



Étude financée par :
France AGRIMER,
l'ANVOL, le CNPO et le
CIFOG

Remise à jour des coefficients de volatilisation des productions avicoles

Une évolution pour le bilan réel simplifié

P. Le BRAS¹, E. CARON¹, V. BLAZY¹

Contact : blazy@itavi.asso.fr

¹ ITAVI – RENNES

Résumé

Le Bilan Réel Simplifié (BRS), développé par l'ITAVI, propose aux aviculteurs de calculer l'excrétion de leur production ainsi que la quantité d'éléments épandables. Pour l'azote, les flux qui sortent des élevages servent au dimensionnement de plan d'épandage. Ils correspondent à l'excrétion déduite de coefficients de pertes par volatilisation. Les présents travaux proposent une remise à jour de ces derniers. Celle-ci a été réalisée à partir d'une analyse statistique de la base de données ELevage et Facteurs d'Emissions compilant des facteurs d'émissions. Après une comparaison avec les méthodes d'inventaires internationales, les principaux résultats montrent que i) seuls les coefficients pour les volailles élevées sur litière (sans accès au parcours) et en pondeuses peuvent être remis à jour ; ii) les facteurs d'émissions issus des États-Unis, d'installations expérimentales et antérieures à 2016 sont significativement différents et doivent être retirés de l'analyse ; iii) En volailles de chair et en pondeuses, le coefficient de volatilisation global et respectivement passé de 42 à 47 % et de 40-44 % à 36 % ; iv) des hypothèses de coefficients de volatilisation de l'azote excrété au bâtiment de volailles de chair et de pondeuses ont aussi pu être proposées avec respectivement une diminution de 32 à 26 % et de 20 à 15 % par rapport à 2013. Au stockage, seul le coefficient de volatilisation des fumiers a été révisé avec une augmentation de 15 à 26 % de l'azote entrant à ce poste.

1. Contexte

Le Bilan Réel Simplifié (BRS) est un calculateur à disposition des éleveurs avicoles (<https://brs-volaille.herokuapp.com/>). Il leur permet de réaliser un bilan de masse et de calculer les quantités excrétées d'azote (N), le phosphore (P), le potassium, le calcium, le cuivre (Cu) et le zinc (Zn) pour plus de 80 systèmes de production, avec à la clé deux types de résultats.

Le premier exprime les éléments excrétés par emplacement et par an (en g/place/an, sauf pour Cu et Zn en mg/place/an). Pour les élevages relevant de la Directive IED (Industrial Emissions Directive, n°2010/75/UE), des valeurs seuils d'excrétion (NEA-MTD) sont à respecter pour recevoir une autorisation d'exploiter. Le monitoring des émissions gazeuses polluantes est aussi une obligation pour ces élevages en vertu de l'arrêté du 31 janvier 2008 en lien avec la directive sur les plafonds nationaux d'émissions (Directive NEC, n°2016/2284). L'outil de déclaration annuelle de rejet nommé GEREP du CITEPA (Centre Interprofessionnel des Techniques d'Étude de la Pollution Atmosphérique) est utilisé à cette fin et appelle également ce résultat d'excrétion pour le décompte des émissions (exprimé à l'animal et non à l'emplacement).

Le second résultat du BRS est exprimé en éléments épandables par emplacement et par an. Il est utilisé dans le dimensionnement des plans d'épandage et correspond au premier résultat (exprimé en emplacement et par an) pour lequel des coefficients de pertes par volatilisation (au bâtiment et au stockage) sont appliqués sur l'N. Le cycle biogéochimique de cet élément présente en effet la particularité de générer des émissions gazeuses tout au long de la gestion des effluents (au bâtiment, stockage, épandage et au parcours). Ainsi de l'ammoniac (NH_3), du protoxyde d'azote (N_2O), du diazote (N_2) et d'autres composés (composés organiques volatils (COV), oxydes d'azote NO et NOx) peuvent être émis. Ces molécules génèrent des impacts environnementaux et des nuisances (à l'exception du N_2 qui est un gaz neutre). NH_3 va contribuer aux processus d'acidification et d'eutrophisation ; N_2O est un puissant gaz à effet de serre contribuant au réchauffement climatique et enfin les COV peuvent être la source de mauvaises odeurs et plus largement l'ensemble de ces composés entraîne une contamination en nitrate des cours d'eau. En 2021, la méthodologie de calcul de l'excrétion a été révisée pour gagner en précision tout en renseignant la dynamique des éléments suivis dans le BRS (Guyot et al., 2021). Afin d'aller plus loin dans cette remise à jour, une révision des coefficients de volatilisation a également été entreprise en 2022. Cette perte d'N est appréhendée de manière globale et « simplifiée » dans le

Tableau 1 : Niveaux des pertes d'azote (N) utilisés dans l'ancienne version des références d'excrétion et du bilan Réel Simplifié (d'après ITAVI, 2013)

Donnée		Bâtiment (%N excrété au bâtiment)	Stockage (%N sorti bâtiment)	Parcours (%N excrété parcours)	Coefficient global de volatilisation (%N excrété au bâtiment)
Fumier	Claustration	32*	15*	-	42*
	Avec Volailles de chair	32	15	60	47
	parcours Palmipèdes PAE	46	15	60	59
	Reproducteurs	55	15*	-	62*
Lisier		21	20	-	37
Fiente	Préséchage + stockage sous hangar	20*	30*		44*
	Séchage	20*	25*		40*

*Coefficients de volatilisation faisant l'objet d'une remise à jour ; PAE : Prêt à engraisser cadre du BRS. C'est pourquoi la remise à jour concerne en premier lieu le coefficient de perte global qui demeure le meilleur indicateur de bouclage du flux d'N des systèmes avicoles. Toute perte est alors la source de préjudices environnementaux sur la qualité de l'air et de l'eau.

La finesse du monitoring environnemental, la mise en œuvre des pratiques et techniques conservatives dans une approche intégrée ainsi que la reconnaissance des efforts consentis par les éleveurs dans leur déploiement implique une connaissance plus précise des niveaux d'émissions au bâtiment et au stockage. Cet article a pour objectif de proposer une remise à jour des coefficients de volatilisation utilisés dans le cadre du BRS par poste d'émission (bâtiment et stockage). La démarche s'appuie sur le traitement de la base de données ELFE dont les résultats sont comparés aux méthodologies internationales de l'EMEP et de l'IPCC. Des hypothèses sont également proposées pour répartir le coefficient de volatilisation global entre les pertes au bâtiment et au stockage.

2. Matériel et méthode

2.1. Bases de données et coefficients remis à jour

La base de données (BDD) internationale compilant des facteurs d'émissions (FE) ELFE (Vigan et al., 2019) a été utilisée avec néanmoins une absence de données sur les pertes sous forme de N₂, au parcours et peu d'études (moins de 5 références) sur les productions avicoles hors poulets de chair et poules pondeuses. Dans ces conditions, la simplification déjà existante dans le BRS sera maintenue et même poussée en proposant une révision du coefficient global. Le Tableau 1 rappelle les coefficients utilisés dans le BRS. En amont du traitement, une analyse de la qualité des données saisies dans la BDD a été réalisée avec le logiciel R. Pour plus de détails, il convient de se référer aux travaux de Le Bras P. (2022).

Les FE au bâtiment ont été convertis pour être exprimés dans une même unité, à savoir en kg N-NH₃ ou kg N-N₂O/emplacement/an. Le même travail a été réalisé au stockage pour être exprimé par kg N-NH₃ ou kg N-N₂O/kg d'azote ammoniacal total (TAN) stocké. Faute de métadonnées pour réaliser la conversion, certains résultats de la BDD ont été retirés de l'analyse décrite ci-dessous. Sur le pool de données restantes, des analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R en vue de discriminer des effets relatifs à l'origine des données (pays) et des systèmes de production pour le coefficient de volatilisation de NH₃ au bâtiment disposant du plus grand nombre de données. Le choix des tests statistique est précisé dans les travaux de Le Bras P., 2022. Les FE sont significativement différents lorsque la *p-value* est inférieure ou égale à 0,05. Dans le but d'obtenir des FE représentatifs des systèmes avicoles français, des lots de données ont pu être nouveau écartés suite à cette analyse.

En guise de synthèse le Tableau 2 présente le nombre de FE finalement à disposition dans ELFE pour les postes bâtiment et stockage en production de poulet de chair et de poules pondeuses. On peut noter qu'entre le processus d'analyse de la qualité des données et l'expression des résultats dans une même unité, 10 à 94 % des FE disponibles ont dû être retirés de l'analyse. Certains facteurs d'émissions se retrouvent donc basés sur un nombre limité d'études appelant à les considérer avec précaution.

Tableau 2 : Nombre de facteurs d'émissions (FE) d'ammoniac (NH₃) et de protoxyde d'azote (N₂O) pour les postes bâtiment et stockage en production de poulet de chair et de poules pondeuses dans ELFE

Poste	Composé	Poulet de chair	Poules pondeuses
Bâtiment	Nombre de FE NH ₃	195	217
	Nombre de FE N ₂ O	26	15
Stockage	Nombre de FE NH ₃	5	14
	Nombre de FE N ₂ O	11	26

2.2. Comparaison à la bibliographie

Les coefficients de volatilisation ont été confrontés aux référentiels internationaux (EMEP (2019) et IPCC (2019)). Plusieurs hypothèses ont dû être posées en vue de réaliser une comparaison qui fasse sens. Ces dernières se basent sur i) la dynamique de l'N qui selon le poste d'émission sera propice à l'émission de forme azotée différentes, ii) sur les travaux de Méda 2011 et Ponchant et al., 2016 qui sont des études représentatives des systèmes de production français et qui intègrent un bilan de masse et le suivi des différentes formes de perte gazeuses de l'N.

La conversion entre le TAN et l'emplacement animal reprend les hypothèses suivantes avec en poulet de chair et en poules pondeuses une excrétion respective de 0,36 et 0,77 kgN/ place/an.

La part de TAN retenue est de 70 % au bâtiment (en poulet et pondeuses) et de 65 % au stockage en poulet, d'après l'IPCC 2019.

3. Résultats et discussion

3.1. Facteurs d'émissions au bâtiment et au stockage

3.1.1 L'ammoniac

3.1.1.1 Bâtiment (poulet de chair et pondeuses)

Afin de proposer des FE les plus représentatifs, des segmentations des résultats de la BDD ELFE, validés par des tests statistiques (d'après Le Bras P., 2022), ont permis de mettre en évidence trois critères ayant un impact

sur les émissions. Il s'agit de l'origine des données (États-Unis (USA) vs autres), des tailles de cheptels présents lors de l'acquisition des FE et enfin de la date des publications (avant/après 2016). L'incidence de ces critères sur les FE est présentée dans le Tableau 3.

Pour le poulet de chair, les résultats montrent que le FE moyen pour NH₃ des USA est environ 2,5 fois supérieur à celui des autres pays. Ce résultat peut s'expliquer par la gestion de la litière qui est accumulée sur plusieurs lots. Casey et al. (2003) et Wheeler et al., (2006) ont déjà identifié cette pratique comme plus émettrice comparée à un retrait du fumier après chaque lot. Le nombre d'animaux (> ou < à 4 000) a aussi montré une différence significative avec un FE 1.8 fois supérieur pour les exploitations avec un cheptel de plus de 4 000 animaux (correspondant à une unité expérimentale de 400m² et avec une densité de 10 animaux/m²). Cela peut s'expliquer par la présence dans la BDD de résultats obtenus au sein d'élevages expérimentaux dans lesquels les conditions de production (densité animale moindre, qualité d'ambiance et de litière, protocole expérimental visant à limiter les émissions d'NH₃) conduisent à une meilleure conservation des flux. Pour l'heure, l'EMEP ne retire de ses évaluations de FE que les données issues de petites chambres dynamiques obtenues en laboratoire (Perazzolo et al. 2015; Owusu-Twum et al. 2017). Enfin, les publications antérieures à 2016, ne provenant pas des USA et de plus de 4000 animaux ont montré un FE trois fois plus faible comparé à celui de l'ensemble des données avec une valeur de 0,052

Tableau 3 : Résultats de facteur d'émissions moyen d'ammoniac (NH₃) au bâtiment en poulet de chair et poules pondeuses selon l'origine des données, les tailles de cheptels et la date de publication des études (d'après la base de données ELFE)

Espèces	Critères (nombre d'études, n)	Facteur d'émission ± l'écart type (kg N-NH ₃ /emplacement/an)
Poulet de chair	Pays d'origine*	
	États-Unis (n= 121)	0,208 ± 0,143
	Autre (n=74)	0,081 ± 0,065
	Nombre d'animaux*	
	Non décrit (n=44)	0,156 ± 0,153
	< 4000 (n=10)	0,087 ± 0,046
	> 4000 (n=141)	0,167 ± 0,133
	Pays d'origine & nombre d'animaux*	
	Autre et >4000 (n=35)	0,069 ± 0,046
	Toutes les données (n=195)	0,160 ± 0,134
Poules pondeuses	Pays d'origine, nombre d'animaux & avant/après 2016 *	
	Autre et >4000 et entre 2016-aujourd'hui (n=8)	0,052 ± 0,062
	Autre et >4000 avant 2016 (n=27)	0,073 ± 0,040
	Pays d'origine*	
	États-Unis (n=131)	0,066 ± 0,086
	Autre (n=86)	0,092 ± 0,090
	Nombre d'animaux*	
Poules pondeuses	< 3000 (n=90)	0,028 ± 0,050
	> 3000 (n=127)	0,102 ± 0,093
	Pays d'origine & nombre d'animaux*	
	Autre et >3000 (n=49)	0,108 ± 0,102
	Toutes les données (n=217)	0,076 ± 0,088

*Les facteurs d'émissions sont significativement différents p≤0.005

kgN-NH₃/place/an, correspondant à 0,144 kgN-NH₃/kgN Excrété. Ce FE est légèrement inférieur à celui de l'EMEP qui est de 0,147 kgN-NH₃/kgN Excrété. Au niveau Français, il a pu être observé une forte baisse des pertes sous forme d'NH₃ au bâtiment. Méda (2011), avait observé un FE de 0,25 kgN-NH₃/kg N Excrété au bâtiment. En 2016, Ponchant et al., avaient observé un FE de 0,19 kgN-NH₃/kg N Excrété dans le cadre de mesures en élevages commerciaux. Techniquement, ces diminutions peuvent s'expliquer par une réduction notable de l'excrétion des volailles résultant à la fois de progrès génétiques, mais aussi d'une meilleure maîtrise des qualités de litières et d'ambiances permettant aux animaux de pleinement exprimer leur potentiel de croissance. La réglementation et notamment le BREF élevage, remis à jour en 2017, ont aussi favorisé l'évolution des pratiques. Au cours de cette dernière décennie, de plus en plus d'équipements ont été mis en place avec par exemple des échangeurs récupérateurs de chaleur, l'optimisation du pilotage des systèmes de ventilation, des godets récupérateurs d'eau sous pipette etc.

Pour les poules pondeuses, la provenance des données présente un effet significativement inverse avec un FE issu des USA 1,4 fois inférieur à la moyenne des autres pays. Ce résultat peut s'expliquer par la forte présence des systèmes en cages dans ce pays, systèmes où la gestion des fientes, *i.e.* séchages et fréquence d'extraction, limite les émissions. Cette hypothèse est confortée par le fait que sur les 86 FE représentatifs conservés, 31 proviennent de systèmes cages avec une valeur moyenne de 0,063 kg N-NH₃/place/an. Ce résultat est similaire à celui observé aux USA (*i.e.* 0,066 kg N-NH₃/place/an d'après le tableau 3). Les 55 études restantes proviennent de systèmes volières qui présentent un FE moyen de 0,133 kg N-NH₃/place/an. Cette différence du simple au double peut s'expliquer par un système d'élevage globalement moins performant pour collecter les fientes, en dépit d'une densité animale moindre. Les animaux pouvant évoluer dans l'ensemble de la surface du bâtiment, leurs déjections ne sont donc pas forcément collectées par des systèmes d'extraction situés sous les structures des volières.

Pour l'ensemble des 86 FE retenues et à l'instar des résultats en poulet de chair, la taille du cheptel a une forte incidence sur le résultat avec un FE 3,6 fois inférieure pour des lots < 3000 (limite des unités de production en poules pondeuses biologique). La prise en compte des résultats de stations expérimentales dans le calcul de FE risque de pondérer leur valeur vers des valeurs moindres.

Tableau 4 : Résultats de facteurs d'émission moyens de protoxyde d'azote (N₂O) au bâtiment et au stockage en poulet de chair et au bâtiment en poules pondeuses (d'après la base de données ELFE)

Espèces	Poste d'émission	Population (n=)	Facteur d'émission ± l'écart type (kg N-N ₂ O/emplacement/an)
Poulet de chair	Bâtiment	26	0,0085 ± 0,0076
Poules pondeuses		15	0,0060 ± 0,0060
Poulet de chair	Stockage	11	0,0024 ± 0,0018

Le FE retenu pour les poules pondeuses au bâtiment est de 0,108 kg N-NH₃/place/an, soit 0,20 kg N-NH₃/kg TAN Excrété, ce qui correspond au FE de l'EMEP 2019 pour cette production. Ce rapprochement est récent puisque dans sa version de 2016, l'EMEP considérait des pertes d'NH₃ au bâtiment deux fois plus importantes. Bien que non montrée ici, la remise à jour de l'EMEP 2019 a également été l'occasion d'une forte modification du FE d'NH₃ au stockage (qui est passé de 0,14 à 0,08 kg N-NH₃/Kg TAN Entrée stockage entre 2016 et 2019). Techniquement cette diminution de la volatilisation au bâtiment peut s'expliquer par l'abandon du stockage des fientes en fosse profonde au profit de systèmes d'extractions, voire de systèmes de séchages. On peut aussi citer l'introduction de poules pondeuses de souches blanches qui comparées aux souches brunes présentent un indice de consommation plus faible. Enfin, lors de la remise à jour des références d'excrétion, la teneur en MAT des aliments des poules pondeuses est grosso modo passé d'environ 17 % à 16,4 %.

Au-delà de ces évolutions, il n'existe pas dans la BDD ELFE de FE propres aux systèmes d'élevages sur sol. De la même manière l'EMEP, n'associe que des facteurs d'émissions selon le type de fientes (*i.e.* liquide pompable vs solide pouvant être mis en tas...) sans tenir compte des modes de logements qui peuvent être associés à des systèmes de gestion des effluents facilitant leur séchage ou extraction. Depuis l'arrêt de la cage, les systèmes alternatifs se développent fortement en France et cela à travers tous les codes œufs. Les systèmes au sol y sont historiquement présents dans les productions biologique (Code 0) et de label rouge (code 1). Plus récemment, une partie de la production d'œuf jusqu'ici pourvue par les systèmes cages (Code 3) se convertit vers des systèmes en claustration au sol (Code 2). Pour ce mode de logement, l'installation de systèmes de collectes et de séchage des fientes est moins propice qu'en volière. La représentativité des FE de l'EMEP pour les logements alternatifs ne semble pas être très représentatif.

3.1.1.2 Stockage (poulet de chair)

Au stockage, les FE rapportés au sein de la BDD ELFE sont présentés dans le Tableau 4.

Tableau 5 : Résultats de facteur d'émissions moyen d'ammoniac (NH₃) au stockage en poulet de chair (d'après ELFE)

Espèce	Population (n=)	Facteur d'émission ± l'écart type (kg N-NH ₃ /emplacement/an)
Poulet de chair	5	0,055 ± 0,022

Les niveaux de perte d' NH_3 sont légèrement plus marqués au niveau du stockage comparé au bâtiment en production de poulet de chair.

Les résultats obtenus sont inférieurs d'environ 6 % à ceux de l'EMEP qui propose un FE de 0.30 contre 0,28 $\text{kgN-NH}_3/\text{kg TAN}_{\text{Excrété stockage}}$ après conversion pour la donnée ELFE. Une partie de cet écart peut s'expliquer par une plus faible perte d'N sous forme d' NH_3 observée au sein du bâtiment d'après ELFE. Mécaniquement, la part de TAN entrant au stockage étant dans un cas alors plus élevée, l'écart s'accroît lors de la conversion...

3.1.2 Le protoxyde d'azote

Pour le N_2O , une étude statistique n'a pu être menée au regard du faible nombre de FE à disposition, aussi bien au bâtiment qu'au stockage. Les résultats issus des bases de la BDD ELFE sont renseignés en Tableau 5.

En poulet de chair ainsi qu'en poules pondeuses, les FE de la BDD ELFE au bâtiment ne peuvent être directement comparés à ceux de l'IPCC qui englobent aussi le stockage. L'IPCC indique une valeur de 0,002 $\text{kgN-N}_2\text{O}/\text{kg TAN}_{\text{Excrété stockage}}$ aussi bien en poulet de chair qu'en pondeuses.

En poulet de chair, la conversion du FE de l'IPCC indique un niveau d'émission de 0,0011 $\text{kgN-N}_2\text{O}/\text{kgN}_{\text{Excrété}}$. Respectivement, les FE de la BDD ELFE au bâtiment et stockage indiquent des niveaux d'émissions de 0,024 et 0,007 $\text{kgN-N}_2\text{O}/\text{kgN}_{\text{Excrété}}$. Ce qui correspond à un niveau d'émissions pour les deux postes de 0,031 $\text{kgN-N}_2\text{O}/\text{kgN}_{\text{Excrété}}$, soit un niveau presque trente fois plus élevé.

En pondeuse, il n'a pas été possible de déterminer un FE pour le N_2O au stockage. Toutefois, la seule référence au bâtiment est supérieure d'un facteur 5 au FE IPCC qui intègre en plus les émissions au stockage.

Les plus faibles niveaux d'émission observés au bâtiment en poules pondeuses et au stockage en poulet de chair peuvent s'expliquer au regard des processus biologiques à la base des émissions gazeuses. Les fumiers de poulet de chair stockés disposent de moins de carbone organique disponible comparé au bâtiment. Les fientes ne sont pas mélangées à un matériau de litière (souvent riche en carbone) et sont souvent séchées, ou rapidement extraites du bâtiment ce qui limite le processus de dénitrification (qui conduit à la production de N_2O et de N_2).

À l'inverse, les valeurs plus importantes rapportées au bâtiment ont déjà été pointées par Méda (2011) qui suggère que la valeur de l'IPCC peut-être très basse selon l'espèce avicole considérée, surtout si elle est élevée sur litière. Il avait alors choisi d'appliquer dans le cadre du modèle MOLDAVI un FE N_2O 10 fois supérieur à celui de l'IPCC pour être plus représentatif des différentes situations. Ce positionnement intermédiaire s'explique aussi par l'observation d'un haut niveau d'émission dans les bâtiments. Méda (2011) associe cet écart à des

interférences lors de la mesure (entre le spectre d'absorption infrarouge du CO et le N_2O). La présence de ce composé résulterait de la combustion incomplète propane dans les systèmes de chauffage présent dans le bâtiment. De la même manière, Ponchant et al., (2014) avaient également observés de haut niveau d'émissions de N_2O au bâtiment qui avaient été associés à ces interférences. À noter que les études présentent dans la BDD ELFE ont été obtenues avec des analyseurs à méthode de détection photo acoustique à infrarouge ou la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier. Ces deux modes d'analyses peuvent souffrir d'interférences avec le CO.

3.1.3 Le di-azote

Il n'existe aucune référence de FE pour le N_2 au niveau du bâtiment et du stockage dans la BDD ELFE, le N_2 étant un gaz non polluant non mesurable. Les émissions de ce gaz sont estimées grâce au calcul du défaut de bilan de masse azoté. Toutefois, ce calcul n'est pas automatiquement réalisé par les auteurs des différentes études.

L'EMEP propose d'appliquer pour les effluents solides un FE de 0,3 $\text{kgN-N}_2/\text{kg TAN}_{\text{Entrée stockage}}$, soit 0,166 $\text{kgN-N}_2/\text{kgN}_{\text{Excrété}}$ pour le poulet de chair, d'après Misselbrook et al., (2015). Ce FE est requis pour satisfaire à un bilan de masse et intégrer des pertes d'N autres que celles sous forme de N_2O et de NH_3 .

Toutefois, l'EMEP (à l'image du FE de l'IPCC sur le N_2O) ne précise pas comment ce défaut de bilan de masse doit se partager entre les postes bâtiments et stockage. Il convient d'également signaler que ce FE n'a jamais été réévalué depuis l'EMEP 2016 alors que d'importantes modifications ont pu être observées sur les émissions d' NH_3 (notamment entre l'EMEP 2016 et 2019). Cela est surprenant puisque le N_2 est également un composé émis suite aux cycles de nitrification-dénitrification eux-mêmes tributaire du pool d'N ammoniacal disponible.

Par défaut, le FE de l'EMEP a été appliqué afin d'établir un coefficient global (intégrant les pertes au bâtiment et stockage).

3.2. Évolution des coefficients de perte globale

Les FE issus du traitement de la BDD sont convertis en coefficients de perte sur la base du N Excrété initial / emplacement (appelé coefficient de perte BDD dans le Tableau 6). La conversion dans les mêmes unités a été réalisée sur les données issues des méthodes internationales (notamment pour l'EMEP, 2019) (appelé coefficient de pertes méthodes internationales dans le Tableau 6). Pour une meilleure compréhension des résultats, l'annexe 1 propose un tableau récapitulatif les FE obtenus convertis dans différentes unités (par emplacement, kg de TAN et kg de $\text{N}_{\text{Excrété}}$). Le Tableau 6 présente une comparaison des coefficients de pertes d'N

Tableau 6 : Comparaison des coefficients de pertes d'azote (N) entre la base de données ELFE et les méthodes internationales (EMEP et IPCC 2019) en production de poulet de chair au bâtiment et au stockage. La référence d'azote excrété retenue est de 0,36 kgN/emplacement/an (pour les données issues de la BDD, le poids moyen sorti des animaux est de 2,3 kg de poids vif ce qui correspond à la référence d'un poulet lourd)

Poste	Type de perte	Coefficients de pertes BDD (% N Excrété)	Coefficients de pertes méthodes internationales* (% N Excrété)	Coefficients à retenir pour le BRS (% N Excrété)
Bâtiment	Perte N-NH ₃	14,4	14,7	14,4
	Perte N-N ₂ O	2,4	-	-
	Perte N-N ₂	-	-	-
	Pertes Totales	16,8	14,7	14,4
Stockage	Perte N-NH ₃	15,3	16,6	15,3
	Perte N-N ₂ O	0,7	0,1	0,1
	Perte N-N ₂	16,2	16,6	16,6
	Pertes Totales	32,2	33,3	32,0
Pertes bâtiment et stockage		49,0	48,0	Arrondi à 47

*Pour les pertes en N-NH₃ et N₂, la référence est l'EMEP 2019 et l'IPCC 2019 pour les pertes en N-N₂O entre ceux obtenus avec la BDD ELFE et les méthodes internationales (EMEP et IPCC 2019), pour respectivement les productions de poulet de chair et de poules pondeuses.

3.2.1 En volailles de chair élevées sur litière

Les coefficients de perte pour le N₂O présentent un écart important entre la BDD ELFE et les méthodes internationales, aussi bien au niveau du bâtiment que du stockage. La BDD indique un niveau de perte totale (bâtiment et stockage) de 3,1% contre 0,1 % de l'N excrété d'après l'IPCC.

L'autre composé pour lequel une différence plus légère a pu être observée est l'NH₃. La BDD affiche un niveau de perte global sous cette forme gazeuse de 29,7 % de l'N excrété au bâtiment contre 31,3 % pour l'EMEP.

Pour l'N₂, la légère différence observée entre la BDD et les méthodes internationales s'explique par une part d'N perdue au bâtiment moindre dans l'application des coefficients de l'IPCC et de l'EMEP. De facto, une part plus importante d'N rentre au stockage (Reidy et al., 2007,

2009) pour lequel un même coefficient de volatilisation est appliqué entre les deux scénarios.

Au global, les FE de la BDD ELFE conduisent à un taux de perte de 50 % de l'N_{excrété} légèrement supérieur à celui des méthodes internationales (48 % de l'N_{excrété}). L'ordre de grandeur de ces niveaux de pertes est cohérent, même si supérieure, à la bibliographie antérieure (ITAVI 2013) qui pointait un niveau de perte de 42 %. Toutefois, l'évolution du coefficient de perte globale suit la même dynamique que celle de l'EMEP (qui est respectivement passée de 2013, 2016, 2019 à 30,4 %, 44,3 % et 48,0 %).

Au final, une forte incertitude pèse sur le niveau réel d'émission du N₂O (puissant gaz à effet de serre) avec un fort soupçon de surestimation des émissions dû à des interférences lors de la mesure en bâtiment. À l'inverse, le coefficient, appliqué par l'IPCC semble être trop global et sous-estimer les niveaux de perte pour les systèmes sur litière. Ces observations plaident pour passer d'un coefficient de perte globale de 42 à 47 % en production de volailles de chair sur litière au sein du BRS (Tableau 6).

Tableau 7 : Comparaison des coefficients de pertes d'azote (N) entre la base de données ELFE et les méthodes internationales (EMEP et IPCC 2019) en poules pondeuses au niveau du bâtiment. La référence d'azote excrété retenue est de 0,77 kgN/emplacement/an. Pour la partie stockage, les coefficients de pertes des méthodes internationales sont par défaut appliqués à ceux des coefficients de la BDD ELFE

Poste	Type de perte	Coefficients de pertes BDD (% N Excrété)	Coefficients de pertes méthodes internationales* (% N Excrété)	Coefficients à retenir pour le BRS (% N Excrété)
Bâtiment	Perte N-NH ₃	14,0	14,0	14,0
	Perte N-N ₂ O	0,4	-	-
	Perte N-N ₂	-	-	-
	Pertes Totales	14,4	14,0	14,0
Stockage	Perte N-NH ₃	4,5	4,5	4,5
	Perte N-N ₂ O	-	0,1	0,1
	Perte N-N ₂	16,8	16,8	16,8
	Pertes Totales	21,3	21,4	21,4
Pertes bâtiment et stockage		35,7	35,4	Arrondi à 36

*Pour les pertes en N-NH₃ et N-N₂, la référence est l'EMEP 2019 et l'IPCC 2019 pour les pertes en N-N₂O

3.2.2 En poules pondeuses

Le Tableau 7 reprend la même construction que le Tableau 6 mais adapté aux poules pondeuses. Les différences observées sur le coefficient global de perte s'expliquent par une perte de N_2O supérieure pour la BDD ELFE. Outre ce point, les résultats entre la BDD et les méthodes internationales sont similaires. Le coefficient de perte global à adopter dans le BRS peut être donc révisé à 36 % pour les poules pondeuses, quel que soit le mode de séchage. Pour mémoire, le BRS 2013 indiquait des coefficients de pertes de 40 et 44 % selon le mode de séchage. Cette forte diminution a également été observée au niveau de l'EMEP. Dans la version 2016, le niveau de perte des systèmes pondeuses était de 49,2 %.

3.3 Hypothèses de coefficients de pertes spécifiques au bâtiment et stockage

Selon les contextes de gestion des effluents, il peut être réglementairement nécessaire de distinguer les pertes entre le bâtiment et le stockage (e.g. d'une exportation d'effluents sans stockage sur le site d'élevage). L'objectif de cette partie est de proposer des hypothèses permettant de réaliser cette dissociation tout en conservant les niveaux de pertes globaux définis précédemment. C'est-à-dire respectivement 47 et 36 % en productions de volailles de chair sur litière et en pondeuses.

3.3.1. Volailles de chair sur litière

En volailles de chair sur litière, les travaux de Ponchant et al. (2016) indiquent des défauts de bilan de masse au bâtiment compris entre 22 et 31 % de l' N Excrété ce qui est très supérieur aux 14,8 % obtenu en appliquant les FE des méthodes internationales (Tableau 6). Cet écart peut principalement s'expliquer par l'absence de dissociation des niveaux de pertes entre le bâtiment et le stockage pour le N_2 (et dans une moindre mesure le N_2O).

L'hypothèse d'une émission se déroulant au deux tiers au bâtiment a été retenue. La litière y est successivement exposée à des conditions aérobie, anaérobie selon l'activité des animaux. Ce cycle d'exposition est favorable à une nitrification puis dénitrification de l' N ammoniacal présent dans les litières, étapes préalables aux émissions de N_2O . Au stockage, des conditions anaérobies seront préférentiellement rencontrées limitant la dynamique de nitrification et *in fine* les émissions de N_2O . Nous n'y appliquerons donc par défaut qu'un tiers des émissions. Concernant la répartition du N_2 , la question est plus délicate et impactant puisque ce composé représente respectivement entre 35 et 47 % des pertes d' N excrété en systèmes de volaille de chair et pondeuses.

En volaille de chair sur litière, le bâtiment présente plus d'éléments bibliographiques sur le défaut de bilan de masse que le stockage. Les travaux de Méda (2011) peuvent notamment être cités comme étant les plus représentatifs au niveau français. Lors de ces travaux, un FE de 0,140 $kgN-N_2/kg N$ Excrété avait été rapporté. En proportion, ce niveau d'émission représente 56 % des émissions de $N-NH_3$ qui disposent d'un FE de 0,25 $kgN-NH_3/kg N$ Excrété. Il y a donc deux possibilités d'appliquer ce défaut de masse au niveau du bâtiment, i.e. l'application littérale du FE ou le respect d'une proportionnalité entre des niveaux d'émissions NH_3 et de N_2 . Cette seconde hypothèse implique un niveau de perte au bâtiment moindre étant donné que le FE d' NH_3 a fortement diminué depuis 2011... Le Tableau 8 présente pour les deux approches (FE N_2 vs ratio N_2/NH_3), des répartitions de pertes au bâtiment et au stockage. Les niveaux de pertes au bâtiment sont alors compris entre 22,6 et 28,5 % de perte ce qui est cohérent avec les défauts de bilan de masse observé par Ponchant et al. 2016 (situé entre 22 et 31 %). Dans le cadre du BRS, une valeur moyenne de

Tableau 8 : Hypothèses de répartition du coefficient de perte globale entre le bâtiment et le stockage en productions de volailles de chair selon différents coefficients de pertes d'azote (N) et selon différentes hypothèses de répartition des émissions du N_2O et du N_2

Poste	Type de perte	Répartition émissions en fixant un FE (% N Excrété)	Répartition émissions en fixant un ratio entre NH_3 et N_2 (% N Excrété)
Bâtiment	Perte $N-NH_3$	14,4	14,4
	Perte $N-N_2O$	0,07	0,07
	Perte $N-N_2$	14,0 ⁱ⁾	8,1 ⁱⁱ⁾
	Pertes Totales	28,5	22,6
	Coefficient retenu	25.5 Arrondi à 26	
Stockage	Perte $N-NH_3$	15,3	15,3
	Perte $N-N_2O$	0,03	0,03
	Perte $N-N_2$	2,6 ⁱ⁾	8,5 ⁱⁱ⁾
	Pertes Totales	17,9	23,8
	Coefficient retenu	21	
Pertes bâtiment et stockage		Arrondi à 47	

*Pour les pertes en $N-NH_3$ et N_2 , la référence est l'EMEP 2019 et l'IPCC 2019 pour les pertes en $N-N_2O$

i) les pertes de N_2 sont calculées sur la base d'un FE de 0.140 $kgN-N_2/kg N$ Excrété

ii) les pertes de N_2 sont calculées en faisant l'hypothèse qu'elles représentent l'équivalent de 56% des pertes sous forme d' NH_3

25,5, arrondie à 26 % a été retenue. En cohérence avec les résultats observés au bâtiment, les niveaux de pertes associés au stockage sont compris entre 18 et 24 %. La valeur moyenne se situe alors à 21 % de l' $N_{\text{Excrété}}$, soit 26 % de l' N entrant au stockage. La remise à jour plaide donc pour une forte diminution des émissions au bâtiment (coefficient qui passe de 32 à 26 %) et une augmentation au stockage (coefficient qui passe de 15 à 26 %).

3.3.2. Poules pondeuses

En production de poules pondeuses, les défauts de bilan de masse sont beaucoup moins bien renseignés qu'en volailles de chair. De la même manière, les niveaux de pertes au stockage n'ont pu être remis à jour à travers la BDD ELFE (fautes d'un nombre suffisant d'études). Dans ces conditions, les hypothèses de 2013, i.e. des coefficients de volatilisation de 30 et 25 % de l' N entrant au stockage (respectivement avec préséchage et séchoir) seront étudiés dans un scénario avec un niveau global de perte de 36 %. Mathématiquement, un niveau de perte de 30 % d'azote entrant au stockage est incompatible avec un facteur d'émission de 14 % de l' $N_{\text{excrété}}$ au bâtiment (pour rester à 36 % de pertes globales, il faudrait une perte au bâtiment de 9 %). Ainsi le Tableau 9 présente une seule hypothèse de répartition des pertes au bâtiment et au stockage. Dans ce scénario, le niveau de perte de N_2 au bâtiment est limité à 15 % (contre 20 % précédemment). À l'inverse des fumiers, peuvent être accumulés sur une certaine épaisseur (impliquant qu'une partie des déjections soit moins exposée à l' O_2 ambiant), les fientes peuvent être réparties sur des systèmes de collecte favorisant leur exposition à l' O_2 et limitant le processus de nitrification-dénitrification (les émissions de N_2O sont à ce titre supposées négligeables). Cette hypothèse expliquerait aussi la faible part de N_2 émise au niveau du bâtiment. À l'inverse, le stockage des fientes, réparties en tas, favorise des conditions aérobies et anaérobies stimulant les émissions de N_2O et N_2 , majoritairement appliquées au stockage. Le faible niveau de perte de NH_3 au stockage provient de l'EMEP faute de données de la BDD ELFE pour ce composé et ce poste.

5. Conclusion

Sur le principe d'une analyse de la base de données de FE ELFE et des récentes évolutions des méthodes d'inventaire des émissions gazeuses, certains coefficients globaux de volatilisation de l' N du BRS ont pu être remis à jour. Respectivement de 42 à 47 % (de pertes sur l' $N_{\text{Excrété}}$) et de 40-44 à 36 % en volailles de chair sur litière et en poules pondeuses. Une augmentation des coefficients ne traduit pas forcément une contribution plus importante des élevages avicoles à des impacts environnementaux. Ils sont pour partis imputables à une meilleure prise en compte des pertes sous forme de N_2 . À l'inverse, de fortes diminutions d' NH_3 ont pu être observées au bâtiment traduisant les bénéfices du déploiement de techniques plus conservatives. En volailles de chair, ou la maîtrise des fuites au stockage est plus limitées, un transfert d'émission a même pu être observé vers ce poste. Dans un contexte où la contribution au changement climatique des élevages est de plus en plus surveillée, il serait souhaitable d'investiguer plus en détail les émissions de N_2O . La prise en compte de ce composé est entachée d'incertitudes avec un risque de surestimation lors des mesures au bâtiment (imputable à des interférences) et un FE international ancien qui semble sous-estimer les émissions. De la même manière les émissions au stockage ont souvent fait l'objet de moins d'études comparés au bâtiment alors que pour certains composés et systèmes d'élevage ce poste est devenu la principale source d'émission. Plus largement, le manque d'études récentes a empêché une remise à jour des systèmes sur lisiers et sur parcours.

Ces travaux ont également permis de proposer des hypothèses de répartition des émissions entre les postes bâtiment et stockage en respectant les coefficients globaux précédemment évoqués. Ces résultats sont comparés (et parfois ajustés) aux évolutions des méthodes internationales de l'EMEP et de l'IPCC (entre 2013 et 2019). Ainsi, en volailles de chair sur litière : les pertes au

Tableau 9 : Hypothèses de répartition du coefficient de perte globale entre le bâtiment et le stockage en poules pondeuses selon différents coefficients de pertes d'azote (N) et selon différentes hypothèses de répartition des émissions du N_2O et du N_2

Poste	Type de perte	Répartition émissions (% N Excrété)
Bâtiment	Perte N- NH_3	14,0
	Perte N- N_2O	-
	Perte N- N_2	1,0
	Coefficient retenu	15,0
Stockage	Perte N- NH_3	4,5
	Perte N- N_2O	0,1
	Perte N- N_2	15,8
	Coefficient retenu	21
Pertes totales Bâtiment et stockage		Arrondi à 36

niveau du bâtiment et du stockage respectivement de 32 à 26 % de l'N excrété et de 15 à 26 % de l'N_{excrété} entrant au bâtiment. En poules pondeuses, les pertes au niveau du bâtiment passent de 20 à 15 % de l'N_{excrété} et de 25 à 26 % de l'N_{excrété} entrant au bâtiment.

Remerciements

Les auteurs remercient les interprofessions avicoles de l'ANVOL, du CNPO et du CIFOG qui ont participé au financement de ces travaux réalisés dans le cadre de la remise à jour des références d'excrétion avicoles.

Références bibliographiques

- Casey K., Gates R., Wheeler E., Zajackowski J., Topper P., Xin H., & Liang Y., 2003. Ammonia emissions from broiler houses in Kentucky during winter. Conference: International Symposium on Gaseous and Odour Emissions from Animal Production Facilities, 1er juin 2022, Horsens, Denmark.
- Directive n°2016/2284 concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques, modifiant la directive 2003/35/CE et abrogeant la directive 2001/81/CE Journal Officiel de l'Union Européenne du 14 décembre 2016.
- Directive n°2010/75/UE du 04/11/2010 relative aux émissions industrielles (prévention et réduction intégrées de la pollution). Journal Officiel de l'Union Européenne L334 du 17 décembre 2010.
- EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories section 3.B Manure management. 70 pages.
- Guyot Y., Blazy V., Fontanet J.M., 2021. Refonte méthodologique du bilan réel simplifié volailles. TéMa n°58, 11 pages.
- IPCC 2019, Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management. 209 pages.
- ITAVI. 2013. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, calcium, cuivre et zinc par les élevages avicoles. Mise à jour des références CORPEN 2006. 63 pages.
- Le Bras P., 2022. Actualisation et détermination de facteurs d'émission des bâtiments d'élevage de volailles. Rapport de stage, 30 pages.
- Méda, 2011. Travaux de thèse : Une approche dynamique des flux d'éléments et d'énergie des ateliers de production avicole avec ou sans parcours : Conception et application du modèle MOLDAVI, 239 pages.
- Misselbrook, T. H., Gilhespy, S. L., Cardenas, L. M., Williams, J. and Dragosits, U., 2015, Ammonia Emissions from UK Agriculture — 2014, Inventory Submission Report November 2015, DEFRA Contract SCF0102, Department for Environment, Food & Rural Affairs, 38 pages.
- Owusu-Twum M. Y., Polastre A., Subedi R., Santos S. S., Ferreira L. M. M., Coutinho J., Trindade H., 2017. Gaseous emissions and modification of slurry composition during storage and after field application : Effect of slurry additives and mechanical separation, Journal of Environmental Management, 200, 416-422.
- Perazzolo F., Mattachini G., Tambone F., Misselbrook T., Provolo G., 2015. Effect of mechanical separation on emissions during storage of two anaerobically codigested animal slurries, Agriculture, Ecosystems & Environment, 207, 1-9.
- Ponchant P., Germain K., Lamothe E. et Ollivier S., 2014. Emissions gazeuses en bâtiment et sur parcours d'élevage de volailles biologiques. TeMA n° 31, 5 pages.
- Ponchant P., Galliot P., Brame C., Mairet R., Hassouna M., 2016. L'ammoniac Acquisition de facteurs d'émission en bâtiment d'élevage avicole. TéMa n°39, 6 pages.
- Reidy B., Dämmgen U., Döhler H., Eurich-Menden B., Evert F. K., van Hutchings N. J., Luesink H. H., Menzi H., Misselbrook T. H., Monteny G.-J., Webb J., 2007. Comparison of models used for national agricultural ammonia emission inventories in Europe: Liquid manure systems, Atmospheric Environment, 42, 3452-3464.
- Reidy B., Webb J., Monteny G.-J., Misselbrook T. H., Menzi H., Luesink H. H., Hutchings N. J., Eurich-Menden B., Döhler H. and Dämmgen U., 2009. Comparison of models used for national agricultural ammonia emission inventories in Europe: litter-based manure systems', Atmospheric Environment, 43, 1632-1640.
- Vigan, A., Hassouna, M., Guingand, N., Brame, C., Edouard, N., Eglin, T., Espagnol, S., Eugène, M., Générumont, S., Lagadec, S., Loringuer, E., Loyon, L., Ponchant, P., Robin, P., 2019. Development of a Database to Collect Emission Values for Livestock Systems. Journal of Environmental Quality, 48, 1899-1906.
- Wheeler, E., Casey, K., Gates, R., Xin, H., Zajackowski, J., Topper, P. A., Liang, Y., Pescatore, A., 2006. Ammonia Emissions from Twelve U.S. Broiler Chicken Houses. Transactions of the ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers), 49, 1495-1512.

Update of the volatilization coefficients within the poultry simplified nutrient mass balance tool

The simplified nutrient mass balance tool (BRS), developed by ITAVI, offers poultry farmers the opportunity to compute the excretion of their production as well as the quantity of spreadable elements. For nitrogen, the flows from farms are used for designing spreading plans and correspond to animal excretion adjusted for coefficients of losses through volatilization. This study proposes an update of these coefficients, conducted through a statistical analysis of the ELevage and Emission Factors database compiling emission factors. Following a comparison with international inventory methods, the main results indicate that: i) only coefficients for poultry raised on litter (excluding free range production) and for laying hens can be updated; ii) emission factors from the United States, experimental facilities, and those predating 2016 are significantly different and should be excluded from the analysis; iii) for broilers and laying hens, the overall volatilization coefficient has increased from 42 % to 47 % and decreased from 40-44 % to 36 %, respectively ; iv) assumptions for volatilization coefficients of excreted nitrogen in broiler and laying hen housing have also been proposed, showing a decrease from 32 % to 26 % and from 20 % to 15 % compared to 2013, respectively. Regarding storage, only the manure volatilization coefficient has been revised, with an increase from 15 % to 26 % of nitrogen entering this stage.

Annexe 1 : Tableau d'expression des facteurs d'émissions de perte gazeuses azotées au bâtiment et au stockage en poulet de chair et pondeuses

BÂTIMENT* (poulet de chair)				
Composé	Origine FE	FE à l'azote excrété (kg N-NH ₃ / kgN _{Excrété initial})	FE au TAN excrété bâtiment (kg N-NH ₃ / kgN _{TAN Excrété initial})	FE à l'emplacement (kg N-NH ₃ / emplacement/an)
NH ₃	EMEP	0,147	0,210	0,053
	ELFE	0,144	0,190	0,052
N ₂ O	IPCC	-	-	-
	ELFE	0,024	0,034	0,009
N ₂	EMEP	-	-	-
	ELFE	-	-	-
Pertes totales Bâtiment	EMEP	0,147	0,210	0,053
	ELFE	0,168	0,224	0,061
STOCKAGE** (poulet de chair)				
Composé	Origine FE	FE à l'azote excrété (kg N-NH ₃ / kgN _{Excrété initial})	FE au TAN excrété bâtiment (kg N-NH ₃ / kgN _{TAN Entrée stockage})	FE à l'emplacement (kg N-NH ₃ / emplacement/an)
NH ₃	EMEP	0,166	0,300	0,0599
	ELFE	0,153	0,283	0,0550
N ₂ O	IPCC	0,001	0,002	0,0004
	ELFE	0,007	0,012	0,0024
N ₂	EMEP	0,166	0,300	0,0600
	ELFE	0,162	0,300	0,0580
Pertes totales Stockage	EMEP	0,333	0,602	0,120
	ELFE	0,322	0,595	0,115
Pertes bâtiment et stockage	EMEP	0,480	-	0,173
	ELFE	0,490	-	0,176

*Les hypothèses de conversion au bâtiment sont les suivantes N Excrété initial = 0,36 kgN/emplacement/an, la part de TAN dans l'excrété est de 70 %, soit 0,252 kgTAN/emplacement/an

** Les hypothèses de conversion au stockage et sont respectivement les suivantes N ENTREE STOCKAGE = 0,31 et 0,30 kgN/emplacement/an, la part de TAN dans l'excrété en sortie bâtiment est de 65 %, soit entre 0,200 et 0,195 kgTAN ENTREE STOCKAGE/emplacement/an pour les méthodes internationales (EMEP/IPCC) et la BDD ELFE. Le FE du N₂ de l'EMEP est par défaut appliqué au stockage dans le cas de la simulation ELFE

Les données en gras indiquent la valeur de référence qui a été ensuite convertie

BÂTIMENT (pondeuses)				
Composé	Origine FE	FE à l'azote excrété (kg N-NH ₃ / kgN Excrété initial)	FE au TAN excrété bâtiment (kg N-NH ₃ /kgN TAN Excrété initial)	FE à l'emplacement (kg N-NH ₃ / emplacement/an)
NH ₃	EMEP	0,140	0,200	0,113
	ELFE	0,140	0,200	0,108
N ₂ O	IPCC	-	-	-
	ELFE	0,008	0,011	0,006
N ₂	-	-	-	-
	-	-	-	-
Pertes totales Bâtiment	EMEP	0,147	0,210	0,113
	ELFE	0,148	0,211	0,114
STOCKAGE** (pondeuses)				
Composé	Origine FE	FE à l'azote excrété (kg N-NH ₃ / kgN Excrété initial)	FE au TAN excrété bâtiment (kg N-NH ₃ / kgN TAN Excrété initial)	FE à l'emplacement (kg N-NH ₃ /emplacement/an)
NH ₃	EMEP	0,045	0,08	0,034
	ELFE	0,044	0,08	0,034
N ₂ O	IPCC	0,001	0,002	0,001
	ELFE	-	-	-
N ₂	EMEP	0,166	0,300	0,129
	ELFE	0,165	0,300	0,127
Pertes totales Stockage	EMEP	0,212	0,382	0,164
	ELFE	0,209	0,380	0,161
Pertes Bâtiment et stockage	EMEP	0,359	-	0,277
	ELFE	0,357	-	0,275

*Les hypothèses de conversion au bâtiment sont les suivantes N Excrété initial = 0,77 kgN/emplacement/ an, la part de TAN dans l'excrété est de 70 %, soit 0,539 kgTAN/emplacement/an.

** Les hypothèses de conversion au stockage et sont respectivement les suivantes N ENTREE STOCKAGE = 0.65 et 0.66 kgN/emplacement/an, la part de TAN dans l'excrété en sortie bâtiment est de 65 %, soit entre 0,42 et 0,43 kgTAN ENTREE STOCKAGE/emplacement/an pour les méthodes internationales (EMEP/IPCC) et la BDD ELFE. Le FE du N₂ de l'EMEP est par défaut appliqué au stockage dans le cas de la simulation ELFE

Les données en gras indiquent la valeur de référence qui a été ensuite convertie