

EFFET DU MODE DE GESTION DES FIENTES DE POULES PONDEUSES SUR LES EMISSIONS D'AMMONIAC PENDANT LEUR STOCKAGE

**Loyon Laurence, Fabrice Guiziou, Martine Sarrazin, Guillaume Nunes, Andrés F.
Gonzalez-Mora**

INRAE UR OPALE - 17 avenue Cucillé -35044 RENNES
laurence.loyon@inrae.fr

RÉSUMÉ

Selon les derniers inventaires nationaux, le secteur agricole est la principale source d'ammoniac en France dont plus de 70% sont issus des élevages. Pour le secteur avicole, il existe peu de données sur les émissions d'ammoniac au cours du stockage des fientes de poules pondeuses élevées en cages aménagées ou en volières. L'objectif de cette étude est donc de comparer les émissions d'ammoniac au cours du stockage, sous conditions contrôlées de laboratoire, des fientes de poules pondeuses issues de mode de logement distinct (volière avec un séchage extérieur et cages aménagées avec pré-séchage). Différentes conditions de stockage ont été testées : (i) niveau de séchage des fientes, (ii) volume stocké et (iii) re-humidification des fientes sèches. Nos résultats montrent que plus les fientes sont sèches à l'entrée du stockage plus les pertes en azote sont faibles (0.0 vs 40% de pertes pour 89 vs 40% de MS ; $p < 0.05$). Par contre, toute ré-humidification des fientes séchées relance le processus de volatilisation de l'ammoniac. De plus, la quantité de fientes dans un volume de stockage donné impacte les pertes azotées: à volume constant, un poids de fientes plus élevé (1.3, 1.8 et 2.4 kg) réduit les pertes en azote (7 vs 46% de pertes; $p < 0.05$). Ces résultats suggèrent d'éviter le stockage des fientes sèches dans un environnement propice à la condensation hydrique, de favoriser le stockage de grandes quantités avec un séchage de la surface du tas et d'éviter une mise en tas répétée sur une même zone.

ABSTRACT

Effect of the management of laying hen droppings (aviaries, enriched cages) on ammonia emissions during storage

According to the latest national inventories, the agricultural sector is the primary source of ammonia in France, more than 70% of which comes from livestock farming. There are little data on ammonia emissions during the storage of laying hen droppings reared in enriched cages or aviaries for the poultry sector. Therefore, the objective of this study is to compare the ammonia emissions during the storage, under controlled laboratory conditions, of the droppings of laying hens from different types of housing (aviary with external drying and enriched cages with pre-drying). Different storage conditions were tested: (i) level of drying, (ii) volume stored, and (iii) re-wetting of the dry droppings. Our results show that the drier the droppings are at the entrance to the storage, the more nitrogen losses are low (0.0 vs 40% loss for 89 vs 40% DM; $p < 0.05$). In contrast, any re-wetting of the dried droppings restarts the ammonia volatilization process. In addition, the amount of droppings in a given storage volume impacts nitrogen losses: at constant volume, a higher weight of droppings (1.3, 1.8, and 2.4 kg) reduces nitrogen losses (7 vs 46% loss; $p < 0.05$). These results suggest some recommendations: (i) avoiding the storage of dry droppings in an environment conducive to water condensation, (ii) promoting the storage of large quantities with drying of the surface of the heap, and (iii) avoiding repeated heaping in the same area.

INTRODUCTION

Les élevages de poules pondeuses contribuent avec les autres productions animales aux émissions agricoles d'ammoniac (NH_3) estimées en France à 556 kt en 2018 (CITEPA, 2020). Ces émissions de NH_3 , dues à la volatilisation de l'azote excrété dans les effluents, sont liées aux postes d'émission des déjections (bâtiment, stockage et épandage) et sont encadrées par différentes réglementations internationales, européennes et nationales. La directive européenne NEC (National Emission Ceilings) fixe pour 2030 un objectif de réduction d'émissions de NH_3 de 13% par rapport à 2005 pour la France. Pour atteindre cet objectif, différentes modalités d'abattement des émissions d'ammoniac liées à la gestion des effluents sont proposées au titre du Plan national de réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (ADEME, 2020) et dans le guide des Bonnes Pratiques Environnementales d'Élevage édité par le RMT élevage et Environnement (RMT Élevage et Environnement, 2019). Pour les élevages de poules pondeuses, l'évacuation fréquente ou le séchage des fientes produites dans les bâtiments est une des techniques permettant de limiter les émissions d'ammoniac (ITAVI, 2013). Ces dernières années, les systèmes d'élevage des poules pondeuses ont évolué vers des modes de production hors cage afin de correspondre à la réglementation européenne (Directive 1999/74/CE). En France, 58 % des poules pondeuses étaient logées en cages aménagées en 2018 (ITAVI, 2020). Le type de logement modifie les caractéristiques et les quantités des fientes à stocker du fait de conditions de production (tapis, gisoir...) et de gestion (tapis d'évacuation, gisoir, séchage par ventilation des tapis...) différentes à l'intérieur du bâtiment. Cependant, il existe peu de données sur les émissions d'ammoniac au cours du stockage des fientes de poules pondeuses élevées en cages aménagées ou en volières (JRC, 2017). L'objectif de cette étude est donc de comparer les émissions d'ammoniac au cours du stockage, sous conditions contrôlées de laboratoire, des fientes de poules pondeuses (i) élevées en système volière avec un séchage extérieur et (ii) élevées en cages aménagées avec pré séchage en bâtiment et évacuation des fientes par tapis.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Sélection des élevages

Deux élevages de poules pondeuses ont été sélectionnés: l'élevage (E1) en système volière avec pré-séchage « naturel » au bâtiment et évacuation par tapis pour un séchage extérieur et l'élevage (E2) avec cages aménagées avec pré-séchage forcé par ventilation des tapis appelé séchage « dynamique » au bâtiment et tapis d'évacuation des fientes vers un hangar de stockage extérieur (Tableau 1).

1.2. Modes de gestion des fientes étudiées

L'impact de différents paramètres concernant les modalités de stockage des fientes séchées ou pré-séchées a été évalué : (i) Impact du niveau de séchage des fientes au moment du stockage en comparant les émissions de NH_3 des fientes pré-séchées « naturellement » dans le salles et en sortie du sécheur extérieur de l'élevage E1 à celles pré-séchées « dynamiquement » de l'élevage E2 en sortie de bâtiment; (ii) Impact de la quantité de fientes à volume de stockage constant en comparant les émissions de NH_3 de trois quantités de fientes pré-séchées de l'élevage E2 (1.3, 1.8 et 2.4 kg); (iii) Impact de la ré-humification des fientes séchées de l'élevage E1 par ajout en laboratoire d'un volume connu d'eau. En effet, avant reprise par une entreprise extérieure ou épandage, les fientes séchées sont généralement stockées dans un hangar semi ouvert enclin aux conditions climatiques.

1.3 Caractérisation physico-chimique des fientes

Les fientes ont été prélevées pour l'élevage E1 en sortie des salles et en sortie de sécheur et pour l'élevage E2 en sortie du bâtiment. Une analyse de l'azote ammoniacal (NH_4^+), de l'azote total (NTK) et des matières sèches (MS) des fientes a été réalisée au laboratoire de l'UR INRAE OPALE selon des méthodes normalisées. Ces mêmes analyses ont été effectuées à la fin du stockage expérimental des fientes afin de déterminer les pertes en azote dues à la volatilisation de l'ammoniac.

1.4 Evaluation des émissions d'ammoniac au cours du stockage des fientes

L'évaluation des émissions d'ammoniac au cours du stockage des fientes a été effectuée sur le banc de l'UR INRAE OPALE (Figure 1) constitué d'un plateau de 12 cellules de stockage de 5 litres permettant une étude comparative des émissions de NH_3 en conditions contrôlées de vitesse d'air et de température sur une durée d'environ 6 semaines (Hassouna et al., 2015, fiche 20). Trois répétitions (3 cellules) pour chaque type de fiente ou modalité de gestion étudiée ont été effectuées.

Figure 1 : Plateau expérimental de mesures des émissions de NH_3 au stockage



Les émissions d'ammoniac ont été déterminées par un bilan de masse en comparant les quantités d'azote total (NTK) avant et après le stockage expérimental

des fientes. Des analyses ponctuelles de l'air sortant des cellules par des pièges acides (Hassouna et al 2015, fiche 3) ont permis de valider que les pertes en azote total étaient sous forme d'ammoniac. Il est donc possible d'assimiler les pertes en azote, exprimés en % du NTK initial comme les pertes d'ammoniac.

1.5 Analyses Statistiques

L'effet des différentes modalités de stockage des fientes sur les émissions de NH_3 a été évalué statistiquement sur les données de chaque série de trois répétitions à l'aide du test non paramétrique Kruskal-Wallis avec une probabilité de 95% ($p < 0.05$) avec le logiciel Statgraphics Centurion 16.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 1 regroupe les caractéristiques des fientes issues des deux systèmes d'élevage étudiés ainsi que les pertes en azote au cours de leur stockage.

2.1 Caractéristiques physico-chimique des fientes

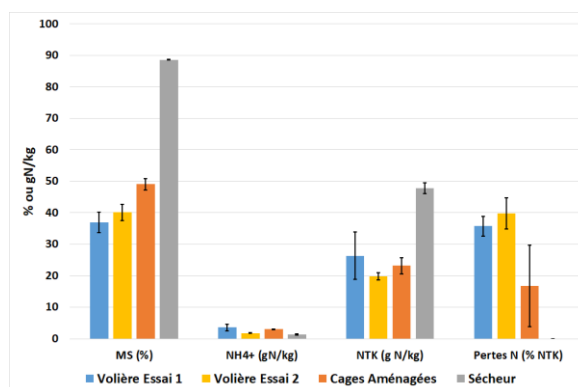
Selon Quideau (2010), le taux de matières sèches (MS) des fientes de poules pondeuses évolue en moyenne de 30 % (fientes fraîches) à 78 % après séchage. Les valeurs de cette étude sont dans cette fourchette (en moyenne 40% avant séchage pour l'élevage E1 et 49% pour l'élevage E2) quoique plus élevées pour le sécheur extérieur (89% de MS). Comme attendu, le séchage augmente la teneur en matière sèches des fientes (+135%) ainsi que celle du NTK (+107%) par concentration des matières suite à l'élimination de l'eau des fientes. Par contre, la teneur en NH_4^+ n'augmente pas du fait d'une perte en NH_3 (données non reportées ici) au cours du séchage extérieur. L'effet du système d'élevage sur les caractéristiques des fientes en sortie de bâtiment varie selon la période de prélèvement dans l'élevage en volière. Aussi, selon la période de prélèvement, les résultats en laboratoire indiquent des différences significatives ($p < 0.05$) ou non ($p > 0.05$) entre les deux types de logement. Ceci pourrait s'expliquer par la variabilité des conditions de gestion des salles/bâtiment (température et taux d'humidité) qui dictent les taux de ventilation et donc du pré-séchage ou encore l'évolution au cours de l'année de l'alimentation des poules qui affecte l'excrétion azotée.

2.2 Impact du mode de gestion des fientes sur les émissions de NH_3

2.2.1 Impact de la gestion des fientes au bâtiment sur les pertes en azote au cours du stockage

Seules les fientes séchées par un sécheur extérieur n'émettent pas de NH_3 au stockage (Figure 2).

Figure 2: Effet de la gestion des fientes au bâtiment sur les pertes en azote au cours du stockage



Une différence significative de teneur en NH_4^+ entre les deux essais pour l'élevage E1 est observée (3.6 vs 1.8 mg N/kg; $P < 0.05$) mais n'impacte pas les pertes en azote. Ceci s'explique par la teneur en acide urique (non quantifiée) qui constitue la majeure partie de l'azote total des fientes (Groot-Koerkamp, 1994). L'acide urique se transforme et augmente la teneur en NH_4^+ qui se volatilise à la surface du stockage. Dans le cas du séchage extérieur, le faible taux d'humidité ne permet pas la décomposition de l'acide urique pour libérer de l'ammoniac.

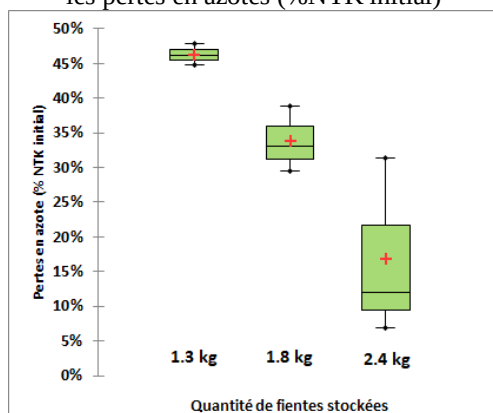
Le système d'élevage et de pré-séchage des fientes n'a pas d'effet sur les pertes en azote (Figure 2). Ceci s'explique par la forte variabilité des résultats, particulièrement élevée pour l'essai avec les fientes des cages aménagées (élevage E2), peut être due en partie à l'hétérogénéité des échantillons de fientes contenant des plumes et des graines. Cette hétérogénéité impacte fortement les émissions de NH_3 en créant des chemins préférentiels pour sa diffusion. Néanmoins, il serait nécessaire d'avoir un nombre similaire de mesures entre les deux systèmes de logement pour valider cette hypothèse. En effet, cette tâche a été impactée par la situation sanitaire Covid qui n'a pas permis de faire tous les prélèvements prévus sur l'élevage E2 en cages aménagées. Aussi, les résultats sont à considérer avec précaution du fait du déséquilibre dans le nombre d'échantillons entre les deux systèmes d'élevage.

2.2.2 Impact de la quantité de fientes stockées sur les pertes en azote

Les résultats sont illustrés Figure 3. Il apparaît que plus la quantité de fientes est élevée plus les pertes en azote sont significativement faibles (46.3, 33.8, 16.8 % de pertes pour 1.3, 1.8 et 2.4 kg de fientes, respectivement, $p < 0.05$). Cet impact de la quantité stockée plus élevée s'explique par une limitation de la diffusion de l'azote vers la surface du stockage et probablement la saturation en NH_3 du volume vide au-dessus du stockage qui limite la volatilisation. Cette saturation peut se rencontrer sur site si les conditions de ventilation ne permettent pas de renouveler correctement l'air du site de stockage. Un

assèchement plus important de la surface du stockage (au plus près du flux d'air pour la quantité de 2.4 kg) peut aussi expliquer cette réduction des émissions du NH_3 .

Figure 3. Effet de la quantité de fientes stockées sur les pertes en azotes (%NTK initial)



2.2.3 Impact de la gestion des fientes séchées au stockage (ré-humidification)

Les fientes séchées du système en volière ont été humidifiées afin d'obtenir le même taux de MS que les fientes arrivant au sécheur (environ 35% MS). En comparant les données du stockage des fientes du sécheur (aucune perte), il apparaît que l'humidification des fientes séchées relance les pertes azotées (tableau 2) en relançant la transformation de l'acide urique en $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$. Ce résultat indique que les fientes séchées doivent être stockées dans un lieu où la condensation hydrique est limitée.

CONCLUSION

Ces essais menés en laboratoire ont permis d'appréhender l'impact de la gestion des fientes de

poules pondeuses sur les émissions d'ammoniac au stockage. Il a pu être mis en évidence que plus les fientes sont sèches et plus les pertes en azotes sont faibles. En revanche, toute ré-humidification des fientes relance le processus de volatilisation de l'ammoniac. Egalement, la quantité de fientes dans un volume de stockage donné impacte les pertes azotées. A volume constant, une quantité plus importante de fientes réduit les pertes en azote. Ces résultats suggèrent quelques recommandations opérationnelles sur la gestion des fientes au stockage. Pour les fientes sèches, il convient d'éviter leur stockage dans un environnement propice à la condensation hydrique et d'éviter leur épandage par temps humide ou sol humide ou alors suivi d'un enfouissement immédiat. Pour le stockage des fientes pré-séchées, il est nécessaire de favoriser un lieu de stockage peu ventilé et de dimensions adaptées aux quantités stockées (pas de grand volume vide) en évitant une accumulation de NH_3 au-delà des conditions de protection des travailleurs (10 à 20 ppm selon la durée d'exposition préconisée par l'Inrs, en privilégiant un stockage fermé avec événements et équipé de détecteurs de NH_3). Il s'agira également de favoriser une forte quantité stockée avec un séchage de la surface du tas en évitant une mise en tas répétée sur une même zone.

REMERCIEMENT

Ce projet a été conduit dans le cadre collaboratif d'un projet financé par l'ADEME (AAP CORTEA 2017 ; Projet FLAPP n°1703C0013) impliquant l'ITAVI, l'INRAE et la CRAB. Les partenaires du projet remercient également les éleveurs qui ont participé à ce projet.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ademe 2020. Le guide des bonnes pratiques pour améliorer la qualité de l'air.
- Citepa 2020. Rapport Secten édition 2020.Émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France.Agriculture et sylviculture
- Hassouna M., Eglin T., Cellier P., Colomb V., Cohan J-P et al. 2015. Mesurer les émissions gazeuses en élevage : gaz à effet de serre, ammoniac et oxydes d'azote.
- Inrs 2021. Liste des VLEP françaises. Valeurs limites d'exposition professionnelle établies pour les substances chimiques
- Itavi 2013. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, calcium, cuivre et zinc par les élevages avicoles. Mise à jour des références CORPEN-Volailles de 2006.
- Itavi 2020 Situation du marché des oeufs et ovoproduits. Édition avril 2020.
- JRC 2017. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs.
- Groot-Koerkamp, 1994. J. Agric. Eng. Res. 59, 73–87.
- RMT Élevage et Environnement 2019. Guide des bonnes pratiques environnementales d'élevage.
- Quideau, P. 2010. Les effluents d'élevage, les coproduits de traitement et leurs incidences environnementales In Elevages et environnement. Editions Quae.

Tableau 1. Caractéristiques des élevages et gestion des fientes

Elevage	Description
Système volière Pré-séchage « naturel » en bâtiment + séchage extérieur	- 120 000 poules dans 2 x 2 salles d'élevage (superposées) - 3 blocs de volières par salle de 30 000 poules pondeuses - Extraction quotidienne salle par salle des fientes avec 2 tapis d'accumulation des fientes par bloc de volières - Sécheur de fientes sur 4 niveaux (Long. :24 m x Larg. : 3 m) ; 288 m² de surface totale de plaques métalliques perforées ; Processus de séchage à l'aide d'une partie de l'air canalisé provenant des 4 salles - Fientes séchées stockées pour une courte durée (< 4 semaines) avant reprise par une entreprise extérieure
Cages Aménagées Séchage « dynamique » en bâtiment + stockage extérieur	- 60 000 poules pondeuses dans 1 bâtiment de 6 batteries de cages aménagées sur 2 étages - Gaine de séchage des fientes avec l'air du bâtiment au niveau des tapis récupérateurs de fientes présents sous les cages de chaque batterie - Evacuation des fientes pré-séchées tous les 2/3 jours vers un hangar de stockage fermé sur trois côtés - Reprise de la totalité des fientes séchées par une entreprise extérieure

Tableau 2. Caractéristiques des fientes et pertes en azote au cours de leur stockage

	Volières				Cages aménagées
	Essai 1*	Essai 2**	Sécheur	Sécheur + réhumidification	
MS (%)	36,9 (3,3)	40,1 (2,7)	88,6 (0,1)	35,1 (0,1)	49,1 (1,9)
NTK (gN/kg)***	26,4 (7,4)	19,8 (1,1)	47,8 (7,5)	32,8 (1,1)	23,2 (6,4)
NH₄⁺ (gN/kg)	3,6 (1,1)	1,8 (0,1)	1,4 (1,1)	0,8 (0,1)	3 (1,1)
Pertes N (% NTK initial)	35,8 (3,2)	39,8 (4,9)	nd	43,7 (7,5)	16,8 (12,9)

Entre parenthèses : Ecart-type ; (*) moyenne de 4 salles ; (**) moyenne de 2 salles ; (***) Azote Total Kjeldahl (nd) non détect