zootechniques et seulement de la température sur les émissions gazeuses.

2. RESULTATS - DISCUSSION

2.1. Paramètres d'ambiance

Sur l'ensemble de la période d'engraissement (janvier à mai 2009), la température extérieure moyenne a été de 8,4 ± 4,7°C. Dans la salle sur caillebotis intégral, la température moyenne de l'ambiance a été de 25,0 ± 0,8°C et de 20,1 ± 1,0°C dans la salle sur caillebotis partiel. Les valeurs moyennes mesurées sont donc supérieures aux consignes de température ambiante de 1 degré pour la salle CI24 et de 2 degrés pour la salle CP18. En moyenne, l'écart de température entre les deux salles n'a donc été que de 5°C contre 6°C prévu dans le protocole.

Pour la salle CI24, le débit par porc et par heure a été de 28,7 ± 9,5 m³ contre 34,1 ± 8,8 m³ pour la salle CP18. Malgré le nombre inférieur de porcs dans la salle sur caillebotis partiel, l'exigence de température ambiante inférieure (18 vs. 24°C) implique un taux de renouvellement de l'air supérieur à celui de la salle sur caillebotis intégral particulièrement quand la température extérieure est élevée.

Tableau 2 - Performances zootechniques

Salle	CI 24	CP 18	ETR	Stat. ¹
Nombre de porcs par salle	60	48		
Poids vif à l'entrée (kg)	21,4	20,9	2,2	ST*
au changement d'aliment	67,0	67,1	5,9	
à l'abattage	109,4	116,8	9,1	X ^{0,06} , ST***
GMQ Croissance (g/j)	878	907	95	X ^{0,06}
Finition	965	1104	138	X ^{0,07} , ST***
Global	917	999	88	X*, ST***
CMJ Croissance (kg)	1,96	2,02	0,12	
Finition	2,88	3,44	0,09	ST***
Globale	2,38	2,68	0,09	ST***
IC Croissance	2,27	2,26	0,08	
Finition	2,94	3,08	0,11	ST ^{0,07}
Global	2,59	2,69	0,09	ST ^{0,09}
Poids chaud (kg)	86,1	90,9	7,0	ST***
TMP (%)²	60,6	58,8	2,3	X***, ST*, P***
G2 (mm)²	13,3	15,8	2,9	X***, ST ^{0,05} , P***
M2 (mm)²	56,3	56,7	4,4	X***, P***

¹Analyse de variance incluant le sexe (X) et la combinaison sol et température (ST) en effets principaux - *** : P<0,001 ** : P<0,01 * : P<0,05.

²Le poids d'abattage (P) est pris en compte en covariable.

2.2. Performances zootechniques

Les porcs des deux salles sont entrés en engraissement le 29 janvier 2009 et ont tous été abattus 96 jours plus tard.

A l'abattage, les porcs de la salle CP18 sont significativement plus lourds de 7,4 kg que les porcs de la salle CI24 (Tableau 2 - P<0,001).

Sur la période de croissance, aucun effet significatif de la température n'est mis en évidence sur les différents

paramètres zootechniques. A l'inverse, sur la période finition, la température influence significativement le Gain Moyen Quotidien (GMQ), la Consommation Moyenne Journalière (CMJ) et tend à influencer l'Indice de Consommation (IC). Ainsi, avec une température inférieure, les animaux sur caillebotis partiel présentent un GMQ supérieur de près de 139 g et consomment 0,56 kg/j en plus d'aliment (Tableau 2).

D'après l'analyse des paramètres zootechniques sur l'ensemble de la période d'engraissement, la température influence significativement le GMQ, la CMJ et les caractéristiques de carcasse. L'IC tend à être plus élevé dans la salle à 18°C, ce qui résulte de la couverture du besoin de thermorégulation (Le Dividich et al., 1998) et d'une carcasse qui semble plus grasse. A 18°C, le TMP est significativement inférieur ($P < 0,05$) en relation avec un G2 qui tend à être plus important ($P < 0,05$, Tableau 2), ce qui résulte en partie d'une modification de la répartition du tissu adipeux au froid (Rinaldo et Le Dividich, 1991).

2.3. Déjections

Pour la salle CP18, une vidange intermédiaire de la préfosse a été effectuée à 53 jours d'engraissement. A l'issue des 96 jours d'engraissement, les préfosses des deux salles ont été vidangées. Le lisier de la salle sur caillebotis intégral présente des caractéristiques (Tableau 3) en accord avec les références fournies par Levasseur (2005).

Concernant les caractéristiques du lisier produit par les animaux élevés sur caillebotis partiel, les valeurs publiées par l'équipe d'Aarnink (1996, 1997) sont assez proches de celles obtenues dans cet essai avec des valeurs de pH entre 7,4 et 7,6 et d'azote ammoniacal de l'ordre de 5,5 g/kg de lisier brut.

Tableau 3 - Caractéristiques des lisiers par salle

Salle	CI 24	CP 18
pH	7,4	7,5
Matière Sèche (%)	4,9	8,7
C organique (g/kg brut)	21,7	74,8
N total (g/kg brut)	6,0	8,7
N ammoniacal (g/kg brut)	3,4	5,2

En terme de volumes, les animaux sur caillebotis intégral ont produit en moyenne 24% de lisier en plus, soit 423 litres par porc contre seulement 342 litres par individu sur caillebotis partiel.

Cette valeur rejoint celle déjà mesurée par Guingand (2003) qui obtenait une différence de 20% entre le volume de lisier produit par des porcs sur caillebotis intégral et des porcs sur caillebotis partiel avec 50% de gisoir.

Cette différence de volume s'explique par les déjections déposées sur les gisoirs et sur les animaux.

2.4. Propreté des animaux et des sols

En relation avec la durée de présence en engraissement, les notes de propreté des animaux se dégradent progressivement (Tableau 4).

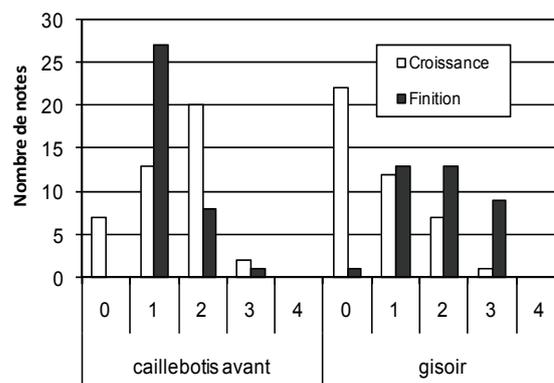
Pour la salle CP18, l'analyse des notes montre une évolution de la propreté du gisoir au cours de l'engraissement (Figure 1).

Sur la période croissance, le gisoir est une zone propre qui se salit au cours de la période finition.

Tableau 4 – Pourcentage d'animaux par note de propreté en fonction des salles

Salle	CI 24			CP 18		
	Note 0	Note 1	Note 2	Note 0	Note 1	Note 2
21	5	45	50	26	72	2
49	73	24	3	69	14	17
80	79	3	18	2	23	75

¹ Note 0 : moins de 20% sale ; note 1 : de 20 à 50% sale note 2 : plus de 50 % sale



Notes (% de surface salie) 0 : 0% ; 1 : 25% ; 2 : 50% ; 3 : 75% ; 4 : 100%

Figure 1 - Répartition des notes de propreté en fonction de la zone et de la période d'engraissement (caillebotis partiel)

2.5. Bilans de masse

Pour l'azote, le défaut de bilan de masse par salle représente - 1.4 et 1.5% de l'azote entrant respectivement pour les salles CI 24 et CP18 (Tableau 5).

Tableau 5 – Bilan de masse pour l'azote par salle (kg/salle)

		CI 24	CP18
Entrées	N ingéré	346,6	312,3
	N porcelets entrés	30,6	23,9
Sorties	N porcs sortis	166,7	140,8
	N lisier	163,8	147,5
	N volatilisé	52,0	42,8
Entrées - Sorties	Défaut de bilan	-5,3	5,1

Pour le carbone, les défauts de bilan de masse sont de 5.9 et -15.7% du carbone entrant respectivement pour les salles CI24 et CP18. Pour l'eau, le défaut de bilan par salle représente -5.6 % de l'eau entrant pour la salle CI 24 et -6.8 % pour la salle CP18.

2.6. Emissions gazeuses

2.6.1. Composés azotés : ammoniac et protoxyde d'azote

Les émissions azotées (NH_3 et N_2O) des salles CI24 et CP18 mesurées en continu par l'analyseur expliquent respectivement 110,2% et 88,3% des pertes azotées par volatilisation calculées par les bilans massiques.

Sur l'ensemble de la période d'engraissement, l'émission d'ammoniac a été de 855 g N-NH_3 /porc dans la salle CI24 et de 878 g N-NH_3 /porc dans la salle CP18. Les émissions

d'ammoniac représentent respectivement 24 et 22% de l'azote excrété pour les porcs des salles CI24 et CP18 ; valeurs en accord avec le CORPEN (2003).

Sur l'ensemble de la période d'engraissement, l'émission d'ammoniac est de 8,9 g N-NH₃/porc/j pour la salle CI24, valeur en accord avec la littérature (Hoeksma et al., 1992 ; Guingand et Granier, 2001 ; Philippe et al., 2007). Pour la salle CP18, l'émission d'ammoniac est de 9,1 g N-NH₃/porc/j, soit une valeur très proche de la salle CI24. Hoeksma et al. (1992) obtiennent une valeur de 9 g N-NH₃/porc/j avec du caillebotis partiel avec 25% de gisoir et une température de 20°C. Dans des conditions identiques, Guingand (2003) obtenait une émission de 12,5 g N-NH₃/porc/j avec 50% de gisoir contre 10 g N-NH₃/porc/j sur caillebotis intégral ; la température ambiante moyenne des deux salles étant proche de 24 °C. Par rapport à cette étude, la réduction de la température ambiante appliquée ici sur la salle en caillebotis partiel (50 % gisoir) a permis de réduire de 28% l'émission d'ammoniac.

Concernant le protoxyde d'azote, le niveau d'émission est de 0,12 g N-N₂O /porc/j pour la salle CI24 contre 0,15 g/porc/j pour la salle CP18. Nos valeurs apparaissent inférieures à celles de Philippe et al., (2007 - environ 0,3 g N-N₂O /porc/j pour du caillebotis intégral à environ 20°C). Osada et al. (1998) observent des valeurs variant entre 0,1 et 0,25 g N-N₂O/porc/j pour du caillebotis partiel avec 25 % de gisoir et une température ambiante de l'ordre de 16°C.

2.6.2. Composés carbonés : méthane et dioxyde de carbone

Les émissions carbonées (CH₄ et CO₂) mesurées en continu représentent 90,8 et 70,2 % des émissions calculées par les bilans de masse, respectivement pour les salles CI24 et CP18.

Pour le méthane (CH₄), l'émission est de 7,3 g C-CH₄/porc/j pour les animaux élevés dans la salle CI24 et de 8,4 g C-CH₄/porc/j pour ceux élevés dans la salle CP18. Dans la littérature, les données disponibles varient entre 2 et 30 g/porc/j. Gallmann et al. (2003) mesurent des émissions de CH₄ comprises entre 6 et 9 g/porc/j pour des bandes d'hiver sur caillebotis intégral avec des températures ambiantes entre 19 et 23°C. Dans notre étude, l'émission de CH₄ pour la salle sur caillebotis partiel est légèrement supérieure à celle obtenue sur caillebotis intégral. Osada et al. (1998) obtiennent des émissions de l'ordre de 5 g C-CH₄/porc/j avec du caillebotis partiel. Cependant, ces données sont difficilement comparables aux nôtres dans le sens où il s'agit de caillebotis partiel avec seulement 25 % de gisoir (contre 50 % dans notre étude) et la température ambiante est en moyenne de 16 °C sur toute la période d'engraissement.

Pour le dioxyde de carbone (CO₂), l'émission de la salle CI24 est de 676 g C-CO₂/porc/j et de 629 g/porc/j pour la salle CP18. Pour la salle sur caillebotis intégral, nos valeurs sont inférieures à celles fournies par Gallmann et al. (2003) et Philippe et al. (2007) et qui fournissent des données entre 1,6 et 2 kg/porc/j.

Pour l'ensemble des composés azotés et carbonés, aucun effet significatif du traitement n'a été mis en évidence.

3. DISCUSSION GENERALE

Dans notre étude, la réduction de la température ambiante pour la salle sur caillebotis partiel agit principalement sur l'ammoniac pour aboutir à un niveau d'émission équivalent à celui mesuré sur caillebotis intégral conduit à 24°C. Pour les autres gaz étudiés, l'effet de la combinaison entre le type de

sol et la température n'a pas été mis en évidence. L'incidence de la température ambiante sur l'ammoniac, en relation avec le type de sol, peut être analysée selon deux axes.

- La température a une action directe sur la chimie de l'ammoniac. En effet, la température est un des premiers facteurs de variation de la volatilisation d'ammoniac (Groot Koerkamp et Uenk, 1997 – Ni et al., 1995). L'ammoniac (NH₃) est une base qui, en solution, est constamment en équilibre avec son acide conjugué, l'ion ammonium (NH₄⁺). La constante de cet équilibre acido-basique est la constante d'acidité K_{AN} qui est une fonction directe de la température (Emerson et al., 1975). La réduction de la température déplace donc l'équilibre NH₃/NH₄⁺ en défaveur de l'ammoniac réduisant ainsi le potentiel de volatilisation de l'ammoniac dans l'ambiance de la salle soumise à une température plus faible.

- La température agit sur le comportement des porcs quant à l'identification des zones de couchage et d'excrétion. Selon Aarnink et al. (2006), il existe une température critique au-delà de laquelle la fréquence d'excrétion des porcs sur le gisoir augmente considérablement. Cette température critique serait corrélée avec le poids vif des porcs. Ainsi, pour des porcs de 25kg, la température critique serait d'environ 25°C et chuterait à 20°C pour des porcs de 100 kg. Dans notre étude, sur la période croissance, la température ambiante est très inférieure à la température critique citée par Aarnink et al. (2006) ne favorisant pas l'excrétion des porcs sur le gisoir. Ceci est d'ailleurs confirmé par les notes de propreté des porcs et des sols sur cette période (Figure 1, Tableau 4). Sur la période de finition, la température ambiante est identique voire supérieure à la température critique induisant une altération du comportement d'excrétion des porcs. En effet, sur la période finition, on observe une dégradation de la propreté du gisoir et des animaux. Cette notion de température critique nous permet donc d'envisager la possibilité de réduire l'émission d'ammoniac par une réduction plus importante des températures de consigne (de l'ordre de 16°C) pour les salles sur caillebotis partiel.

Dans notre étude, l'effet de la température sur les performances zootechniques des porcs a été clairement mis en évidence.

La température agit directement sur le comportement alimentaire des animaux. Quiniou et al. (1997) notent une augmentation de la consommation d'aliment et de la durée de consommation par jour quand la température diminue. D'après Massabie et al. (1996), l'incidence de la réduction de la température de 24 à 20°C n'est pas significative sur le GMQ pendant la période de croissance tandis qu'elle est associée à une amélioration du GMQ sur la période finition. Nos résultats sont en accord avec ces observations (Tableau 2).

Les limites de la zone de confort thermique évoluent avec le poids des porcs. La limite inférieure de thermoneutralité est plus élevée en début d'engraissement. Par ailleurs, les effets de la température sont limités en début d'engraissement par la capacité d'ingestion des porcs (Quiniou et al., 1997).

Ainsi, dans notre étude, cela se traduit par une absence de différence significative sur la CMJ pendant la période de croissance (Tableau 2) tandis qu'en période de finition, la réduction de la température ambiante est associée à une augmentation significative de la CMJ.

L'augmentation de la quantité d'aliment ingéré permet de satisfaire le besoin énergétique induit par la réduction de la température ambiante.

Toutefois l'ajustement entre l'ingéré énergétique et la perte de chaleur n'est pas nécessairement parfait et peut contribuer à l'augmentation de l'adiposité de la carcasse (Tableau 2).

Dans nos conditions d'étude, la réduction de la température de consigne de 24 à 18°C tend à augmenter l'IC de 0,10 unité entre les porcs sur caillebotis intégral à 24°C et ceux sur caillebotis partiel à 18°C. L'incidence de la température sur l'IC est connu (Massabie *et al.*, 1996 ; Le Dividich *et al.*, 1985). Entre 28 et 20°C, Le Dividich *et al.* (1985) considèrent que l'IC augmente de 0,017 point par degré centigrade et de 0,052 entre 12,5 et 20°C.

Il convient cependant de noter que les porcs de la salle CP18 ont été abattus à un poids supérieur à celui des porcs de la salle CI24. L'indice de consommation a été recalculé de manière théorique pour un abattage à poids identique basé sur le poids des porcs de la salle CI24. Pour un abattage à 109 kg (Tableau 2), la durée d'engraissement des porcs de la salle CP18 aurait été réduite de 6,7 jours. L'indice de consommation, calculé en intégrant la différence de consommation d'aliment pour une durée d'engraissement inférieure, serait alors de 2.63 vs 2.59 pour les animaux de la salle CI24. De même, la réduction de la durée d'engraissement correspondrait à une émission calculée d'ammoniac de 815 grammes par porc soit un écart de seulement 5 % par rapport aux valeurs obtenues. Pour un abattage à poids similaire, la combinaison type de sol-température aurait un effet légèrement moins marqué sur l'indice de consommation sans pour autant réduire de manière notable l'émission d'ammoniac.

Dans la définition des MTD donnée par la directive IPPC, la notion de viabilité économique est clairement énoncée. Dans nos conditions d'études, l'écart significatif de TMP entre les deux salles combiné à un IC qui tend à être plus élevé dans la salle CP18 conduit à des marges par porc différentes. Dans une optique de réduction des émissions d'ammoniac par rapport aux systèmes conventionnels actuels, la mise en œuvre du caillebotis partiel nécessiterait l'application de consignes de température ambiante inférieures à celles choisies dans notre étude. La conséquence directe de l'application de consigne de l'ordre de 16°C serait alors une dégradation encore plus marquée de l'IC et probablement une altération des performances de croissance.

Par ailleurs, la réduction de la température ambiante nécessite une maîtrise parfaite des circuits d'air sous peine de voir apparaître des courants d'air particulièrement préjudiciables pour la croissance des animaux soumis à température basse et pouvant favoriser l'émergence de pathologies pulmonaires.

CONCLUSIONS

Cette étude a permis de comparer l'émission d'ammoniac de porcs charcutiers élevés sur caillebotis partiel (50% gisoir) à une température réduite par rapport à celle de porcs élevés sur caillebotis intégral en situation de confort thermique. Ainsi, avec une température de consigne fixée à 18°C, l'émission d'ammoniac par porc élevé sur caillebotis partiel est équivalente à celle émise par porc élevé sur caillebotis intégral à 24°C. Aucun effet de la combinaison type de sol - température n'a été mis en évidence sur les autres gaz étudiés. En relation avec le type de sol, la température se révèle comme un facteur essentiel du processus d'émission tant par son effet chimique que par son action sur le comportement des animaux.

Ces résultats ont été obtenus avec un différentiel de 6°C sur la température de consigne entre les deux types de sol. Avec une température de consigne proche de 16°C, il semble envisageable d'obtenir des émissions d'ammoniac inférieures à celles obtenues avec du caillebotis intégral conduit à 24°C. Cependant, les MTD intègrent la notion de viabilité économique en rapport avec l'efficacité de la technique sur la réduction de l'impact environnemental.

Un abaissement conséquent de la température ambiante aurait certainement une incidence préjudiciable sur l'indice de consommation ainsi que sur la qualité des carcasses. La mise en œuvre de cette technique engendrerait alors une augmentation du coût de production pour les éleveurs de porcs, surcoût qui ne pourrait alors être acceptable dans le cadre de la définition des MTD telle qu'elle est donnée dans la directive IPPC.

REMERCIEMENT

Cette étude a été financée par le Programme National de Développement Agricole.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aarnink A.J.A., Van den Berg A.J., Keen a., Hoeksma P., Verstegen M.W.A., 1996. Effect of slatted floor area on ammonia emission and on the excretory and lying behaviour of growing pigs. *J. agric. Engng Res*, 64, 299-310.
- Aarnink A.J.A., Swiestra D., Van den Berg A.J., Speelman L., 1997. Effect of type of slatted floor and degree of fouling of solid floor on ammonia emission rates from fattening piggeries. *J. agric. Engng Res.*, 66, 93-102.
- Aarnink A.J.A., Schrama J.W., Heetkamp M.J.W., Stefanowska J., Huynh T.T.T., 2006. Temperature and body weight affect fouling of pig pens. *J. Anim. Sci.* 84, 2224-2231.
- CORPEN, 2003. Estimation des rejets d'azote-phosphore-potassium-cuivre et zinc des porcs. Influence de la conduite alimentaire et du mode de logement des animaux sur la nature et la gestion des déjections produites. Groupe Porcs. Juin 2003, 41 pp
- Courboulay V., 2005. Conséquences d'une augmentation de la surface par animal sur les performances, les lésions et le comportement du porc à l'engrais. *Journées Rech. Porcine*, 37, 465-470.
- Courboulay V., Guingand N., 2007. Réduire la proportion d'espace vide pour des sols de type caillebotis béton en engraissement : quelles conséquences pour les animaux et l'environnement. *Journées Rech. Porcine*, 39, 77-82.
- Emerson K., Russo R.C., Lund R.E., Thurston R.V., 1975. Aqueous ammonia equilibrium calculations : effects of pH and temperature. *J. Fish. Res. Bd Can.* 32, 2379-2383.
- Gallmann E., Hartung E., Jungbluth T., 2003. Long-term study regarding the emission rates of ammonia and greenhouse gases from different housing systems for fattening pigs – final results. In the Proceedings of the International symposium on Gaseous and Odour Emissions from Animal Production Facilities. Horsens, 1-4 June, 122-130.

- GES'TIM, 2009. Guide méthodologique pour l'estimation de l'impact des activités agricoles sur l'effet de serre. Version 1.2, www.inst-elevage.asso.fr
- Groot Koerkamp P.W.G., Uenk G.H., 1997. Climatic conditions and aerial pollutants in and emissions from commercial animal production systems in the Netherlands. In the Proceedings of the International Symposium Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities. Vinkeloord. The Netherlands, 6—10 October, 139-144.
- Guingand N., Granier R., 2001. Comparaison caillebotis partiel et caillebotis integral en engraissement – effets sur les performances zootechniques et sur l'émission d'ammoniac. Journées Rech. Porcine, 33, 31-36.
- Guingand N., 2003. Influence de la mise en place de caillebotis partiel et de la taille des cases sur les émissions d'ammoniac et d'odeurs en engraissement. Journées Rech. Porcine, 35, 15-20.
- Hoeksma P., Verdoes N., Oosthoek J., Voermans J.A.M., 1992. Reduction of ammonia volatilization from pig houses using aerated slurry as recirculation liquid. Livest. Prod. Sci. 31, 121-132.
- IPPC, 2003. Reference Document on Best Available Techniques for Intensive Rearing of poultry and pigs. European Commission, 341 pp
- Le Dividich J., Desmoulin B., Dourmad J.Y., 1985. Influence de la température ambiante sur les performances du porc en croissance-finition en relation avec le niveau alimentaire. Journées Rech. Porcine, 17, 275-282.
- Le Dividich J., Noblet J., Herpin P., van Milgen J., Quiniou N., 1998. Thermoregulation. In: Proc. of the 58th Easter School in Agricultural Science: Progress in Pig Science., Ed: Wiseman J., Varley M.A. and Chadwick J.P., Nottingham University Press, 229-264.
- Levasseur P., 2005. Composition des effluents porcins et de leurs co-produits de traitement quantités produites. Brochure ITP, 68 pp.
- Massabie P., Granier R., Le Dividich J., 1996. Influence de la température ambiante sur les performances zootechniques du porc à l'engrais alimenté ad libitum. Journées Rech. Porcine, 28, 189-194.
- Ni J.Q., Berckmans D., Coenegrachts J., Vinckier C., 1995. Field measurement of ammonia emission from pig house to collect data for model validation. In the Proceedings of the ASAE Annual International Meeting. Paper n°954421. Chicago. Illinois, 1-13.
- Osada T., Rom H.B., Dahl P., 1998. Continuous measurement of nitrous oxide and methane emission in pig units by infrared photoacoustic detection. Transactions of the ASAE. Vol.41(4), 1109-1114.
- Philippe F.X., Laitat M., Canart B., Vandenheede M., Nicks B., 2007. Comparison of ammonia and greenhouse gas emissions during the fattening of pigs, kept either on fully slatted floor or on deep litter. Livestock Science 111, 144-152.
- Quiniou N., Noblet J., Le Dividich J., Dubois S., Labroue F., 1997. Influence de l'abaissement de la température ambiante et du poids vif sur le comportement alimentaire des porcs en croissance élevés en groupe. Journées Rech. Porcine, 29, 135-140.
- Rinaldo D., Le Dividich J., 1991. Assessment of optimal temperature for performance and chemical body composition of growing pigs. Livest. Prod. Sci., 29, 61-75
- SAS, 1998. SAS/STAT User's Guide (version 6.Fourth Ed.), SAS Inst. Inc. Cary, NC.

