

EMISSIONS GAZEUSES D'UN ELEVAGE BIOLOGIQUE DE POULETS DE CHAIR : EMISSIONS DE NH₃, DE N₂O ET CH₄ EN BATIMENT ET DE N₂O ET CH₄ SUR PARCOURS

Meda Bertrand ¹, Hassouna Mélynda ¹, Flécharde Christophe ¹, Lecomte Marcel ¹,
Cellier Pierre ², Germain Karine ³, Picard Sylvie ⁴, Robin Paul ¹

¹INRA, Agrocampus Ouest, UMR1069 SAS, F-35000 RENNES, France

²INRA, AgroParisTech, UMR1091 EGC, F-78850 THIVERVAL-GRIGNON, FRANCE

³INRA, UE1206 EASM, F-17700 SURGERES, FRANCE

⁴CEMAGREF, UR GERE, F-35044 RENNES, FRANCE

melynda.hassouna@rennes.inra.fr

RESUME

Cette étude propose une estimation des émissions gazeuses à partir de mesures réalisées dans un élevage biologique sur le domaine INRA du Magneraud (17). Les émissions de NH₃, N₂O, CH₄, CO₂, et H₂O du bâtiment ont été mesurées pendant 56 jours réparties sur 3 périodes de mesure. Pour ce faire les débits d'air ont été estimés au moyen d'un gaz traceur (SF₆) et les concentrations ambiantes intérieures et extérieures en gaz mesurées à l'aide d'un analyseur de gaz infrarouge photo-acoustique. Des bilans de masse calculés à partir de données d'élevage ont également été réalisés pour valider les émissions mesurées et les interpolations sur toute la période d'élevage. Les émissions de N₂O et de CH₄ sur le parcours ont été mesurées au moyen de chambres statiques disposées sur le parcours. En bâtiment, les émissions gazeuses s'élevaient à 0,13 g NH₃ jour⁻¹ animal⁻¹, 46 mg N₂O jour⁻¹ animal⁻¹ et 13 mg CH₄ jour⁻¹ animal⁻¹. Les émissions de NH₃ en bâtiment sont plus faibles que pour des poulets élevés en claustration. Ceci peut s'expliquer par une excrétion azotée plus faible en bâtiment en raison de l'accès au parcours. Le bilan de masse sur l'azote a permis d'estimer les pertes totales azotées gazeuses entre 30 et 40% de l'excrété total, ce qui est en accord avec les données du CORPEN. Sur parcours, les émissions de N₂O et de CH₄ sont très faibles et proches des conditions de fond mesurées à l'extérieur du parcours (< 40 ng s⁻¹ m⁻²). Toutefois, des pics d'émissions ont été observés aux abords du bâtiment, zone occupée préférentiellement par les animaux et avec une concentration élevée des déjections. Les résultats montrent qu'en estimant la répartition des déjections sur l'ensemble du parcours, les émissions totales à l'échelle du parcours et sur toute la période d'élevage pourront être estimées.

ABSTRACT

Housing emissions of NH₃, N₂O and CH₄ and outdoor emissions of CH₄ and N₂O from an organic broiler production system

This study presents an assessment of gaseous emissions from an organic broiler production system composed of a broiler house and an outdoor run located on an INRA experimental farm. In the house, concentrations of NH₃, N₂O, CH₄, CO₂ and H₂O were monitored during 56 days over 3 discontinuous periods. To assess gaseous emissions, both indoor and outdoor gas concentrations were monitored using a photo-acoustic infrared analyser. Air flow rates were estimated using SF₆ tracer gas. Mass balances were also performed with zootechnical data to validate the measurements and interpolate data between measurement periods. Outdoor emissions of N₂O and CH₄ were measured using manual static chambers placed on the outdoor run. In the house, emissions were 0.13 g NH₃ day⁻¹ broiler⁻¹, 46 mg N₂O day⁻¹ broiler⁻¹ and 13 mg CH₄ day⁻¹ broiler⁻¹. Indoor NH₃ emissions were lower than for broilers raised in confinement, which can be explained because of the access to the outdoor run. Moreover, results showed that indoor gaseous N losses were 30 – 40% of total N excretion, which is consistent with the French inventory methodology. On the outdoor run, emissions of N₂O and CH₄ were low and close to background fluxes (< 40 ng s⁻¹ m⁻²). Emission peaks were occasionally measured, especially in chambers close to the house where the density of droppings was higher. Finally, results showed that with good assessment of dropping distribution on the outdoor run, emissions of CH₄ and N₂O could be extrapolated over the whole rearing period at the outdoor run scale.

INTRODUCTION

La consommation mondiale de produits issus de l'agriculture biologique augmente dans le monde (IFOAM et FIBL, 2008 ; 2010) notamment en raison d'une image positive auprès des consommateurs en terme de respect de l'environnement et de qualité des produits.

En France, l'élevage de poulets de chair biologiques représentait en 2008 moins de 1% de la production totale (Magdelaine *et al.*, 2010) mais la décision en 2007 du Grenelle Environnement de développer l'agriculture biologique à l'horizon 2020 laisse présager un développement de la filière.

Cependant, l'accès au parcours imposé par le cahier des charges de l'agriculture biologique pose de nombreuses questions environnementales. En effet, les quantités de déjections excrétées sur le parcours ne sont pas connues mais elles peuvent être à l'origine d'émissions d'ammoniac (NH_3), de méthane (CH_4) et de protoxyde d'azote (N_2O), trois gaz connus pour leurs effets négatifs sur l'environnement. Cependant, les connaissances sur l'impact environnemental de l'élevage de poulets biologiques (et de manière plus générale sur les systèmes avicoles avec parcours) sont encore très limitées.

Cette étude, réalisée dans le cadre du projet PSDR AlterAviBio, présente donc l'estimation des émissions gazeuses d'un élevage de poulets biologiques. L'étude, conduite entre décembre 2009 et mai 2010, portait sur les émissions NH_3 , de CH_4 et de N_2O en bâtiment et de CH_4 et de N_2O sur parcours.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Site d'étude

L'étude a été réalisée sur la plateforme expérimentale AlterAvi de l'unité expérimentale INRA EASM (domaine du Magneraud, Charente-Maritime). Le climat est de type océanique tempéré avec une température moyenne annuelle de 13°C et des précipitations annuelles d'environ 500 mm.

Le bâtiment d'élevage avait une surface de 75 m^2 avec deux trappes permettant l'accès au parcours. Le parcours était composé d'une prairie temporaire (graminées + légumineuses) de 2500 m^2 . Les caractéristiques du système sont présentées sur la Figure 1.

Les conditions de température et d'hygrométrie ont été mesurées à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment durant toute la durée de l'étude. De plus, la température et le taux de saturation en eau de la porosité (WFPS en %) du sol du parcours ont également été mesurés.

1.2. Conduite d'élevage et gestion de la litière

758 poussins âgés de 1 jour (souche Hubbard I657) ont été placés dans le bâtiment le 7 décembre 2009. Du jour 36 au jour 91 (abattage), les animaux ont eu un accès illimité au parcours. Au cours de la bande,

les animaux ont reçu trois aliments issus de l'agriculture biologique (démarrage jusqu'à J27 ; croissance de J28 à J55 ; finition de J56 à J91).

Dans le bâtiment, une litière de paille biologique a été utilisée à raison de $6,56\text{ kg par m}^2$ (50% au démarrage puis 50% au cours de la bande). Les teneurs en matière sèche (MS), azote (N), phosphore (P_2O_5) et potassium (K_2O) de la paille utilisée pour la litière ont été déterminées par analyses chimiques.

1.3. Détermination des rejets et répartition des déjections entre bâtiment et parcours.

La rétention corporelle de N, P et K a été estimée à l'aide des valeurs données par le CORPEN (2006) et des performances zootechniques de l'élevage (ingestion d'aliments et poids vif). L'excrétion totale (bâtiment + parcours) a été estimée par différence entre l'ingéré total (aliment) et le fixé total (méthode du bilan). En l'absence de données sur l'ingestion de matrice environnementale (terre, végétaux, vers...), l'ingéré total est égal à l'ingéré par les aliments apportés dans le bâtiment.

Le fumier et la paille apportée ont été pesés et leurs teneurs en MS, N Kjeldahl, P_2O_5 et K_2O déterminées par analyses chimiques.

Les quantités excrétées en bâtiment ont ensuite été estimées en utilisant les éléments non volatiles P et K suivant le bilan de masse suivant :

$$\text{Excrété bâtiment} = \text{Fumier} - \text{Apports paille}$$

Les quantités excrétées de P et K sur parcours ont été estimées par différence entre l'excrété total et l'excrété en bâtiment. Pour l'azote, élément volatil, les quantités excrétées dans le bâtiment et sur parcours ont été calculées à partir des pourcentages de répartition calculés pour P et K.

1.4. Emissions en bâtiment

Les émissions de NH_3 , CH_4 et N_2O ont été mesurées en continu durant 3 périodes de 20, 15 et 21 jours respectivement réparties sur les 91 jours d'élevage. Afin d'estimer le débit de renouvellement d'air dans le bâtiment, la méthode dite « de traçage » a été utilisée. Elle repose ici sur l'utilisation du SF_6 comme gaz traceur. Le débit d'air est calculé en mesurant d'une part les concentrations intérieures et extérieures en SF_6 et d'autre part, avec le débit connu de gaz traceur injecté dans l'air intérieur du bâtiment. Les concentrations intérieures et extérieures en NH_3 , N_2O , CO_2 , CH_4 , SF_6 et en H_2O ont été mesurées par spectrométrie infrarouge photo-acoustique à l'aide d'un analyseur de gaz (INNOVA 1312) couplé à un échantillonneur (INNOVA 1303). Les concentrations intérieures étaient mesurées par 4 points de prélèvement répartis dans le bâtiment et les concentrations extérieures par 2. Enfin, pour homogénéiser l'air à l'intérieur du bâtiment et optimiser la répartition du gaz traceur, un ventilateur monté sur une gaine de ventilation percée a été

installé dans le bâtiment. Le dispositif est présenté sur la Figure 1.

Les émissions gazeuses (E) ont ensuite été estimées pour chaque période en croisant les gradients de concentrations entre l'intérieur (C_{int}) et l'extérieur (C_{ext}), avec les débits d'air Q_{air} , selon l'équation suivante :

$$E = Q \cdot (C_{int} - C_{ext})$$

Enfin, les émissions cumulées pour l'ensemble de la période d'élevage ont été estimées par interpolation linéaire entre les périodes de mesures.

1.5 Emissions sur parcours

Les flux de CH_4 et N_2O sur le parcours ont été mesurés à l'aide de chambres statiques (Smith *et al.*, 1995). Pour cela, 16 cadres métalliques ont été placés sur le parcours dont la moitié placée dans les 15 premiers mètres devant le bâtiment, zone préférentiellement utilisée par les animaux selon des observations de comportement animal sur les bandes précédentes. De plus, 3 cadres ont été placés à l'extérieur du parcours pour mesurer les conditions de fond. La répartition des cadres est présentée sur la Figure 1. Au total, 9 séries de mesures ont été réalisées avant, pendant et après le passage des poulets sur le parcours (entre décembre 2009 et mai 2010).

Pour chaque mesure, les cadres ont été recouverts avec une chambre amovible et équipée d'un septum pour réaliser les prélèvements. 4 prélèvements d'air ont été réalisés respectivement 0, 10, 20 puis 30 min après la fermeture de la chambre puis injectés dans des tubes hermétiques préalablement mis sous vide. L'analyse des échantillons a été réalisée par chromatographie en phase gazeuses (Agilent 6890N). Les flux de CH_4 et N_2O ($ng\ s^{-1}\ m^{-2}$) dans chaque chambre ont ensuite été calculés par régression linéaire de la concentration en fonction du temps.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Performances zootechniques

A 91 jours, les animaux ont été abattus à un poids vif moyen de 2,21 kg. Le gain moyen quotidien était de 24 g/j pour un indice de consommation de 3,61.

2.2. Répartition des déjections entre bâtiment et parcours.

A la fin de la bande, 3400 kg de fumier ont été sortis du bâtiment. Le taux de matière sèche du fumier était de 57% et les teneurs en N total, P_2O_5 et K_2O étaient respectivement de 17, 18 et 14 g par kg de fumier.

La part de déjections déposées dans le bâtiment a été estimée entre 89 et 97% de l'excrété total (3 à 11% de l'excrété total sur parcours) grâce aux bilans de masses sur K et P respectivement. Les excréments totales, en bâtiment et sur parcours sont présentées dans le Tableau 1. La part de déjections déposées sur le parcours est nettement plus faible dans notre étude

que la valeur de 25% donnée par le CORPEN (2006). Ceci est peut être dû aux conditions climatiques hivernales réduisant les sorties des animaux lors de l'étude. En effet, la température moyenne extérieure sur la période d'accès au parcours était de 4,2 °C et de la neige a été observée sur le parcours plusieurs fois.

2.3. Emissions en bâtiment

Les facteurs d'émissions de NH_3 , N_2O et CH_4 par période de mesures et pour toute la bande sont donnés dans le Tableau 2.

Les émissions de NH_3 sont très faibles en début de bande (P1) puis augmentent lors des périodes 2 et 3, au fur et à mesure que les animaux déposent des fientes sur la litière, que de l'azote ammoniacal est disponible et que la litière s'humidifie. En outre, la teneur finale en MS du fumier est assez faible (57%) pour un fumier de volailles (70-75% de MS selon Bodet *et al.*, 2001), ce qui a probablement contribué aux émissions de NH_3 . Toutefois, le facteur d'émission moyen sur la bande (0,13 g NH_3 / poulet / j) demeure nettement inférieur aux valeurs données dans la littérature (Meda *et al.*, 2010) pour des systèmes en claustration (0,3 – 0,5 g / poulet / j). Ceci est sans doute dû aux faibles températures dans le bâtiment en périodes 2 et 3 (moyennes de 9 et 11 °C respectivement) ainsi qu'au fait que les poulets n'ont pas passé l'intégralité de leur temps en bâtiment mais également sur le parcours. Enfin, les émissions cumulées de NH_3 dans le bâtiment sur l'ensemble de la bande représente 7,8 kg de NH_3 soit 7% de l'azote total excrété.

Les émissions cumulées de N_2O sur l'ensemble de la bande représentent 2,8 kg de N_2O soit 2% de l'azote total excrété. Le facteur d'émission de N_2O moyen sur toute la bande est assez élevé pour un élevage sur litière. Ceci est principalement dû aux fortes émissions en début de bande (86 mg / poulet / j). Toutefois, il est probable que ces émissions aient été surestimées en période 1, en raison d'une interférence entre le spectre d'absorption infrarouge du monoxyde de carbone (mauvaise combustion du propane dans les radiants destinés au chauffage) et le spectre d'absorption du N_2O . Des mesures complémentaires doivent être menées pour confirmer cette hypothèse.

Avec l'estimation des rejets de N sur parcours, du N dans le fumier et des émissions de NH_3 et de N_2O en bâtiment, le bilan de l'azote excrété n'est pas bouclé. Le défaut de bilan, estimé entre 21 et 29%, est attribué aux pertes d'azote sous forme de N_2 et aux erreurs de mesure. Au final, l'abattement total d'azote en bâtiment sous forme d'émissions gazeuses ($NH_3 + N_2O + N_2$) représente environ 30 % de l'excrété total. Cette valeur est en accord avec la valeur proposée par le CORPEN (2006) pour ce type de système.

Enfin, les émissions de méthane sont très faibles sur toute la bande (0,8 kg), malgré une augmentation importante en périodes 2 et 3 par rapport au démarrage. Ceci est probablement dû à l'augmentation au cours de la bande de l'humidité de

la litière (de 9 à 43%) favorisant ainsi les conditions anaérobies favorables aux émissions de CH_4 . Par ailleurs, le faible facteur d'émission par rapport à des élevages en claustration ($0.013 \text{ g / j / poulet biologique}$ vs. $0.05 \text{ g / j poulet en claustration}$ selon IPCC, 2006) sur la bande peut, comme pour les autres gaz, être expliqué par les faibles températures et par l'accès au parcours.

2.4. Emissions sur parcours

Durant l'étude, les flux de CH_4 et de N_2O étaient très variables dans le temps et dans l'espace (Figure 2). Les flux de N_2O allaient de -105 à $+1710 \text{ ng m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (médiane à $1 \text{ ng m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) avec des flux en conditions de fond sur les chambres témoins toujours très proches de 0. Les flux négatifs de N_2O peuvent s'expliquer par la transformation du N_2O du sol en N_2 lors des processus de dénitrification tandis que les flux positifs peuvent s'expliquer par une dénitrification incomplète. Ces processus sont très dépendants des conditions d'humidité du sol (taux de saturation de la porosité). Ainsi, dans des conditions spécifiques d'humidité (sol humide mais non saturé), les processus de dénitrification ne vont pas à leur terme, et on peut observer des pics d'émissions comme présentés sur la Figure 2 (09/03/10 et 06/04/10).

Les flux de CH_4 sur le parcours allaient de -112 à $+944 \text{ ng m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (médiane à $-7 \text{ ng m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) tandis que les flux en conditions de fond sur les chambres à l'extérieur étaient toujours très faibles et proches de 0. Les flux négatifs observés résultent de l'oxydation du méthane en CO_2 par les bactéries méthanotrophes du sol, phénomène fréquemment observé dans les sols forestiers et agricoles (Dobbie et Smith, 1996).

En revanche, lorsque le sol est proche de la saturation en eau, les conditions anaérobies favorisent la production de méthane, comme présentée sur la Figure 2 avec un pic d'émission le 02/03/10.

Toutefois, si les conditions d'humidité du sol contrôlent les flux de N_2O et de CH_4 du sol, la disponibilité en nutriments (hydrates de carbone et azote) dans le sol joue également un rôle important dans ces processus d'émissions. En effet, les pics d'émissions présentés sur la Figure 2 ont toujours été observés au niveau de chambres les plus proches de la sortie du bâtiment. A l'inverse, sur les chambres les plus éloignées du bâtiment, les flux étaient toujours très faibles et proches des conditions de fond.

Dans cette étude, nous n'avons pas encore d'estimation fiable des flux à l'échelle du parcours et sur toute la durée d'élevage, comme nous avons pu le faire pour les émissions en bâtiment. Toutefois, des analyses préliminaires semblent indiquer que les

émissions de N_2O et de CH_4 sur le parcours sont un ordre de grandeur plus faible que celles en bâtiment. Des analyses complémentaires seront réalisées au moyen notamment d'une extrapolation spatio-temporelle précise des flux sur le parcours et permettront en tenant compte des flux de fond mesurés sur les chambres témoins, d'estimer les émissions liées aux seules déjections sur le parcours.

Enfin, les émissions de NH_3 sur parcours n'ont pas été estimées. La méthode des « chambres statiques » n'étant pas adaptée pour le NH_3 , une méthode basée sur l'utilisation de capteurs passifs pour mesurer les concentrations ambiantes dans l'air, couplée à un modèle de dispersion inverse pourrait permettre d'estimer ces émissions. Cependant, compte tenu de la proximité d'autres sources fortement émettrices de NH_3 sur le site d'étude (porcheries, poulaillers...), les émissions du parcours pourraient ne pas être détectées.

CONCLUSION

Cette étude propose donc les premières références françaises concernant les émissions gazeuses d'un système de poulets de chair biologiques. Si les émissions en bâtiment s'avèrent être plus faibles que pour des systèmes en claustration, il est important de rappeler que les émissions sur parcours restent à prendre en compte pour toute la période d'élevage et pour l'ensemble du parcours. Ce n'est qu'une fois cette extrapolation effectuée que la comparaison entre ce système avec parcours et des systèmes en claustration sera pertinente.

Enfin, cette étude a mis en place les bases méthodologiques pour l'étude des impacts environnementaux d'autres systèmes avicoles avec parcours (pondeuses, canards) qui, bénéficiant d'une image positive auprès des consommateurs seront très certainement amenés à se développer.

REMERCIEMENTS

Cette étude a bénéficié d'un financement de l'INRA, du Cemagref et des Conseils Régionaux de Basse-Normandie, Bretagne, Pays de la Loire et Poitou-Charentes, au titre du projet AlterAviBio, dans le cadre des programmes « Pour et Sur le Développement Régional ». Les auteurs tiennent également à remercier le personnel de l'unité expérimentale INRA EASM pour l'aide administrative et technique durant l'étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bodet J.M, Hacala S., Aubert C., Texier P., 2001. Fertiliser avec les engrais de ferme. 104p.
CORPEN, 2006. Estimations des rejets d'azote, phosphore, potassium, calcium, cuivre, zinc par les élevages avicoles. 55p.
Dobbie K.E., Smith K.A., 1996. Soil Biol. Biochem., 28, 1357-1365.

IFOAM, FIBL, 2008. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2008. 268p.
 IFOAM, FIBL, 2010. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2010. 240p.
 IPCC, 2006. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Chapter 10. 87p.
 Magdelaine P., Riffard C., Berlier C., 2010. 13th European Poultry Conference. p316.
 Meda B., Hassouna M., Aubert C., Robin P., Dourmad J.Y., 2010. 13th European Poultry Conference. p893.
 Smith K.A., Clayton H., McTaggart I.P., Thomson P.E., Arah J.R.M., Scott A., 1995. Phil. Trans. R. Soc. A, 351, 327-337.

Figure 1. Dispositif de mesure des émissions gazeuses en bâtiment et sur parcours.

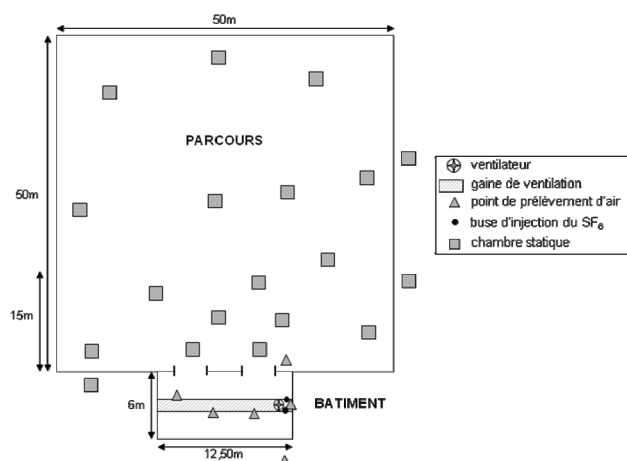


Tableau 1. Estimations des quantités totales de N, P et K ingérées, fixées et excrétées par les animaux.

	N	P	K
ingéré total (kg)	152	35	44
fixé total (kg)	53	8	3
quantités excrétées (kg)			
total	99	27	41
en bâtiment	88 – 96	26,2	36,5
sur parcours	3 – 11	0,8	4,5
répartition des déjections (% de l'excrété total)			
en bâtiment	89 - 97	97	89
sur parcours	3 - 11	3	11

Tableau 2. Emissions de NH₃, N₂O et CH₄ du bâtiment pour les 3 périodes de mesures et pour toute la durée de la bande.

	P1 16/12/09 – 05/01/10	P2 18/01/10 – 02/02/10	P3 16/02/10 – 09/03/10	bande
NH ₃ (g / poulet / jour)	0,01	0,14	0,22	0,13
N ₂ O (g / poulet / jour)	0,086	0,01	0,006	0,046
CH ₄ (g / poulet / jour)	0,0006	0,023	0,016	0,013

Figure 2. Flux de CH₄ et de N₂O mesurés sur le parcours et à l'extérieur du parcours.

