

Volatilisation ammoniacale des fientes de poules pondeuses à l'épandage

Le séchage, une technique efficace

Résumé

Dans un contexte de préservation de la qualité de l'air, les émissions d'ammoniac (NH_3) doivent être réduites et maîtrisées. La pratique consistant à sécher les fientes de poules pondeuses pour limiter ces émissions au bâtiment et au stockage est largement reconnue pour répondre à cet objectif. En revanche, les pertes à l'épandage et les déterminants du processus de volatilisation restent eux beaucoup moins connus. Des suivis au champs appliquant la méthode VOLAT NH_3 (complétés par la méthode de calcul de modélisation inversées FIDES) ont été réalisés sur des fientes de poules pondeuses séchées issues d'élevage en cages aménagées et en volière. Les quantités d'azote volatilisées sont de l'ordre de 12 à 13 kg $\text{N-NH}_3/\text{ha}$, soit 7 à 8% de l'azote total apporté. Ces résultats montrent que le mode de logement a peu d'impact sur la volatilisation au champ et que c'est bien la reprise en humidité des fientes (en lien avec le niveau initial de séchage du produit) qui semble être la principale variable explicative. En effet, une phase de latence d'environ 35-45h a pu être observée entre l'exposition des fientes à des précipitations et des pics d'émission d' NH_3 . Afin de prévenir ces émissions, un enfouissement dans un délai inférieur à 48h est à préconiser (contre moins de 4, 8 ou 12h pour d'autres produits organiques) tout en garantissant une faible volatilisation.

1. Contexte

Le décret n° 2021-1647 du 14 décembre 2021 précise l'interdiction de la mise en production (aussi bien dans le cas de nouveaux projets, que de rénovation ou d'agrandissement) de tout bâtiment d'élevage de poules pondeuses élevées en cages. D'après ITAVI 2021, les effectifs de poules pondeuses élevées en système alternatif (volière ou sol) est estimé à 24,5 millions de têtes en 2019 (soit une progression de plus de 20% par rapport 2018). Au total, plus d'une poule sur deux est aujourd'hui élevée dans un système de production alternatif (contre seulement 20% en 2009).

La bonne maîtrise des flux de nutriment doit être assurée dans ces nouveaux systèmes, et notamment ceux d'azote susceptibles de se volatiliser sous forme d'ammoniac (NH_3). Dans le cadre de la dernière révision du BREF élevage de 2017 (et qui ne concerne que les élevages de plus de 40 000 emplacements de volailles), les seuils de rejet NEA-MTD pour les émissions d' NH_3 provenant de chaque bâtiment d'hébergement de poules pondeuses sont comprise entre 0.02 et 0.08 pour les élevages en cage contre 0.02 et 0.13 kg NH_3 /emplacement/an pour les systèmes alternatifs. Cette tolérance montre que les systèmes alternatifs peuvent et même doivent progresser sur la gestion de leur émissions d' NH_3 . Ce composé gazeux est responsable de nombreux impacts environnementaux comme l'acidification des milieux, l'eutrophisation de l'hydrosphère et est un précurseur des particules fines.

Afin de répondre à ces enjeux, le Protocole de Göteborg a été amendé depuis le 4 mai 2012. Il a fixé des

engagements de réduction sur cinq polluants dont l' NH_3 . Ce protocole a été respectivement retranscrit aux niveaux européen et national dans la directive UE 2016/2284 (aussi appelée directive NEC-2) et le plan de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA, 2017). Ces textes constituent les principaux instruments législatifs pour parvenir aux objectifs d'amélioration de la qualité de l'air. Ces directives fixent des objectifs de réduction d' NH_3 nationaux, de 13% par rapport à 2005 pour 2030.

L'inventaire d'émission national par secteur de 2021 du CITEPA (données 2019) rappelle que 94% des émissions d' NH_3 proviennent des secteurs de l'agriculture et de la sylviculture. L'élevage compte pour 36.2% des émissions nationales, dont 6.6% pour le seul secteur de l'aviculture. Entre 1990 et 2019, l'aviculture a réduit ses émissions d' NH_3 de 3%. Toujours d'après cet inventaire, les sources d'émissions par postes contribuant aux émissions d' NH_3 sont par ordre décroissant l'apport d'engrais et d'amendements minéraux (28% des émissions), la gestion des déjections bovines au bâtiment et au stockage (23% des émissions), l'épandage d'engrais et d'amendements organiques (18% des émissions) et des animaux à la pâture (16% des émissions). Enfin, les 15% d'émissions restantes sont liés la gestion des déjections porcines et avicoles au bâtiment et au stockage.

La filière œuf produit près de 0.5 Mt de fientes par an (ELBA 2015). Les meilleures techniques disponibles (Santonja et al., 2017) visant à extraire, présécher (MTD n°31 a.) ou sécher par tunnel de séchage extérieur (MTD n°19 c.) ces déjections sont largement établies en France, notamment dans les systèmes de cages aménagées. Outre une réduction notable des émissions d' NH_3 au

bâtiment et au stockage, ces techniques ont permis aux éleveurs de plus facilement exporter les fientes qui constituent des fertilisants organiques de premier choix. Concernant la gestion à l'épandage des effluents solides d'élevages, la MTD n°22 peut être citée. Celle-ci consiste à incorporer les effluents dans le sol dès que possible. Le délai associé à la MTD entre l'épandage des effluents et leur incorporation dans le sol est compris entre 0 (enfouissement immédiat) et 4h. Une tolérance est admise pour la valeur haute de cette fourchette et peut atteindre 12h lorsque les conditions ne sont pas propices à une incorporation plus rapide, e.g., lorsque les ressources humaines et les machines ne sont pas économiquement disponibles. Concernant ce volet de gestion à l'épandage, il existe très peu de retours d'expériences sur les cinétiques de volatilisation des fientes séchées, qu'elles soient aussi bien issues d'un système alternatif que cage.

Le projet EVAPRO (Trochart et al. 2018), financé par l'ADEME, avait montré une singularité des effluents avicoles. La Figure 1 montre qu'à l'exception des effluents avicoles, 90 à 95% des pertes par volatilisation se déroule sur les 5 premiers jours post-épandage (e.g. lisiers bovins et porcins). Pour les effluents avicoles, certains d'entre eux ont montrés des pertes importantes entre le cinquième et le vingtième jour de suivi (e.g lisier de canard, fumier de poulet de chair et de dinde). Enfin, les fientes séchées de poules pondeuses (issues d'un système cage) ont présenté une émission résiduelle sur les cinq premiers jours avant de connaître un pic d'émission. Cette cinétique d'émission remet en cause l'intérêt d'une application en l'état de la MTD n°22. Il est aussi possible de souligner la faible part de perte (environ 11% de l'azote initiale) au champ de cet effluent.

Une étude complémentaire a donc été menée pour valider ces premiers résultats et mieux comprendre les déterminants de volatilisation au champ des fientes de poules pondeuses séchées.

2. Matériels et méthodes

L'objectif de ces essais est de quantifier les quantités d'azote ammoniacal volatilisé après l'épandage de fientes de poules pondeuses en l'absence de technique de limitation de la volatilisation

2.1. Elevages fournisseurs de fientes et parcelles d'épandage

2.1.1 Origine et modalités de prélèvement des fientes

Les élevages retenus pour récupérer des fientes de poules pondeuses sont tous deux situés en Bretagne sur les communes de Servon-sur-Vilaine (35) et Bignan (56). Les deux élevages se distinguent par le mode de logement des animaux avec respectivement un élevage en cages

aménagées (code effluent FLAPP_FP_Cage_2020) et un autre en volière (code effluent FLAPP_FP_Volière_2020). L'itinéraire technique de gestion des fientes est en revanche très proche entre les deux exploitations. Il consiste en un pré-séchage au bâtiment couplé à une extraction régulière suivi d'un séchage en fumière couverte via un auto-échauffement des fientes suite à leur remise en tas. Les prélèvements ont été réalisés sur des fientes ayant subi un cycle de séchage complet et après une homogénéisation par plusieurs retournements. Les fientes (environ 500-600kg) ont été chargées dans un camion benne, équipé d'une bâche afin de prévenir d'une reprise en humidité. Dans le cas des fientes FLAPP_FP_Cage_2020 des précipitations ont été rencontrées lors du chargement et du transfert des fientes. Des sous échantillonnages de fientes ont été réalisés juste avant leur application au sol pour conduire des analyses matières (matières sèches et organique, carbone organique, pH, azote total et ammoniacal).

2.1.2 Parcelles d'épandage

Les parcelles de suivi d'épandage étaient situées sur la commune de Bignan (56) est séparées d'une dizaine de kilomètre. Ces terrains agricoles présentaient un sol nu qui a fait l'objet d'une analyse descriptive sur des paramètres susceptibles d'influencer la volatilisation ammoniacale (Argile, limons, sables, carbonates, carbone organique, matière organique, azote total, pH et la capacité d'échange cationique). Ces analyses ont été conduites sur un mélange de 30 prélèvements de sol de l'horizon 0-30cm (10 prélèvements sur la parcelle élémentaire recevant les fientes et 20 prélèvements sur le reste de la parcelle).

Les analyses physico-chimiques de sols et de fientes ont été confiées au laboratoire d'analyse LABOCEA de Ploufragan (22), accrédité COFRAC.

2.2. Méthode de mesure des émissions d'ammoniac au champ

2.2.1 Méthode de suivi au champ

La méthode retenue pour la mesure et le calcul des émissions au champ de l'azote ammoniacal est la méthode VOLAT'NH₃ mise au point dans le programme CASDAR « Evaluation et maîtrise de la volatilisation ammoniacale lors des épandages d'engrais organiques et minéraux », 2010-2012 (Cohan et al., 2013). Cette méthode est applicable pour des parcelles élémentaires d'une taille minimale de 20 m par 20 m sur laquelle sont placées les instruments de mesure. Les épandages ont été réalisés manuellement (les 12 et 13 août 2020) en veillant à une bonne répartition des fientes et sans enfouissement sur les parcelles élémentaires. Les doses apportées visent à se rapprocher au plus possible de la dose maximale réglementaire de 170 kgN/ha.

Le principe de la mesure est l'implantation de pièges à ammoniac (badges ALPHA) sur les parcelles

élémentaires, pour couvrir une période d'exposition de 21j. Pour cela, deux piquets « Saint-Rambert » sont implantés au centre de la parcelle élémentaire. Quatre badges ALPHA attachés avec du Velcro sur 2 soucoupes (2 badges par soucoupe soit 4 badges au total) sont fixés à deux hauteurs précisément déterminées au-dessus du sol et de la végétation (i.e. 30 et 50cm par rapport au sol)

Des séries de badges ont été installées/ relevées toutes les 24h sur les 5 premiers jours puis à t+15j et en fin de suivi (21j). Le suivi toutes les 24h a été maintenu plus longtemps sur ces essais que lors des essais conduits sous le projet EvaPRO afin de capter d'éventuels pics de volatilisation plus tardifs et mieux comprendre la cinétique d'émission atypique des fientes de volailles séchées. Les analyses des badges ont été menées par l'INRAE Transfert.

2.2.2. Traitement des données et gestion du bruit de fond

La méthode de mesure est complétée par le modèle de calcul FIDES Inversé qui y est associée et qui a été validée dans le projet EVAPRO (Trochard et al. 2018). Celle-ci nécessite une connaissance précise de la vitesse et de la direction du vent. Une station météorologique automatique

avec des capteurs de vitesse et direction du vent a été positionnée sur chacune des parcelles durant toute la période de suivi de la volatilisation d'ammoniac. Elle permet d'obtenir des mesures à pas de temps horaire. En complément, un suivi de la pluviométrie a été réalisée sur la parcelle où ont été épandus les fientes de poules de systèmes cage. Compte tenu de la proximité des deux parcelles, il a été fait l'hypothèse que les épisodes pluvieux ont été similaires entre les deux lieux.

Enfin, trois mâts « bruit de fond » sont disposés en bordure de parcelle. Leur position est définie par rapport à la direction et au sens du vent dominant connus a priori dans la région pour la période d'expérimentation. Ces badges contrôleront les 3 directions les plus fréquentes en tenant compte des proximités d'écrans (Haies).

Pendant toute la durée de l'essai, un lot de 3 badges est maintenu sur chacun des mats pour obtenir une concentration cumulée d'ammoniac. Ces badges sont donc implantés au début de la 1ère période d'exposition et relevés à la fin de la dernière. A la fin de l'essai, un mât est conservé pour accueillir un lot de 2 badges relevés à la fin de chaque mois pendant 3 mois après la fin de l'essai pour s'assurer que le processus de volatilisation était bien complet.

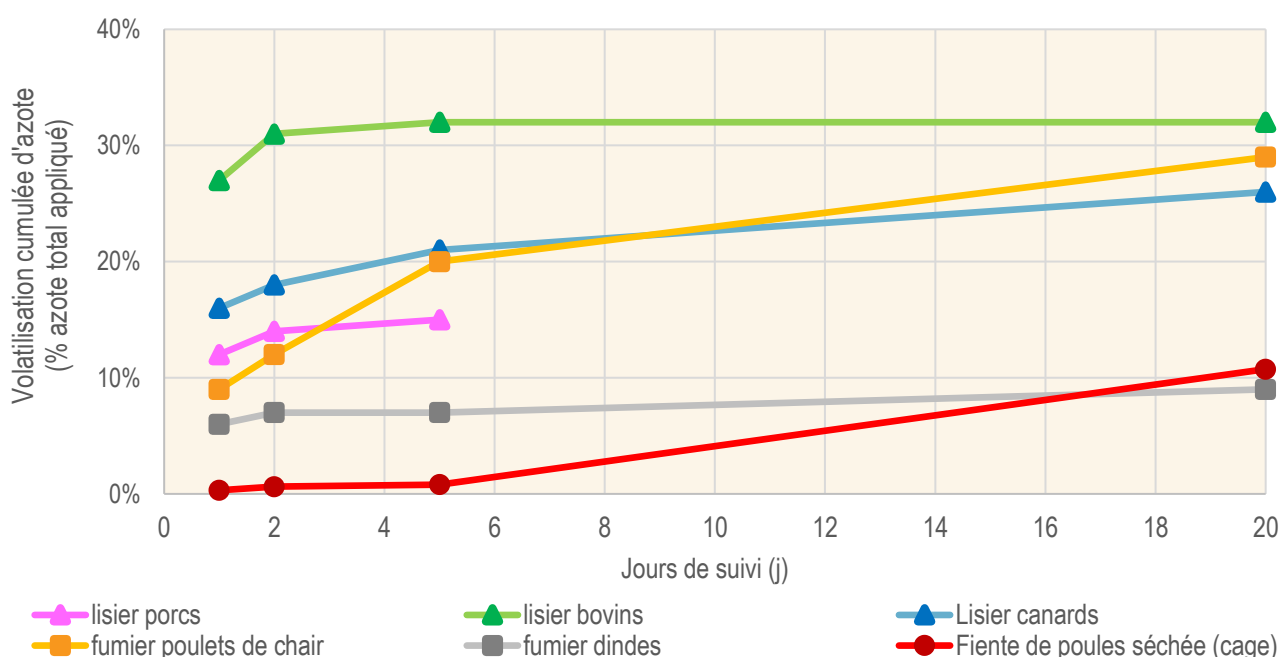


Figure 1 : Volatilisation cumulée d'azote au cours de l'épandage de différents effluents d'élevage (sélection d'après les résultats du projet EVAPRO, 2018)



Figure 2 : Exemple d'un plan de parcelle suivie (avec indication des piquets et mâts de bruit de fond) et photo du dispositif expérimentale (Piquet et station météorologique en arrière-plan)

3. Résultats et discussion

3.1. Caractérisation des sols

Les résultats des caractérisations des sols des deux parcelles sont présentés dans le Tableau 1. Il apparaît que les résultats sont proches et que les sols sont des limons ou des limons sableux avec des pH d'environ 6 ; une CEC metson d'environ 8.35 meq/100g et un reliquat azoté faible (<0.25%). Ces observations et mesures n'ont pas d'incidence directe sur les calculs de quantité d'azote ammoniacal volatilisé (méthodes FIDES). En revanche, elles pourront être utilisées à titre de comparaison à des expérimentations antérieures (Projet EVAPRO) et à venir afin d'aider à l'interprétation des données et du contexte dans lesquelles elles ont été récoltées.

3.2. Caractérisation des fientes et des apports

Les fientes épandues ont fait l'objet d'une caractérisation physico-chimique. Les résultats de ces analyses ainsi que les quantités appliquées lors des essais sont présentés dans le Tableau 2. Ce tableau reprend également des éléments de comparaison avec les références de la brochure effluent RMT élevage et environnement (Levasseur et al., 2019) et les résultats du projet EVAPRO sur un effluent (IT_FS_2017_Cages) provenant d'un système similaire au cas d'étude FLAPP_FPCage_2020 et pour lequel un suivi de volatilisation de l'azote ammoniacal a été réalisé. L'élevage et le suivi d'épandage étaient situés dans le sud de la France (Isère-38).

Une dose de 4T/ha a été visée pour les deux expérimentations. Dans l'essai volière, cette dose type a été un peu trop élevée, i.e. supérieure à 170 kgNtot/ha. Cela s'explique par une concentration en azote des fientes

provenant du système volière plus élevée qu'attendu. L'hypothèse d'une meilleure conservation de l'azote au bâtiment, au stockage et lors du transport (le site d'élevage fournissant les fientes volière étant situé à une dizaine de kilomètres contre 120 km pour l'autre). Plus généralement, les fientes cages et volière présentent une part d'azote ammoniacal très faible laissant penser qu'en absence d'ammonification (conversion de l'azote organique et azote ammoniacal), la volatilisation restera limitée.

Comme attendu, les fientes séchées montrent une forte teneur en matières sèches (i.e. supérieure à 80%). L'humidité plus faible constatée sur les fientes des essais d'EVAPRO peut s'expliquer par des conditions météorologiques générales (contraste Nord/ Sud) plus humide et même légèrement pluvieuses lors du transport et de l'application des fientes (surtout lors de l'essai FLAPP_FP_Cage_2020). A titre indicatif, une référence en poules pondeuses issue de la brochure du RMT Elevage et environnement est également indiquée. Celle-ci ne peut être strictement comparée aux valeurs du système cages étudié puisque le procédé de séchage des fientes est différent (séchage en séchoir extérieur). Toutefois, les résultats d'analyses sont dans des ordres de grandeurs similaires validant la cohérence des résultats obtenus au cours de ces essais.

3.3 Conditions météorologiques

3.3.1. Vitesse du vent

La vitesse du vent et sa direction sont des facteurs importants dans le calcul de la volatilisation de l'azote ammoniacal. La proportion de renouvellement d'air (non chargé en ammoniac) influe directement sur le processus de stripping et *in fine* de transfert d'ammoniac vers la

phase gazeuse. Le résultat de ces suivis est indiqué dans la Figure 3 qui présente la vitesse du vent (en m/s) en fonction du temps. Les profils présentent des tendances assez similaires ce qui s'explique par la proximité géographique des deux parcelles. On peut observer, entre les 5^{ème} et 8^{ème} jours des vents assez soutenus avec une vitesse quasiment toujours comprise entre 1 et 5 m/s. En fin d'expérimentation (entre 15 et 20 jours), les vitesses de vent sur l'essai FLAPP_FPVolière_2020 restent plus faibles et moins soumises à des pics comparés à l'essai FLAPP_FPCage_2020. Respectivement, les vitesses moyennes au cours du suivi sur les deux parcelles étaient de 1.5 et 2.1 m/s. Les deux parcelles ont été soumises à un vent dominant allant du Nord-Est vers le Sud-Ouest.

3.3.2. Pluviométrie et température

La pluie et la température impactent également les échanges gazeux et donc la volatilisation. Ces paramètres ont été suivies grâce à une sonde météo placée sur la parcelle d'essai FLAPP_FPCage_2020.

La pluviométrie est susceptible d'être à l'origine de la reprise en humidité des fientes et du processus d'hydrolyse de l'azote uréique en azote ammoniacal volatilisable, il est donc important de suivre ce paramètre pour toute la période de suivi de l'essai.

La Figure 4 présente le profil cumulé de précipitation au cours du temps. Les principaux épisodes pluvieux se sont déroulés entre les 4^{ème} (12.4mm), 5^{ème} (16.2mm) et 8^{ème} (28.8mm) journée du suivi.

Concernant les suivis de température, la Figure 5 montre le relevé horaire des températures tout au long de l'essai FLAPP_FPCage_2020. La température modifie le rapport $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ dans la phase liquide des effluents. L'augmentation de ce paramètre accroît la proportion de l'ammoniac sous sa forme volatilisable (NH_3). La température moyenne quotidienne reste globalement comprise entre 15 et 20°C. Des fourchettes de 10 et 15°C pour les températures min. (avec 4 enregistrements sous la barre des 10°C) et 18-25°C pour les températures max. (avec 4 enregistrements supérieurs à 25°C).

3.4 Volatilisation ammoniacale

Sur les deux essais, les quantités d'azote volatilisées sont de l'ordre de 12 à 13 kg N- NH_3 /ha, soit 7 à 8% de l'azote total apporté (Tableau 3). Ces quantités rapportées à celle de N- NH_4^+ épandus excèdent les 100%. Cela montre, que pour les deux essais, une autre forme d'azote, contenue dans les fientes de volailles séchées, a été volatilisée. Cette observation peut s'expliquer par l'hypothèse de la présence d'azote organique sous forme uréique (spécificité des déjections de volailles) qui nécessite une étape d'hydrolyse avant d'être converti en azote ammoniacal volatilisable. Ainsi la cinétique d'émission serait guidée par cette première étape (hydrolyse) nécessitant une reprise en humidité des fientes qui

présentent un taux de matières sèches particulièrement élevé. Cette hypothèse est plutôt bien étayée par la concomitance des pics de volatilisation, précédés d'une exposition des fientes à des précipitations, comme montré sur la Figure 6. Une phase de latence supérieure à 24h (estimée à 35-45h) a pu être observée entre précipitation et pic d'émission d' NH_3 .

La fiabilité du suivi des badges a été vérifiée en plusieurs points :

- Les signaux des mats bruits de fond sont faibles et montrent un risque limité d'interférences extérieures ;
- Les résultats de répliques inter parcelles élémentaires sont proches ;
- Les quantités d'azote fixées par les badges sont plus importants dans les pièges les plus proches du sol ;
- Une concentration résiduelle pour les relevés compris entre les 15^{ème} et 20^{ème} jours de suivi et le contrôle des pièges laissés après l'expérimentation montre bien que les fientes ont bien exprimées la majeure partie de leur potentiel d'émission lors des suivis.

4. Conclusion

L'efficacité du bouclage des flux azotés des systèmes avicoles, devant faire face à des enjeux multiples (sanitaire, attentes sociétales...), est un objectif constant. Cette approche conservatrice doit être appliquée dans une vision systémique et coordonnée entre les différents postes d'émissions, i.e. bâtiment, stockage et épandage.

Concernant les systèmes de poules pondeuses, la transition vers des modes de logement alternatif (volière et sol) a entraîné l'adaptation des techniques de séchage des fientes pour toujours maîtriser la volatilisation au bâtiment et au stockage. S'agissant du devenir des fientes séchées à l'épandage, la présente étude montre que :

- Le mode de logement (cage aménagée, volière) n'a pas d'incidence sur la volatilisation du moment que les fientes ont un taux de MS élevé.
- Les quantités d'azote volatilisées sont de l'ordre de 12 à 13 kg N- NH_3 /ha, soit 7 à 8% de l'azote total apporté au champ
- Des pics d'émissions d' NH_3 ont pu être observés non pas le jour de l'épandage, mais dans les 35-45h suivant des épisodes de précipitations. Ainsi ce sont plutôt les conditions climatiques (et surtout la reprise en humidité) à l'épandage et dans les jours qui suivent qui sont les déterminants de la volatilisation d' NH_3 .

Afin de prévenir la volatilisation d'azote des fientes de poule pondeuses à l'épandage, un enfouissement est à préconiser. Mais celui-ci pourrait intervenir dans un délai inférieur à 48h tout en garantissant une faible volatilisation (contre un délai compris entre 0 et 8h, préconisé dans la réglementation actuelle).

Remerciements

L'ITAVI remercie l'ADEME et le CNPO pour avoir financé cette étude ainsi qu'ARVALIS et la CRAB, respectivement partenaire et pilote du projet.

L'ITAVI remercie également les éleveurs ayant mis à disposition leurs fientes séchées ainsi que leurs parcelles agricoles pour mener à bien ces travaux.

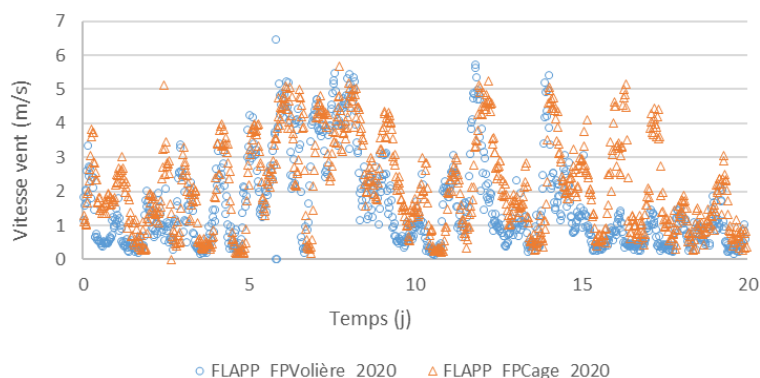


Figure 3 : Profils de vitesse du vent au cours du temps

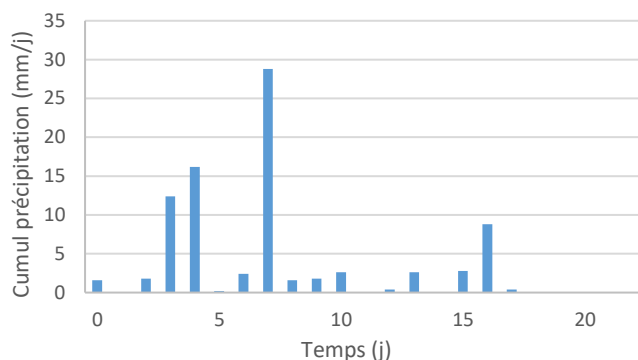


Figure 4 : Précipitations quotidiennes sur la parcelle d'essai FLAPP_FPCage_2020

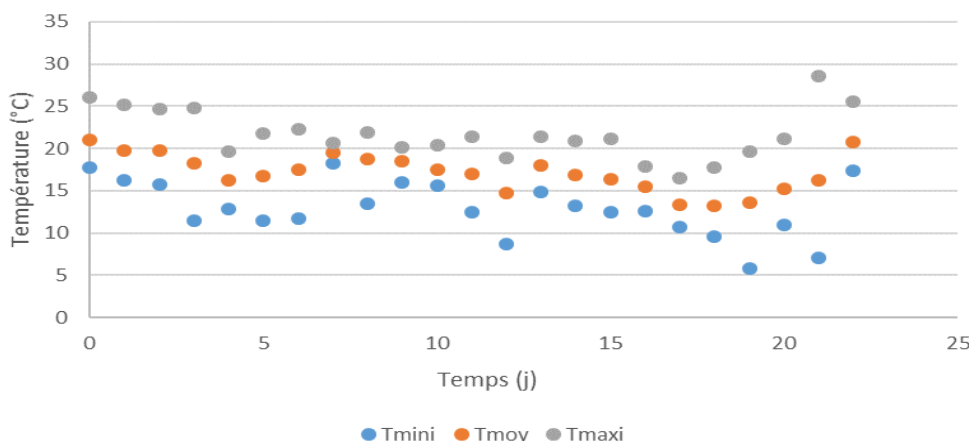


Figure 5 : Suivi quotidien (moyen, minimum et maximum) des températures sur la parcelle d'essai FLAPP_FPCage_2020

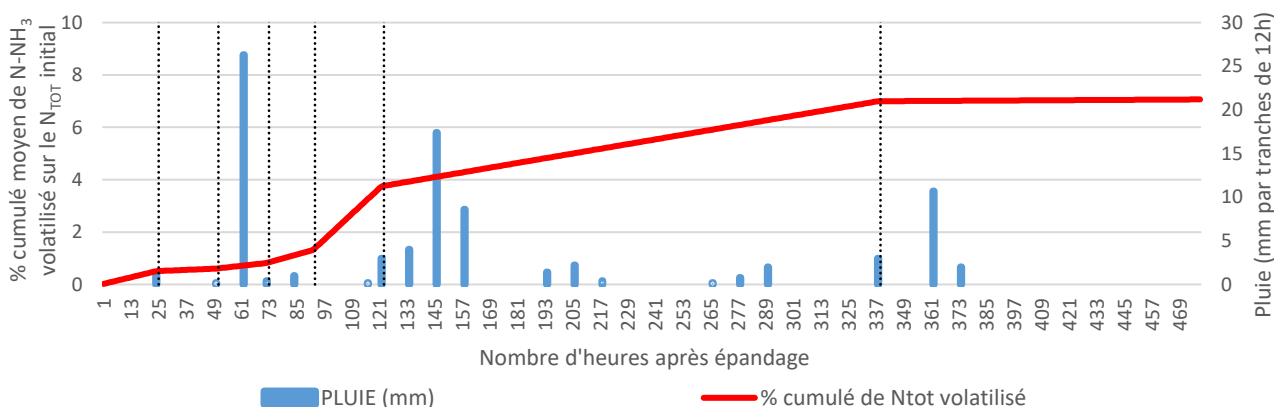


Figure 6 : Volatilisation moyenne cumulée d'ammoniac et précipitation à l'épandage de fientes séchées de poules pondeuses

Tableau 1 : Analyses des sols (parcelle totale et élémentaire) à un horizon 0-30cm

Code essais	Argile decarb (g/kg)	Limons (F+G) (g/kg)	Sables (F+G) (g/kg)	CaCO ₃ (g/kg)	C _{ORG} (g/kg)	MO (%)	N _{TOT} (%)	C/N	CEC Metson (meq/100g)	pHeau
FLAPP_FPCage_2020	131	409	460	0	2.5	4.3	0.23	11.0	8.3	6.0
FLAPP_FPVolière_2020	140	551	308	0	2.2	3.7	0.19	11.2	8.4	6.1

Tableau 2 : Propriétés physico-chimiques et quantité des fientes appliquées à l'épandage

Essais	Dose apportée			Caractérisation physico-chimique					Répartition formes azotées		
	T/ha	kg N _{TOT} /ha	Kg N- NH ₄ /ha	pH	MS (% MB)	MO (% MS)	C _{ORG} (kg/t MB)	C/N	N _{TOT} (kg/t MB)	N-NH ₄ (kg/t MB)	N-NH ₄ / N _{TOT}
FLAPP_FPCage_2020	4	146.4	2	8.6	81.4	76.2	381	10.4	36.6	0.5	0.01
FLAPP_FPVolière_2020	4	187	2.4	8.5	82.3	74.2	371	7.5	49.2	0.6	0.01
IT_FS_2017_Cage	4	162	7	6.7	86.8	73.5	337	7.9	42.6	2.0	0.05
Levasseur et al., 2019	-	-	-	n-c	84.8	74.0	314	7.9	39.5	3.2	n-c

*Références poules pondeuses cages (tunnel de séchage)

Tableau 3 : Quantité d'azoté volatilisé sur toute la période de suivi au regard des doses apportées

Essais	Dose apportée			Volatilisation cumulée sur toute la période de suivi		
	T/ha	kg N-N _{TOT} /ha	kg N-NH ₄ /ha	kg N-NH ₃ /ha	% de N-NH ₄	% N-N _{TOT}
FLAPP_FPCage_2020	4	146.4	2	12	582	8
FLAPP_FPVolière_2020	4	187	2.4	13	550	7

Références bibliographiques

- Arrêté du 10 mai 2017 établissant le Plan national de REduction des émissions de Polluants Atmosphériques (PREPA).
- BREF élevage (2017) - Décision d'exécution (UE) 2017/302 de la commission du 15 février 2017 établissant les conclusions sur les meilleurs techniques disponibles (MTD) pour l'élevage intensif de volailles ou de porcs. Journal officiel de l'Union européenne du 21 février 2017. L43/231 – L43/279.
- Citepa, juillet 2021. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France Format Secten.
- Décret no 2021-1647 du 14 décembre 2021 précisant les modalités d'application de l'article L. 214-11 du code rural et de la pêche maritime portant interdiction de la mise en production de tout bâtiment nouveau ou réaménagé d'élevage de poules pondeuses élevées en cages. JORF n°0291 du 15 décembre 2021, 2 pages.
- Directive (EU) no 2016-2284 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, 31 pages.
- ELBA (2015) - Un outil de référence pour l'évaluation de ressource en Biomasse Agricole en France. Projet ADEME.
- Levasseur, P., Soulier, A., Lagrange, H., Trochard, R., Foray, S., Charpiot, A., Ponchant, P. et Blazy, V., 2019. Valorisation agronomique des effluents d'élevages de porcs, bovins, ovins, caprins, volailles et lapins. RMT Elevage et Environnement, Paris, 83 pages
- ITAVI, 2021, Performances techniques et indicateurs économiques en poules pondeuses, résultats 2019. Janvier 2021, 16 pages.
- Santonja G.G., Georgitzikis K., Scalet B.M., Montobbio P., Roudier S., Delgado Sancho L., 2017. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs; EUR 28674 EN; doi:10.2760/020485
- Trochard, R., Génarmont, S., Loubet, B., 2019. EVAPRO: Evaluation des pertes d'azote par Volatilisation Ammoniacale suite à l'épandage de Produits Résiduels Organiques, 56 pages.

Ammoniacal volatilization from dried laying hen droppings during spreading

In order to preserve air quality, ammonia (NH₃) emissions must be reduced and controlled. The practice of drying the droppings of laying hens to limit their NH₃ emissions during housing and storage is widely recognized to meet this objective. However, the losses during spreading and the determinants of the volatilization process remain much less known. Field monitoring applying the VOLAT'NH₃ method (supplemented by the FIDES inverted modelling calculation method) was carried out on the dried droppings of laying hens from cages and aviaries housing. The quantities of volatilized nitrogen are roughly 12 to 13 kg N-NH₃/ha, i.e. 7 to 8% of the total nitrogen spreaded. These results show that the type of housing has little impact on volatilization in the fields compared with the moisture uptake of the droppings (linked with the initial level of drying matter of the product) which seems to be the main explanatory variable. Indeed, a lag phase of 35-45h was observed between exposure of droppings to precipitation and the NH₃ emission peaks. In order to prevent these emissions, landfilling within a period of less than 48 hours is recommended (compared to less than 4, 8 or 12 hours for other organic products) while warranting a low volatilization.