

La base de données ELFE : vers une meilleure connaissance des émissions gazeuses liées à l'élevage

VIGAN A. (1), HASSOUNA M. (1), BRAME C. (2), EDOUARD N. (3), EGLIN T. (4), ESPAGNOL S. (5), EUGENE M. (6), GENERMONT S. (7), GUINGAND N. (5), LAGADEC S. (2), LORINQUER E. (8), LOYON L. (9), PONCHANT P. (10), ROBIN P. (1)

(1) INRA, Agrocampus-Ouest, UMR SAS, 65 rue de St Brieuc, 35000 Rennes, France

(2) CRAB, Rue Maurice le Lannou, 35042 Rennes, France

(3) INRA, Agrocampus-Ouest, UMR PEGASE, 35042, Rennes, France

(4) ADEME, 20 Avenue du Grésillé, 49000 Angers, France

(5) Ifip Institut du Porc, La motte au Vicomte, 35651 Le Rheu Cedex, France

(6) INRA, Université Clermont Auvergne, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

(7) INRA UMR ECOSYS, Route de la Ferme, 78850 Thiverval-Grignon, France

(8) Idele, Monvoisin BP 67, 35652 Le Rheu Cedex, France

(9) IRSTEA, Avenue de Cucillé, 35000 Rennes, France

(10) Itavi, 41 rue de Beaucemaine, 22440 Ploufragan, France

RESUME

Le secteur de l'élevage est aujourd'hui confronté à une demande croissante de produits animaux à laquelle il doit répondre en limitant au maximum ses impacts environnementaux et en assurant sa durabilité. Parmi ces impacts, la pollution de l'air est une préoccupation majeure. Pour faire face au changement climatique et contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air, les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre doivent être mieux caractérisées et maîtrisées afin de les prendre en compte dans l'évolution des pratiques d'élevage (alimentation, gestion des effluents, etc.). Des acteurs de la recherche et du développement se sont donc associés afin de développer une base de données appelée ELFE (Elevages et Facteurs d'Emission), compilant les valeurs publiées dans la littérature internationale des émissions d'ammoniac, de gaz à effet de serre, de particules et d'odeurs, sur toute la chaîne de gestion des effluents des élevages bovins, porcins et avicoles ainsi que leurs métadonnées associées. Parmi les 1 000 références bibliographiques collectées, environ 350 ont été intégrées à ce jour à la base de données, fournissant ainsi, un peu plus de 5 200 valeurs d'émission. La base de données ELFE permet de déterminer des moyennes d'émission associées à leurs écarts-types prenant en compte la diversité des systèmes d'élevage. Ces données pourront ainsi alimenter les inventaires nationaux d'émissions en proposant des facteurs d'émissions ajustés à des systèmes d'élevage définis et également, permettre d'évaluer la mise en place de pratiques de réduction des émissions. Cette base de données représente aussi une source d'information pour la réalisation d'évaluations multicritères permettant notamment, de préciser l'influence des métadonnées sur les niveaux d'émissions (climat, type de bâtiment, etc.). De plus, cette base propose une classification de chaque valeur d'émission en fonction du nombre de métadonnées renseignées dans les références bibliographiques (>50 % ; 30-50 % ; <30 % des métadonnées renseignées) afin d'évaluer son niveau de description.

The ELFE database: improving the knowledge on gas emissions from livestock systems

VIGAN A. (1), HASSOUNA M. (1), BRAME C. (2), EDOUARD N. (3), EGLIN T. (4), ESPAGNOL S. (5), EUGENE M. (6), GENERMONT S. (7), GUINGAND N. (5), LAGADEC S. (2), LORINQUER E. (8), LOYON L. (9), PONCHANT P. (10), ROBIN P. (1)

(1) INRA, Agrocampus-Ouest, UMR SAS, 65 rue de St Brieuc, 35000 Rennes, France

SUMMARY

The increasing demand for animal products is a major challenge for the livestock sector that must reduce its environmental impacts and ensure its sustainability. This sector has been identified as an important contributor to polluting gas emissions. Improving the knowledge on the origin and the magnitude of air pollutants and greenhouse gases emissions from livestock sector is essential to address climate change and to contribute to improve air quality with the evolution of breeding practices (feeding strategy, manure management, etc.). A consortium involving research and extension services partners was created to build a database called ELFE (Elevages et Facteurs d'Emission) with international data from literature references focusing on emissions of ammonia, greenhouse gases, particles and odors on the different steps of manure management of cattle, pig and poultry productions systems and their associated key variables. Around 350 publications (among 1 000 publications collected) are integrated into the database and provide more than 5 200 emission values. The ELFE database allows calculating average of emission and their standard deviation taking into account the diversity of livestock systems. These data can be used to provide emission factor for national inventories for specific livestock systems and also, to evaluate practices on gas emissions mitigation. This database can also be used to analyze the influence of key variables on the emission factor variability using multicriteria assessment (climate, building type, etc.). Moreover, this database propose a classification of emission factor into three classes according to the degree on which information about their most influential key variables was complete (>50 % ; 30-50 % ; <30 % of indicated key variables) to evaluate its description.

INTRODUCTION

Les émissions gazeuses liées au secteur de l'élevage représentent une forte préoccupation tant pour la santé humaine que pour les problématiques environnementales qu'elles impliquent. Afin d'améliorer les connaissances relatives à ces émissions en vue de les réduire, des acteurs de la recherche (INRA, IRSTEA) et des instituts techniques (CRAB, Idele, Ifip, Itavi) se sont associés dans le cadre du projet ELFE (ELevages et Facteurs d'Emission). Ce projet concerne le développement d'une base de données mutualisant les références sur les émissions gazeuses d'ammoniac (NH_3), protoxyde d'azote (N_2O), méthane (CH_4), dioxyde de carbone (CO_2), particules et odeurs des élevages herbivore (bovin, ovin, caprin, équin), porc et avicole au niveau des principaux postes d'émission (bâtiment, stockage et épandage des effluents). L'utilisation des références saisies dans la base de données ELFE doit permettre de produire des Facteurs d'Emission (FE), associés à des écarts-types caractérisant la diversité des systèmes d'élevages. De plus, des évaluations multicritères à l'échelle de la base de données devront permettre d'identifier des facteurs de variation des émissions et ainsi, contribuer à l'identification de pratiques de réduction ou à la définition de nouvelles typologies de systèmes sur la base de gammes d'émission.

L'objectif de cet article est de présenter l'ensemble de la démarche méthodologique développée dans le cadre du projet ELFE ainsi qu'un premier bilan des saisies réalisées.

1. METHODOLOGIE

1.1. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Une revue bibliographique des références traitant des émissions gazeuses liées à l'élevage a été réalisée. Environ 1 000 références ont ainsi été collectées sur la période 1981 à 2018. Elles proviennent d'une mutualisation de la bibliographie des acteurs du projet puis d'une actualisation réalisée sur Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com>). Elles sont issues de différents supports (articles de revues à comité de lecture, actes de colloque, rapports d'étude, thèses). Ces références concernent les émissions de NH_3 , N_2O , CH_4 , CO_2 , particules et odeurs. Elles concernent au moins une des trois productions animales (herbivore, porcine, avicole) sur un ou plusieurs postes d'émissions (bâtiment, stockage, épandage).

1.2. ELABORATION DE LA BASE DE DONNEES

La base de données ELFE a été créée sous Microsoft Excel® 2013. Elle se structure par fichier pour chaque poste d'émission avec un fichier par production animale pour le poste bâtiment afin de prendre en compte leurs spécificités (Figure 1). Cette figure montre que pour les autres postes, un seul fichier regroupe l'ensemble des données relatives aux émissions toutes productions confondues.

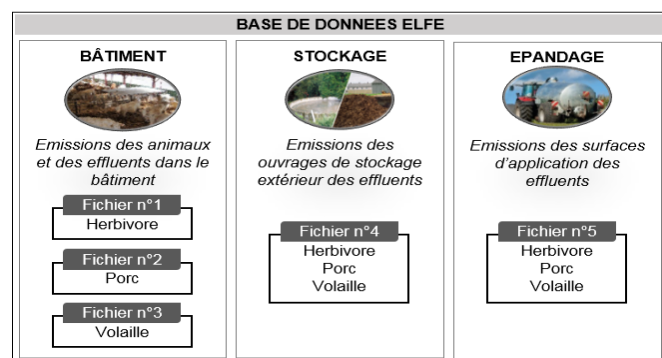


Figure 1 Structure de la base de données ELFE

Les fichiers pour les postes bâtiment, stockage et épandage comprennent respectivement environ 500, 150 et 200 variables à renseigner. De plus, pour chaque variable quantitative, une colonne est dédiée au renseignement de l'unité d'expression utilisée dans la référence bibliographique. En plus des variables rapportant les résultats des études publiées (valeurs d'émission, teneurs en azote ou en carbone des aliments et des effluents, etc.), deux grandes catégories de variables se distinguent : celles qui concernent la description du système d'élevage et celles qui décrivent le protocole de mesure des émissions gazeuses. Les variables à renseigner dans la base ELFE sont ensuite organisées en blocs thématiques (géographie, climat, caractéristiques techniques du système d'élevage, composition des effluents, etc.). Au niveau du bâtiment, la base de données ELFE permet de renseigner les informations pour différents animaux, aliments et effluents (par exemple, dans le cas où les émissions rapportées dans une référence bibliographique concernent à la fois des vaches laitières et des génisses avec une alimentation et un mode de logement différents). La base de données est présentée de manière détaillée par Vigan *et al* (2017).

Dans un objectif de valorisation à l'international, la base de données ELFE a été créée en anglais. Chaque fichier comprend ainsi un glossaire traduisant chaque variable de l'anglais vers le français. Ce glossaire permet également d'apporter des précisions sur certaines variables afin d'assurer l'homogénéité des informations saisies dans la base par les différents acteurs du projet.

1.3. SAISIE DES DONNEES

Suite à la revue bibliographique et à l'élaboration de la base de données, les valeurs d'émissions identifiées dans les références bibliographiques ainsi que leurs métadonnées associées ont été saisies dans la base. Différentes règles pour la saisie des données ont été établies par les acteurs du projet lors de la création de la base ELFE. La principale règle formulée impose la saisie des données brutes, c'est-à-dire dans l'unité d'expression d'origine de la référence bibliographique. Aucune donnée par défaut ni aucune donnée convertie n'est intégrée dans la base ELFE. Les informations manquantes sont associées à la saisie « nd » (non documenté). Ce codage des informations non renseignées dans les références bibliographiques est fondamental pour la classification correcte des données en fonction de leur niveau de description (section 1.5).

1.4. CONVERSION DES DONNEES

Comme indiqué précédemment, les valeurs collectées dans la base de données ELFE proviennent de différents supports bibliographiques. Ces différents supports induisent une grande variabilité dans les unités d'expression des valeurs d'émission reportées (Tableau 1). A ce stade du projet, la production herbivore est uniquement représentée par la filière bovine et seuls les composés NH_3 , N_2O , CH_4 et CO_2 sont étudiés.

Tableau 1 Nombre d'unités différentes pour l'expression des valeurs d'émission reportées dans la littérature collectée

	Bâtiment				St. ⁽¹⁾	Ep. ⁽²⁾
	Bovin	Porc	Volaille	Tot. ⁽³⁾		
NH_3	42	54	24	79	45	15
N_2O	26	20	5	44	31	12
CH_4	28	20	5	42	48	8
CO_2	18	18	3	30	22	3
n ⁽⁴⁾	696	1 742	313	2 746	1 579	864

⁽¹⁾ Stockage ; ⁽²⁾ Epandage ; ⁽³⁾ Total pour les trois productions animales après avoir supprimé les unités identiques ; ⁽⁴⁾ Nombre de valeurs d'émission saisies

Afin de pouvoir analyser les valeurs d'émissions, la première étape a consisté à définir des unités de référence pour exprimer les FE (phase d'homogénéisation). Le tableau 2 présente les unités de référence qui ont été choisies par poste d'émission selon l'objectif d'utilisation (comparaison entre production, représentation des émissions sur l'ensemble de la chaîne de gestion des effluents, utilisation réglementaire). Pour les postes bâtiment et stockage, trois unités différentes sont nécessaires par rapport aux objectifs d'utilisation alors que pour l'épandage, seules deux unités ont été choisies.

Tableau 2 Unités de référence par poste d'émission pour les émissions de N-NH₃, N-N₂O, C-CH₄ et C-CO₂

	Bâtiment	Stockage	Epandage
Unité 1	g.LU ⁻¹ .jour ⁻¹ ⁽¹⁾	g.m ⁻² .jour ⁻¹	kg.ha ⁻¹
Unité 2	% excrété	% stocké	% épandu
Unité 3	kg.animal ⁻¹ .an ⁻¹ ⁽²⁾	g.m ⁻³ .jour ⁻¹	-

⁽¹⁾ LU (Livestock Unit) = 500 kg de poids vif ; ⁽²⁾ Pour les porcs et volailles : kg.emplacement animal⁻¹.an⁻¹

Aucune donnée par défaut n'a été ajoutée et aucune hypothèse n'a été posée pour la conversion des valeurs d'émission vers les unités de référence. Si les données nécessaires à la conversion ne sont pas renseignées dans la référence bibliographique concernée, alors les valeurs d'émission sont exclues de l'analyse. Deux méthodes de conversion ont été développées. La première consiste à convertir la valeur vers une quantité totale de composé (par exemple, passer de kg NH₃.animal⁻¹.jour⁻¹ à des kg NH₃) avant de la rapporter à l'unité de référence. La deuxième méthode consiste à convertir directement la valeur de l'unité d'origine vers l'unité de référence. En fonction des unités d'expression d'origine et de l'unité de référence, cette deuxième méthode permet d'aboutir à un pourcentage de valeurs converties plus important (par exemple, pour passer de kg NH₃.animal⁻¹.jour⁻¹ à l'unité de référence 3, aucune donnée n'est requise alors qu'avec la première méthode de conversion, si la durée n'est pas précisée, la conversion est impossible).

1.5. CLASSIFICATION DES DONNEES

De la même manière que pour la conversion des valeurs d'émission, la diversité des supports bibliographiques implique une grande hétérogénéité dans la description des conditions d'acquisition des valeurs d'émission. C'est pourquoi, elles ont été classées en fonction de leur niveau de description. Pour chaque poste d'émission, des variables clés (jugées les plus déterminantes dans la caractérisation des émissions) ont été identifiées parmi l'ensemble des variables de la base afin de calculer le pourcentage renseigné. Parmi la première catégorie de variables sur le système d'élevage décrite précédemment (section 1.2), 30, 39 et 47 variables clés ont été sélectionnées dans le fichier bâtiment pour les productions bovine, porcine et avicole respectivement. Dans les fichiers stockage et épandage, 35 et 34 variables clés ont été sélectionnées. Parmi la deuxième catégorie de variables décrivant le protocole de mesure des émissions gazeuses, 24 variables clés ont été sélectionnées dans le fichier bâtiment pour les productions bovine et porcine. Pour la production avicole, le nombre de variables clés sélectionnées est de 29. Enfin, dans les fichiers stockage et épandage, 19 variables clés ont été sélectionnées pour cette deuxième catégorie. La part totale des variables clés identifiées varie entre 11 et 24 % de l'ensemble des variables selon les fichiers. Après avoir calculé le pourcentage renseigné (en attribuant +1 lorsque l'information est présente dans la référence bibliographique et 0 lorsqu'elle est absente), les notes obtenues ont été pondérées de façon à ce que les deux catégories aient le même poids dans la note finale. Ensuite,

chaque valeur d'émission saisie dans la base a été allouée à une des trois classes de « complétude » définies par le pourcentage de variables clés renseignées : classe 1 >50 % ; classe 2 30-50 % ; classe 3 <30 %.

1.6. ANALYSE DES DONNEES

En fonction des objectifs, deux procédures d'analyse des données compilées dans la base ELFE peuvent être envisagées. L'ensemble des analyses décrites ci-dessous sont réalisées avec le logiciel R version 3.4.2.

La première procédure consiste à produire des moyennes de FE associées à un écart-type pour un système d'élevage donné. Le système d'élevage peut être préalablement défini de deux manières distinctes.

Dans le premier cas, la liste des systèmes est définie par expertise à partir des systèmes les plus communément représentés sur le terrain. Les experts de la production bovine associés au projet ELFE ont défini une liste de 66 systèmes d'élevages au bâtiment. Ces systèmes se définissent à partir de la filière (bovin laitier / bovin allaitant / engraissement) et du type d'effluent produit (lisier / fumier / mixte). Pour les systèmes lisier, un troisième niveau correspond au mode de logement afin de distinguer les systèmes avec un stockage temporaire à l'intérieur du bâtiment des systèmes qui stockent directement en extérieur. En ce qui concerne le stockage, la distinction se fait dans un premier temps sur le type d'effluent stocké (lisier / fumier) puis sur la filière concernée (bovin laitier / bovin allaitant / engraissement) soit, 6 systèmes de stockage au total.

Dans le deuxième cas, les variables évoquées ci-dessus (type d'effluent produit, mode de logement) sont testées statistiquement en appliquant des tests paramétriques (Student, Welch ou ANOVA) ou non-paramétriques (Wilcoxon ou Kruskal-Wallis) en fonction des conditions de validité de chaque test. L'application de ces tests permet de définir les systèmes en se basant sur les modalités pour lesquelles il y a une différence significative sur les moyennes de FE (par exemple, entre les moyennes de FE pour les systèmes lisier et fumier).

La deuxième procédure permet d'analyser l'ensemble des données saisies à l'échelle de la base sans organisation préalable par système. L'objectif est de déterminer les principaux facteurs d'influence qui impliquent une variabilité des FE. Cette analyse se fait sur un jeu de données comprenant les FE et certaines variables préalablement sélectionnées sur l'ensemble de la base. Ces variables ont été identifiées par expertise et sur la base des connaissances publiées pour chaque poste d'émission et gaz. Chaque variable est testée une à une afin de déterminer s'il y a un lien significatif avec les FE. Pour les variables quantitatives, le coefficient de corrélation est déterminé et pour les variables qualitatives, une analyse de variance est réalisée. Pour la production bovine au bâtiment et au stockage, environ 50 et 25 variables ont été sélectionnées respectivement (soit, environ 10 % et 17 % de l'ensemble des variables de la base). Ces variables correspondent en partie à des facteurs d'influence déjà mis en évidence dans la littérature (par exemple, la MAT (Matière Azotée Totale) des aliments pour les émissions de NH₃ ou encore l'utilisation d'une couverture pour les ouvrages de stockage). Néanmoins, d'autres variables correspondant à des pistes d'analyses pertinentes mais peu étudiées pour expliquer la variabilité des émissions ont également été sélectionnées (méthode de détermination des émissions ou méthode d'analyse des concentrations du composé gazeux par exemple).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. BILAN DES SAISIES

A ce jour, environ 5 200 valeurs d'émissions issues de 350 références ont été saisies dont 53 %, 30 % et 17 % pour les postes bâtiment, stockage et épandage respectivement. Sur l'ensemble des données, 33 %, 58 % et 9 % concernent les productions bovine, porcine et avicole. Une référence bibliographique fournit donc en moyenne 15 valeurs d'émissions qui concernent dans 24 % des cas, au moins deux productions différentes et/ou deux postes d'émission différents. Comme cela est mentionné dans Gac *et al* (2006), le NH_3 représente le composé gazeux majoritairement étudié dans la bibliographie relative aux émissions gazeuses des élevages.

Même si les saisies dans la base ELFE ne sont en rien représentatives des systèmes Français, les informations saisies permettent d'établir des profils des systèmes les plus étudiés dans la littérature. En ce qui concerne les émissions par les bovins au bâtiment publiées dans la littérature, 80 % des données saisies correspondent à la filière laitière, 12 % à l'allaitante et 8 % à l'engraissement (Figure 2). Parmi les données liées à la filière laitière, cette figure montre que 70 % correspondent à des systèmes lisier dont 57 % avec stockage du lisier à l'extérieur du bâtiment, 18 % à l'intérieur et 25 % non renseigné. Cette figure montre également que 45 % des données saisies pour le stockage extérieur d'effluent correspondent au stockage de lisier et 29 % au stockage de fumier (les données restantes concernent le stockage d'effluents liquides ou solides traités). Autant de données correspondent au stockage du lisier en cuve et dans des lagunes.

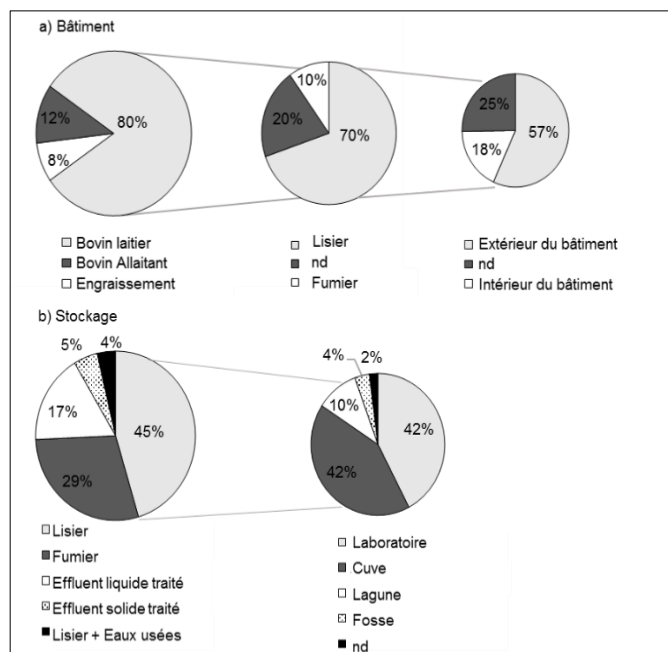


Figure 2 Bilan des saisies au bâtiment et au stockage pour la production bovine

2.2. VALEURS D'EMISSION CONVERTIES

La figure 3 présente les pourcentages de valeurs d'émission converties vers chacune des trois unités de référence à partir des deux méthodes combinées pour les postes bâtiment et stockage (la conversion des valeurs d'émission à l'épandage est en cours d'élaboration).

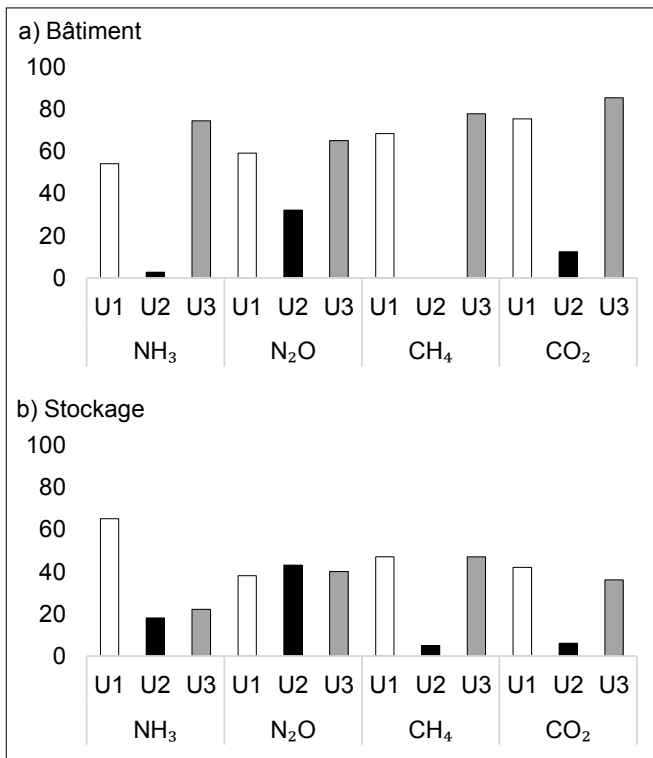


Figure 3 Pourcentage de valeurs d'émissions converties vers chacune des trois unités de référence (U1 : Unité 1, U2 : Unité 2 et U3 : Unité 3 ; cf. Tableau 2)

La figure 3 montre que pour le bâtiment, très peu de valeurs d'émissions ont pu être converties vers la deuxième unité (% N ou C excrété). En effet, très peu de références bibliographiques indiquent la quantité d'azote ou de carbone excrété. Etant donné que la majorité des valeurs d'émissions publiées sont ramenées au poids d'un animal ou par animal, les pourcentages de valeurs d'émission converties sont plus importants pour la première et la troisième unité ($\text{g.LU}^{-1}.\text{jour}^{-1}$ et $\text{kg.animal}^{-1}.\text{an}^{-1}$ respectivement).

Au stockage, les émissions de NH_3 , N_2O et CO_2 sont majoritairement exprimées par unité de surface. La figure 3 montre pour ces trois gaz, des pourcentages de valeurs d'émission converties vers la première unité ($\text{g.m}^{-2}.\text{jour}^{-1}$) proches de 50 %. En ce qui concerne les émissions de CH_4 au stockage dans les références bibliographiques, elles sont autant exprimées par unité de surface que par unité de volume. Pour ce gaz, la figure montre des pourcentages de valeurs d'émission converties équivalents vers les unités 1 et 3. L'information sur les teneurs initiales en azote et en carbone est indiquée à hauteur de 33 et 9 %. En effet, très peu de valeurs d'émissions de CH_4 et de CO_2 ont pu être converties vers la deuxième unité (% C stocké).

2.3. VALEURS D'EMISSION CLASSEES

La figure 4 ci-dessous représente la répartition des valeurs d'émission de chaque poste (et de chaque production pour le bâtiment) au sein des trois classes de complétude. Cette figure montre que pour chaque poste d'émission et production animale, (excepté pour les émissions des volailles au bâtiment), la majorité des données se trouve dans la classe 2. Elle montre également que la classe 1 qui regroupe les données avec le meilleur pourcentage de renseignement correspond à la classe minoritairement représentée. Concernant les valeurs d'émission des volailles au bâtiment, elles sont principalement allouées à la classe 3 (c'est-à-dire, avec moins de 30 % des informations renseignées). Ce résultat peut s'expliquer par le fait que ce poste représente celui pour lequel il y a le moins de saisies de réalisées (cf. Tableau 1).

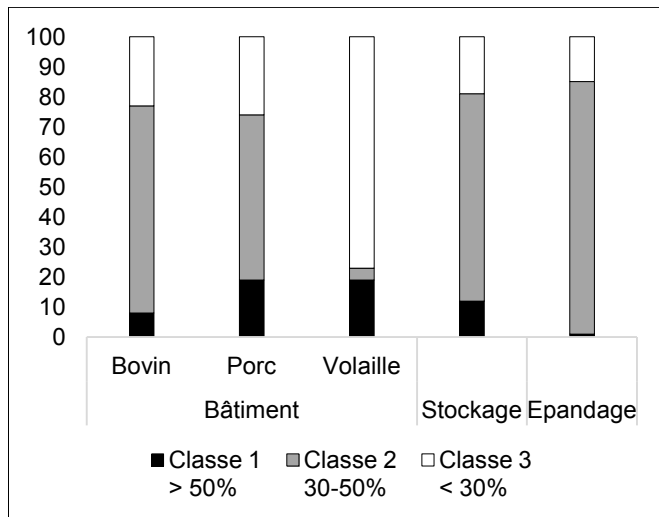


Figure 4 Répartition (en %) des valeurs d'émissions par classe de complétude

L'objectif de cette classification est de pouvoir caractériser chaque valeur d'émission par rapport au niveau de description de ses conditions d'acquisition. Cette approche permet également de réaliser un bilan des informations qui semblent nécessaires à la description des valeurs d'émission et de leurs conditions d'acquisition illustrant leurs faibles renseignements dans la littérature.

CONCLUSION

La démarche méthodologique développée dans le cadre du projet ELFE permet de mieux caractériser les données de la littérature et surtout, de déterminer leurs impacts sur les FE en vue d'aboutir ensuite à des niveaux d'émission plus précis. Ce projet est également un support pressenti pour rédiger des règles de « reporting » des informations dans les références bibliographiques. En effet, tout en valorisant la littérature publiée relative aux émissions gazeuses des élevages, ce projet permet de mettre en évidence les informations manquantes qui peuvent être un frein à l'analyse des résultats de certaines références bibliographiques. De plus, il permet d'identifier les systèmes d'élevage et les pratiques moins étudiés et ainsi, de proposer de nouvelles pistes de recherche. Parmi les perspectives associées à ce projet, les émissions au pâturage et lors du traitement des effluents seront intégrées à la base de données ELFE. Cela permettra notamment de pouvoir considérer la répartition des émissions au niveau des différents postes afin de pouvoir avoir un regard complet des émissions tout au long d'un continuum.

Les auteurs remercient l'ADEME, le Ministère de l'Agriculture et l'ANR pour le financement de ce projet.

Gac, A., Béline, F., Bioteau, T., 2006. Rapport final ADEME. 79 pp.

Vigan, A., Ponchant, P., Guingand, N., Espagnol, S., Hassouna, M., Lorinquer, E., Lagadec, S., Brame, C., Edouard, N., Genermont, S., Loyo, L., Eugène, M., Klumpp, K., Fiorelli, J-L., Mathias, E., Legall, C., Cohan J-P., Eglin, T., Robin, P., 2017. 12èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, France. 386-390