

RAPPORT D'ÉTUDE  
INERIS-DRC-17-164783-11068A

15/12/2017

**Evaluation des émissions diffuses d'ammoniac  
de bâtiments d'élevage  
Campagne de mesure par la méthode SOF**

**INERIS**

maîtriser le risque |  
pour un développement durable



# **Evaluation des émissions diffuses d'ammoniac de bâtiments d'élevage**

## **Campagne de mesure par la méthode SOF**

Rapport réalisé pour le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

## PRÉAMBULE

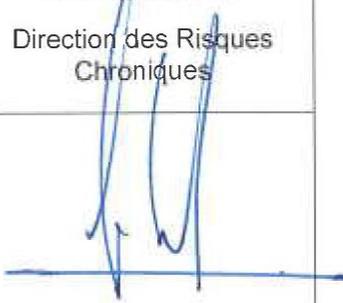
Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	<b>Rédaction</b>	<b>Vérification</b>	<b>Approbation</b>
<b>NOM</b>	François GAUTIER Laurène ZANATTA	Rodolphe GAUCHER	Marc DURIF
<b>Qualité</b>	Ingénieurs à l'Unité «Milieux» et « Technologies propres et procédés durables» Direction des Risques Chroniques	Responsable de l'Unité « Technologies propres et procédés durables» Direction des Risques Chroniques	Responsable de Pôle « Caractérisation de l'Environnement » Direction des Risques Chroniques
<b>Visa</b>			

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1. RESUME</b> .....	<b>7</b>
<b>2. GLOSSAIRE</b> .....	<b>8</b>
<b>3. LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES</b> .....	<b>8</b>
<b>4. INTRODUCTION</b> .....	<b>9</b>
<b>5. METHODOLOGIE</b> .....	<b>10</b>
5.1 Site d'étude .....	10
5.1.1 Sélection.....	10
5.1.2 Description .....	11
5.2 Méthodes de mesure.....	13
5.2.1 Solar Occultation Flux (SOF).....	13
5.2.2 Mobile extractive FTIR (MeFTIR).....	15
5.2.3 Mesures météorologiques.....	15
<b>6. RESULTATS</b> .....	<b>17</b>
6.1 Quantification des flux de NH <sub>3</sub> – SOF.....	17
6.2 Qualification des émissions – MeFTIR.....	18
<b>7. COMPARAISONS AUX VALEURS D'EMISSIONS DECLAREES OU CALCULEES</b> .....	<b>21</b>
7.1 Phénomènes d'émissions en bâtiment et facteurs d'émission .....	21
7.2 Données NH <sub>3</sub> du logiciel de Gestion environnementale en élevage porcin (GEEP) 2016 et de la Déclaration des émissions polluantes .....	22
7.3 Calculs des quantités d'azote excrété et des émissions de NH <sub>3</sub> .....	23
7.4 Bilan comparatif.....	23
7.5 Discussions .....	24
<b>8. CONCLUSION</b> .....	<b>25</b>



## 1. RESUME

Les éleveurs exploitant une installation IED<sup>1</sup> soumise à la rubrique 3660 de la nomenclature des installations classées ont l'obligation nouvelle de respecter des niveaux d'émission d'ammoniac au bâtiment (exprimés en kg NH<sub>3</sub>/emplacement/an). Dans ce contexte, trois techniques ont été définies afin de pouvoir comparer les performances des élevages aux NEA-MTD<sup>2</sup>. Il est ainsi possible d'utiliser un bilan de masse, des facteurs d'émissions ou bien des mesures dans chaque bâtiment d'élevage.

La maîtrise des facteurs d'émission est faible aujourd'hui car ils restent difficiles à déterminer. En effet, lorsqu'ils sont établis à partir de mesures à la source, ils dépendent de nombreux paramètres, comme la conception de l'installation, les substrats utilisés, les conditions d'exploitation des sites et les conditions météorologiques. Il est dans ces conditions, difficile :

- d'obtenir des données pour les différentes situations,
- de garantir que les données sont représentatives du parc des installations actuellement exploitées, afin de pouvoir les extrapoler à l'ensemble des installations d'élevage ou à des installations de typologies similaires.

Afin de compléter le niveau de connaissance actuel sur les facteurs d'émission de NH<sub>3</sub>, une campagne de quantification des émissions gazeuses d'un élevage porcin par méthodes optiques non intrusives a été pilotée par l'INERIS en octobre 2016 dans le cadre de ses travaux d'appui au ministère en charge de l'environnement.

Cette campagne de quantification des flux totaux émis par un élevage porcin a été effectuée à l'aide de la technologie Solar Occultation Flux (SOF) et visait en tout premier lieu les émissions de NH<sub>3</sub>. Des mesures qualitatives complémentaires de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> et N<sub>2</sub>O ont également été mises en œuvre par la méthode Mobile Extractive FTIR (MeFTIR).

Pour l'ammoniac, la comparaison entre les données théoriques sur les émissions à celles mesurées présente une bonne corrélation durant cette période de mesures. La confrontation des différents facteurs d'émission montre que, quelle que soit la méthode, l'ordre de grandeur est identique.

Pour le méthane, les résultats calculés et mesurés relatifs aux émissions diffèrent de façon substantielle. Une revue bibliographique très succincte a mis en évidence une grande variabilité des facteurs disponibles. Il apparaît donc que les incertitudes sur ces facteurs d'émission sont très fortes.

A l'instar des émissions de méthane, la même variabilité est observée pour les émissions de protoxyde d'azote selon les facteurs utilisés.

---

<sup>1</sup> Directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles applicable aux élevages de porcs (plus de 750 emplacements de truies ou 2 000 emplacements de porcs) et de volailles (plus de 40 000 emplacements).

<sup>2</sup> Niveau d'émission associé aux MTD

## **2. GLOSSAIRE**

BRS: Bilan Réel Simplifié

CH<sub>4</sub>: methane

FTIR : spectroscopie des infrarouges à transformée de Fourier

GEREP :

IFIP: Institut du Porc

N<sub>2</sub>O: protoxyde d'azote

NEA : Niveau d'Emissions Associé

NH<sub>3</sub>: ammoniac

MeFTIR : Mobile extractive FTIR

MTD : Meilleures Techniques Disponibles

ppb: partie par million

SOF: Solar Occultation Flux

## **3. LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES**

Tableau 1 : Caractéristiques des différentes salles du bâtiment d'élevage au 05/10/2016 (Source : INERIS) .....	12
Tableau 2 : Evaluation des ratios massiques moyens de CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> et N <sub>2</sub> O vis-à-vis du NH <sub>3</sub> (résultats MeFTIR) .....	18
Tableau 3 : Estimations des flux moyens de CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> et N <sub>2</sub> O émis pendant la campagne de mesures .....	19
Tableau 4 : NEA-MTD applicables aux élevages porcins IED.....	21
Tableau 5 : Bilan comparatif des émissions déclarées, mesurées ou calculées .....	23
Figure 1 : Environnement de la porcherie et routes utilisables pour la réalisation des mesures (jaune, bleue et rouge).....	10
Figure 2 : Proche environnement de la porcherie .....	11
Figure 3 : Laveur individuel à l'arrêt (Source : INERIS).....	13
Figure 4: Représentation schématique du mode de fonctionnement de la méthode SOF (illustration au cas d'un site industriel) .....	14
Figure 5: Illustration du principe de calcul des flux.....	14
Figure 6: Montage du MeFTIR – unité mobile de mesure .....	15
Figure 7 : Emplacement de la station météorologique .....	16
Figure 8 : Station météorologique transportable .....	16
Figure 9 : Histogramme des 119 flux mesurés .....	17
Figure 10 : Représentation statistique de l'ensemble des flux d'ammoniac quantifiés par SOF .....	17
Figure 11 : Corrélation des concentrations de méthane par rapport à l'ammoniac.....	18
Figure 12 : Détection N <sub>2</sub> O et CH <sub>4</sub> en champ proche .....	19

## 4. INTRODUCTION

Avec la parution en février 2017<sup>3</sup> des conclusions MTD, les éleveurs exploitant une installation IED<sup>4</sup> soumise à la rubrique 3660 de la nomenclature des installations classées ont l'obligation nouvelle de respecter des niveaux d'émission d'ammoniac au bâtiment (exprimés en kg NH<sub>3</sub>/emplacement/an). Dans ce contexte, trois techniques ont été définies afin de pouvoir comparer les performances des élevages aux NEA-MTD<sup>5</sup>. Il est ainsi possible d'utiliser un bilan de masse, des facteurs d'émissions ou bien des mesures dans chaque bâtiment d'élevage.

La maîtrise des facteurs d'émission est faible aujourd'hui car ils restent difficiles à déterminer. Essentiellement basés sur des mesures réalisées dans les bâtiments, ils dépendent de nombreux paramètres, comme la conception et les conditions d'exploitations de l'installation ou les substrats utilisés. A cela s'ajoute la modification de l'aérodynamique du bâtiment ou la perturbation des animaux lors des mesures. Par conséquent ; les incertitudes sur ces facteurs d'émission peuvent être grandes.

Afin de compléter le niveau de connaissance, une campagne de quantification des émissions gazeuses d'un élevage porcin par méthodes optiques non intrusives a été réalisée par l'INERIS en octobre 2016 dans le cadre de ses travaux d'appui au ministère en charge de l'environnement.

Cette campagne de quantification des flux totaux émis par un élevage porcin a été effectuée à l'aide de la technologie Solar Occultation Flux (SOF) et visait en tout premier lieu les émissions de NH<sub>3</sub>. Des mesures qualitatives complémentaires de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> et N<sub>2</sub>O ont également été mises en œuvre par la méthode Mobile Extractive FTIR (MeFTIR).

Cette campagne fait suite aux travaux de tests de faisabilité de la méthode réalisés par l'INERIS en 2011 (note INERIS DRC-12-118387-01311A) et à sa qualification réalisée en septembre 2012 autour des installations d'AgroParisTech Grignon. Ces travaux ont montré que la méthode SOF permettait de quantifier les flux d'ammoniac avec une précision de 30 %.

---

<sup>3</sup> DÉCISION D'EXÉCUTION (UE) 2017/302 DE LA COMMISSION du 15 février 2017 établissant les conclusions sur les meilleures techniques disponibles (MTD), au titre de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil, pour l'élevage intensif de volailles ou de porcs

<sup>4</sup> Directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles applicable aux élevages de porcs (plus de 750 emplacements de truies ou 2 000 emplacements de porcs) et de volailles (plus de 40 000 emplacements).

<sup>5</sup> Niveau d'émission associé aux MTD

## 5. METHODOLOGIE

### 5.1 SITE D'ETUDE

#### 5.1.1 SELECTION

Afin de sélectionner une installation pertinente, des contacts ont été pris début 2016 avec l'IFIP. Les échanges ont alors permis de préciser la méthodologie envisagée et de définir le type d'installation recherché, à savoir des installations de post-sevrage les plus isolées possible. Dans l'optimiser la réalisation des mesures SOF et de limiter les facteurs d'influence, le site d'étude devait répondre aux critères suivants :

- présence de routes accessibles à proximité des installations,
- absence d'autre source de  $\text{NH}_3$  à proximité,
- encombrement de l'environnement limité (absence de haies, etc.).

L'IFIP n'a pas été en mesure de transmettre des sites correspondant à ces critères susceptibles d'accueillir la campagne de mesures.

En parallèle, plusieurs sites potentiels ont pu être identifiés par l'INERIS, dans les départements de la Sarthe, du Morbihan, de l'Ille et Vilaine et de la Seine-Maritime. Seule l'exploitation de Seine-Maritime répondait à l'ensemble des critères. Elle est située dans une zone agricole au relief peu accentué et sans obstacle majeur à la dispersion (haies, bois, etc.). La présence de différentes routes entourant le site permet de garantir de pouvoir réaliser les mesures quelle que soit la direction des vents, comme présenté en Figure 1.

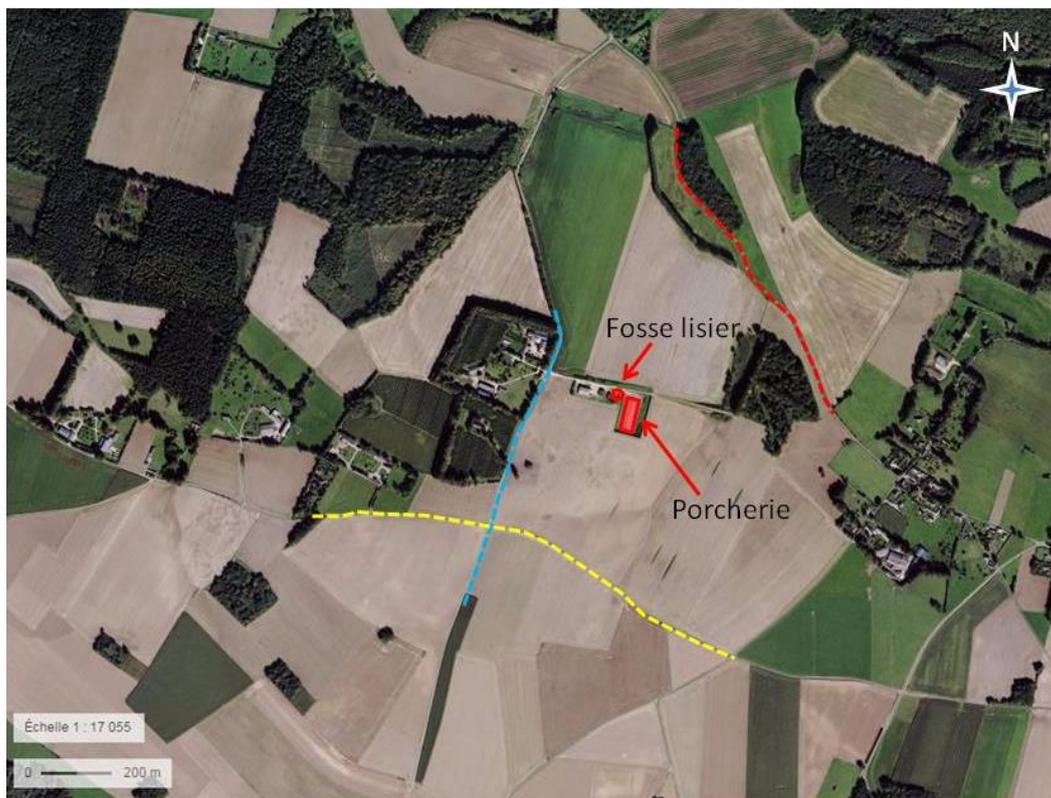


Figure 1 : Environnement de la porcherie et routes utilisables pour la réalisation des mesures (jaune, bleue et rouge)

## 5.1.2 DESCRIPTION

- Bâtiment et conduite technique

L'élevage retenu est de type « post-sevrage/engraissement » ; il est autorisé pour 2 910 places de porcs charcutiers. Les animaux sont répartis dans 3 salles de pré-engraissement de 490 places et dans 6 salles d'engraissement de 240 places. Le bâtiment comprend également 2 salles de 495 places dédiées aux porcelets en post-sevrage. Les animaux sont élevés dans un unique bâtiment construit en 2009. Les porcelets arrivent sur l'exploitation à un poids de 8 kg, pour y être engraisés jusqu'à atteindre un poids de 120 kg environ. La durée d'élevage est de 150 jours environ.

La conduite de l'élevage se fait en bandes, c'est-à-dire qu'un lot de 495 porcelets arrive toutes les 3 semaines sur le site et qu'un départ de porcs charcutiers a lieu toutes les semaines environ. Cette conduite permet d'avoir un fonctionnement en « tout plein » ou « tout vide », la durée annuelle du vide sanitaire est de 18 jours au maximum. Le vide sanitaire correspond à la période d'absence des animaux lors des opérations de nettoyage et de désinfection du bâtiment.

Le bâtiment est divisé en plusieurs salles dans lesquelles les animaux sont élevés sur caillebotis intégral et les effluents sont stockés pendant toute la durée de la bande dans les préfosse situées au-dessous. Les caillebotis sont en béton pour les porcs en pré-engraissement et à l'engraissement et en plastique pour les porcelets en post-sevrage. En fin de bande, le lisier des différentes salles est regroupé vers une fosse à lisier où il est stocké jusqu'à la période d'épandage. Cet ouvrage d'une capacité de 2100 m<sup>3</sup>, non couvert, est situé à proximité immédiate du bâtiment. Celui-ci était presque vide lors des mesures, seuls subsistaient moins de trente centimètres de lisier à l'intérieur. Cette source d'émissions gazeuses pouvant être considérée comme négligeable, les mesures réalisées sont bien spécifiques uniquement du poste « bâtiment ».

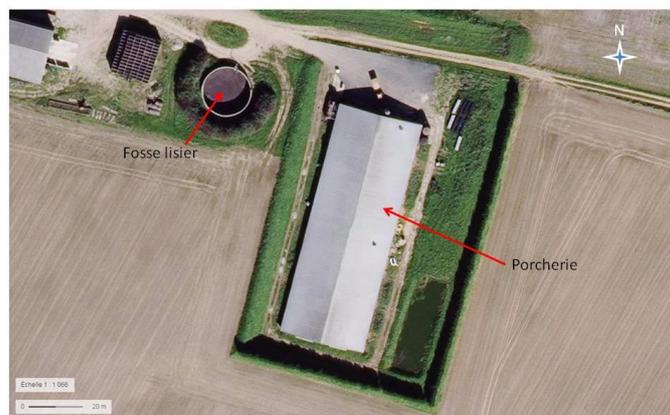


Figure 2 : Proche environnement de la porcherie

Les porcs transitent avant leur départ sur un quai de chargement. Les effluents produits sur cette surface sont nettoyés puis dirigés vers les préfosse.

En hiver, les salles d'engraissement sont chauffées au démarrage des lots. Cela concerne les 2 salles de post-sevrage et les 3 salles de pré-engraissement. Un système de brumisation fonctionne dans les salles d'élevage afin de gérer les hausses de température en période estivale et afin de réduire les poussières. Le dispositif de brumisation était à l'arrêt pendant la semaine de mesures.

Lors de la période de mesures, l'élevage était en fonctionnement normal. Il y avait 3 417 animaux présents dans le bâtiment lors des mesures répartis de la manière suivante :

- 944 porcelets en post-sevrage (8-28 kg) dans les deux salles de post-sevrage (sur les 990 places),
- 2 473 porcs à l'engraissement (28-110/120 kg) sur les 2 910 places<sup>6</sup>.

Cette configuration est représentative de la situation moyenne annuelle. Il peut toutefois y avoir plus d'animaux présents dans le bâtiment ce qui peut impacter le niveau d'émissions.

Les quantités de lisier contenues dans les préfossees ont été estimées par mesure du niveau de lisier par l'éleveur dans chacune d'elle. Les caractéristiques des salles du bâtiment ont été relevées lors du 2<sup>nd</sup> jour de mesures uniquement, les paramètres d'ambiance n'ont pas fait l'objet d'un suivi en continu.

*Tableau 1 : Caractéristiques des différentes salles du bâtiment d'élevage au 05/10/2016 (Source : INERIS)*

Salle	Taux de ventilation (%) <sup>7</sup>	Température (C°)	Hauteur de lisier (cm)	Quantité de lisier (m <sup>3</sup> )
Post-Sevrage 1	24	28,6°	60	104
Post-Sevrage 2	28	26,5°	50	87
Pré-engraissement 1	83	28,1	60	165
Pré-engraissement 2	33	25,3	25	69
Pré-engraissement 3	58	26,7	80	220
Engraissement 1	38	26,6	30	83
Engraissement 2	69	27,4	80	133,4
Engraissement 3	55	26,5	30	50
Engraissement 4	44	25,9	25	42
Engraissement 5	46	26,1	60	100
Engraissement 6	71	27,4	10	17
Salle tampon			150	174

L'ensemble des salles est en ventilation dynamique : l'entrée d'air se fait au niveau des pignons du bâtiment puis l'air est diffusé dans les différentes salles via des plafonds perforés. Chacune des salles est ventilée à l'aide de deux ventilateurs. Le débit ventilatoire est fonction du stade physiologique.

En fonctionnement normal, l'air extrait des salles est dirigé au travers de laveurs installés à l'exutoire de chacune des salles du bâtiment. Ce sont des blocs de lavage individuels constitués d'un maillage de filtration en polypropylène, dans lesquels l'eau circule à contre-courant (Figure 3). L'arrosage est réalisé grâce à des pompes qui, d'après les observations de l'éleveur, sont sous-dimensionnées et ne permettent pas une humidification homogène du maillage de filtration, aboutissant à son encrassement prématuré. Elles devaient être changées avant la remise en route du système. Les laveurs ont été installés pour une problématique « odeurs » et non pas dans une démarche de réduction des émissions de NH<sub>3</sub>. D'après les éléments présents dans le Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter, l'abattement des émissions ammoniacales potentiel, grâce aux laveurs est estimé à 20-30% et il serait de 50 à 70% d'abattement pour les odeurs.

Pendant la période de mesures tous les laveurs étaient à l'arrêt et partiellement démontés ; l'air vicié issu du bâtiment était ainsi rejeté directement dans l'atmosphère, ce qui représente une configuration plutôt majorante.

<sup>6</sup> Aucune salle n'était libre.

<sup>7</sup> Pourcentage de la capacité maximale de ventilation.



Figure 3 : Laveur individuel à l'arrêt (Source : INERIS)

- Gestion de l'alimentation

L'éleveur fabrique une partie de l'alimentation de ses animaux sur l'exploitation. Les formules alimentaires sont établies et vérifiées par un technicien de sa coopérative.

La conduite alimentaire des porcelets en post-sevrage et en engraissement est de type biphasé avec un aliment 1<sup>er</sup> âge et un aliment 2<sup>ème</sup> âge pour les porcelets d'une part et un aliment croissance et un aliment finition pour les porcs charcutiers d'autre part. Cette conduite alimentaire permet d'adapter les apports, principalement en azote, aux besoins des animaux pour limiter l'excrétion d'azote et de facto réduire les émissions d'ammoniac au niveau du bâtiment.

La distribution alimentaire a lieu 5 fois/jour dans les salles de post-sevrage et 3 fois/jour dans les salles d'engraissement. En règle générale, seul l'aliment 1<sup>er</sup> âge est acheté.

## 5.2 METHODES DE MESURE

L'objectif principal de cette étude était de quantifier par la méthode SOF les flux de  $\text{NH}_3$  émis par l'installation d'élevage.

Néanmoins, afin de mieux qualifier la nature des émissions, notamment vis-à-vis du  $\text{CH}_4$  et du  $\text{N}_2\text{O}$ , la méthode MeFTIR a été également mise en œuvre. Une description sommaire de ces méthodes est présentée ci-après.

### 5.2.1 SOLAR OCCULTATION FLUX (SOF)

La méthode SOF est une technique optique basée sur la spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) passif dont la source d'infrarouges est le soleil. Les mesures réalisées permettent, via l'obtention de spectres IR correspondants, de qualifier et quantifier les concentrations d'un polluant sur la colonne d'air située entre l'instrument et le soleil. Elle est sensible pour la mesure des concentrations de différents gaz absorbant dans l'infrarouge. Cette méthode peut être mise en œuvre uniquement lors des journées ensoleillées.

Le matériel de mesure étant embarqué dans un véhicule, il est possible de réaliser des mesures sous les vents de sources potentielles, comme présenté en figure suivante :

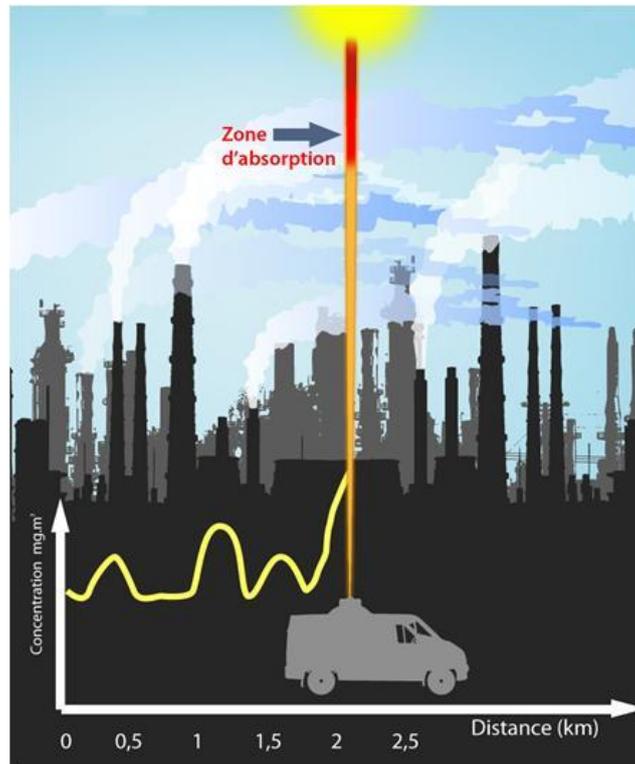


Figure 4: Représentation schématique du mode de fonctionnement de la méthode SOF (illustration au cas d'un site industriel)

Lorsque ces mesures sont réalisées à une distance où la dispersion des polluants n'est plus turbulente, il est possible de calculer les flux correspondants. La différence de concentration moyenne mesurée dans la colonne d'air entre deux points de mesure est alors multipliée par la distance séparant ces deux emplacements. Le résultat du produit scalaire entre ce résultat et le vecteur vent correspondant conduit au flux massique émis au travers de cette portion d'espace.

Ces mesures permettent donc de "reconstruire" le profil du panache qui, couplé au vecteur vent, permet de quantifier le flux.

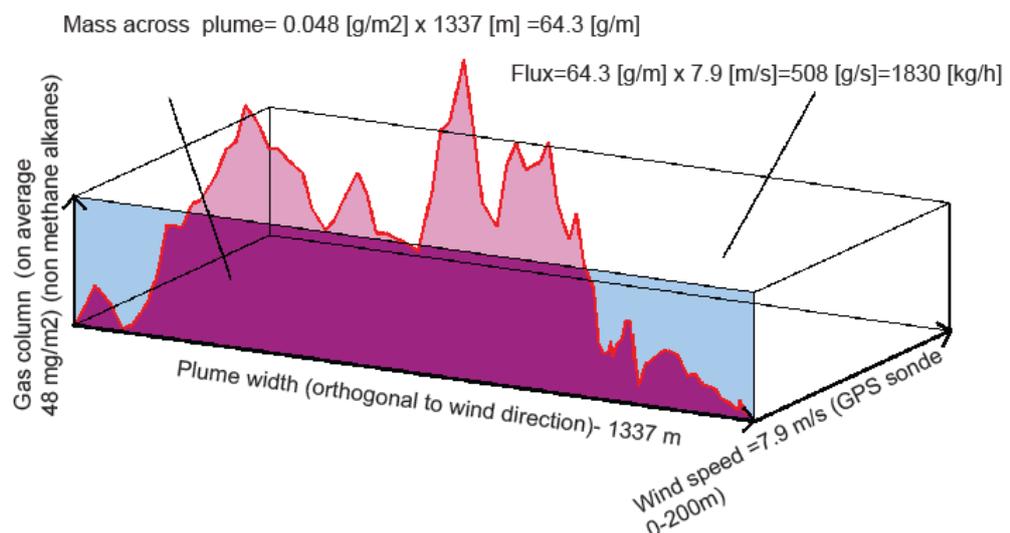


Figure 5: Illustration du principe de calcul des flux

### 5.2.2 MOBILE EXTRACTIVE FTIR (MeFTIR)

La méthode MeFTIR est intégrée dans un moyen mobile et consiste à mesurer les niveaux de concentration à faible hauteur (2 m environ) en différents gaz. L'air extérieur est extrait à l'aide d'une pompe et analysé en continu par un spectromètre infra-rouge (Bruker IRCube) après passage par une cellule de White, comme présenté dans la figure suivante :

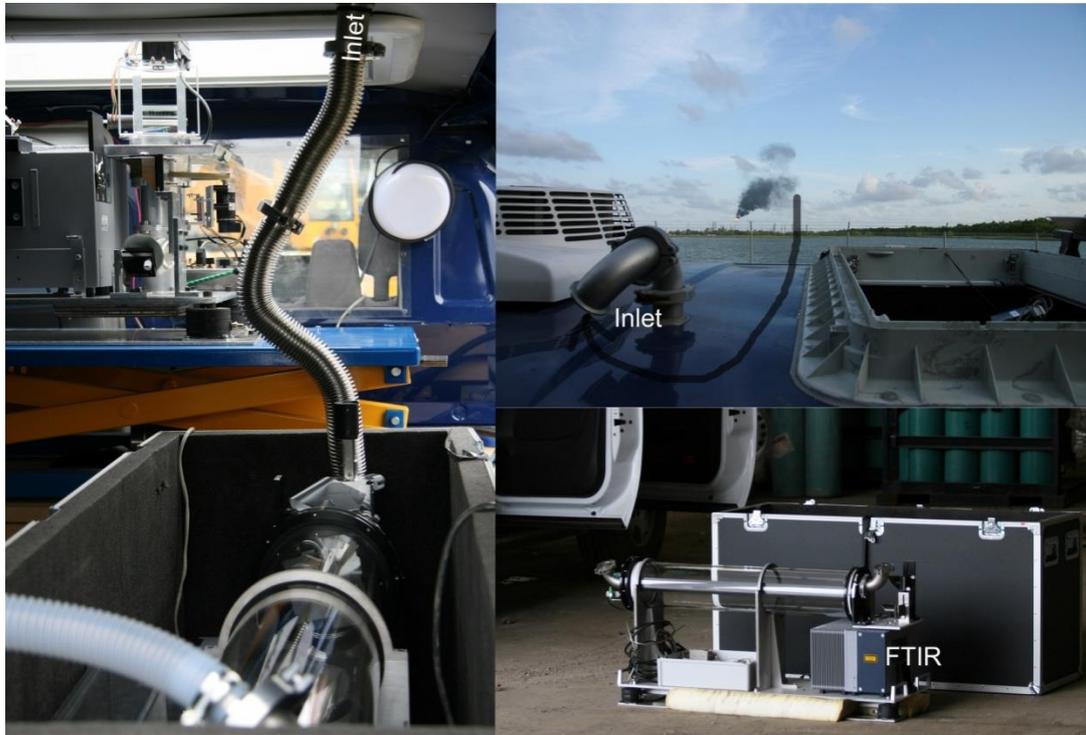


Figure 6: Montage du MeFTIR – unité mobile de mesure

Ici aussi, la méthode consiste à circuler sous les vents de la source de manière à traverser le panache.

Contrairement au SOF qui intègre le signal sur la colonne verticale d'air, le MeFTIR ne permet que des mesures de concentration au niveau du sol, à hauteur de la prise d'air (mesure en un point mais mobile). A l'inverse, le MeFTIR peut être mis en œuvre sous des conditions météorologiques variables et également la nuit.

### 5.2.3 MESURES METEOROLOGIQUES

Afin de disposer de données météorologiques fiables et spécifiques au site d'étude, deux stations météorologiques ont été mises en œuvre durant toute la campagne. Une première, fixe, avec mesure du vent (direction et vitesse) réalisée à une hauteur de 10 mètres et une seconde, transportable, avec une mesure du vent réalisée à une hauteur de 3 mètres.

La première station a été positionnée entre la source et les routes de mesure, dans un espace bien dégagé (cf. Figure 7). La deuxième station était déplacée chaque jour, afin d'être positionnée entre le bâtiment et les zones de mesure. La combinaison des deux jeux de données permet de bien évaluer le profil vertical du vent dans la zone de dispersion du panache.



*Figure 7 : Emplacement de la station météorologique*



*Figure 8 : Station météorologique transportable*

## 6. RESULTATS

La méthode SOF ne pouvant être mise en œuvre que par temps ensoleillé, les mesures ont été réalisées à la faveur de conditions anticycloniques stables, du 03 au 08 octobre 2016. La période retenue a été très favorable, ce qui a permis de réaliser rapidement le nombre de mesures minimum pour bien évaluer les flux. Aucun épandage de lisier ou autre source d'ammoniac n'a été identifié durant cette période.

Chacune des mesures a été obtenue sur le créneau horaire 10h00-17h00.

### 6.1 QUANTIFICATION DES FLUX DE $\text{NH}_3$ – SOF

Durant cette campagne, 119 quantifications du flux par la méthode SOF ont été réalisées et validées (ligne de base et conditions météo stables). L'histogramme de l'ensemble des valeurs de flux quantifiés est présenté en Figure 9.

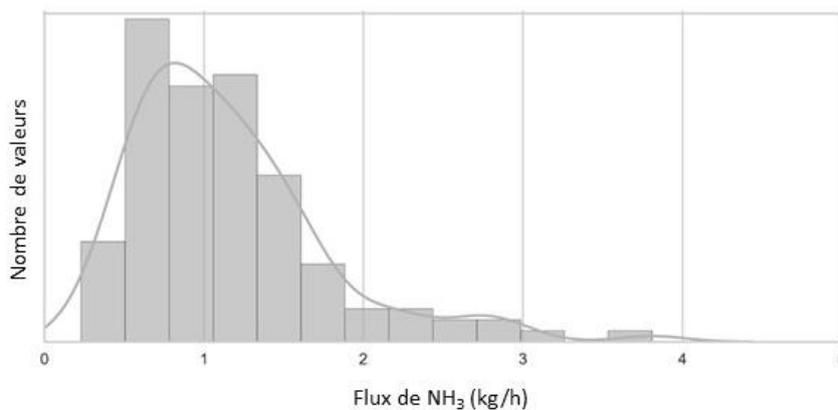


Figure 9 : Histogramme des 119 flux mesurés

Le flux moyen d'ammoniac quantifié par la méthode SOF est de 1,1 kg/h, avec une déviation standard de 0,6 kg/h. La distribution statistique des valeurs quotidienne est présentée en Figure 10.

Lors des journées des 3 et 8 octobre 2016, les flux émis semblent supérieurs à ceux quantifiés lors des autres journées. Ceci pourrait être mis en lien avec la prédominance de vents de Nord lors de ces deux journées, direction de vents qui pourrait amplifier la ventilation du bâtiment et augmenter ainsi les émissions de  $\text{NH}_3$ .

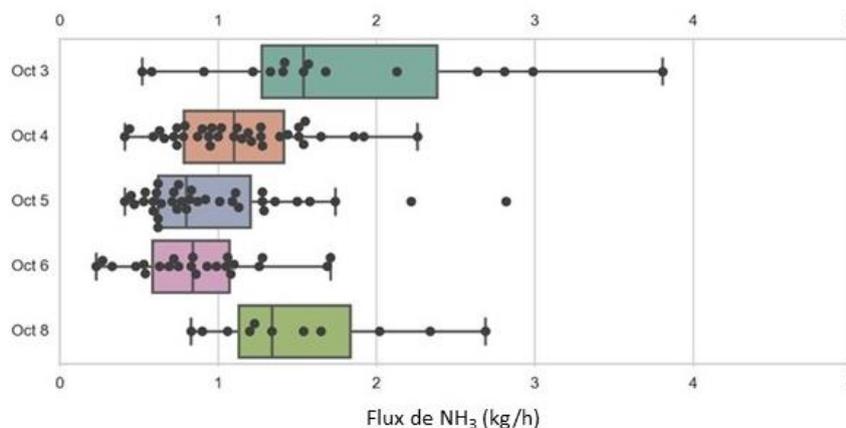


Figure 10 : Représentation statistique de l'ensemble des flux d'ammoniac quantifiés par SOF

## 6.2 QUALIFICATION DES EMISSIONS – MEFTIR

En parallèle des mesures quantitatives SOF réalisées à distance de la source, des mesures qualitatives de concentration ont été réalisées à proximité du bâtiment avec le MeFTIR. Ces mesures visaient à déterminer les ratios moyens des différents composés ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  et  $\text{N}_2\text{O}$ ) au sein du panache émis par le bâtiment.

A partir des résultats des mesures qualitatives MeFTIR, les ratios massiques relatifs moyens par rapport au  $\text{NH}_3$  ont pu être déterminés, comme présenté en Figure 11.

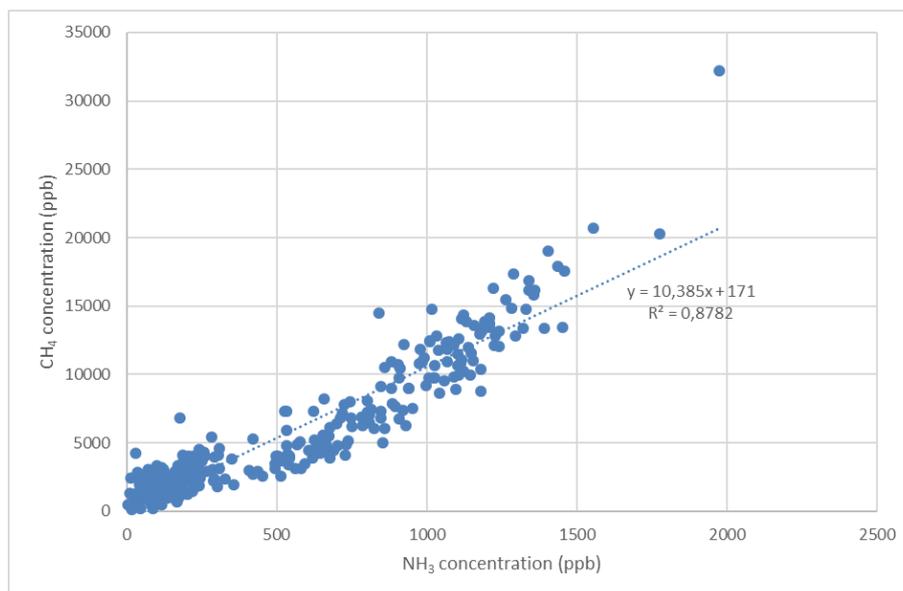


Figure 11 : Corrélation des concentrations de méthane par rapport à l'ammoniac

Au sein du panache émis par le bâtiment d'élevage, il est détecté environ dix fois plus de méthane que d'ammoniac. De cette manière, les ratios relatifs du  $\text{CH}_4$  et du  $\text{CO}_2$  ont également été déterminés et sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Evaluation des ratios massiques moyens de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  et  $\text{N}_2\text{O}$  vis-à-vis du  $\text{NH}_3$  (résultats MeFTIR)

		Ratio massique moyen dans le panache
MeFTIR	$\text{CH}_4$	10 (par rapport à $\text{NH}_3$ )
	$\text{CO}_2$	11 (par rapport à $\text{CH}_4$ )
	$\text{N}_2\text{O}$	non détecté

Connaissant le flux moyen d'ammoniac émis par le bâtiment et déterminé par la méthode SOF, soit 1,1 kg/h en moyenne, il est possible d'estimer les flux de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  et  $\text{N}_2\text{O}$  en multipliant ce flux par les ratios massiques correspondants. On obtient les résultats présentés dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Estimations des flux moyens de  $CH_4$ ,  $CO_2$  et  $N_2O$  émis pendant la campagne de mesures

		Ratio massique moyen dans le panache	Flux moyen émis estimés (kg/h)
FTIR	$CH_4$	10 (par rapport à $NH_3$ )	11
	$CO_2$	11 (par rapport à $CH_4$ )	120
	$N_2O$	non détecté	-

Si le  $N_2O$  n'est pas détectable à distance du bâtiment, des mesures réalisées en champ proche ont permis de valider qu'elles sont malgré tout bien réelles, comme présenté en Figure 12. Elles sont cependant très faibles et semblent localisées à quelques endroits au sein du bâtiment.

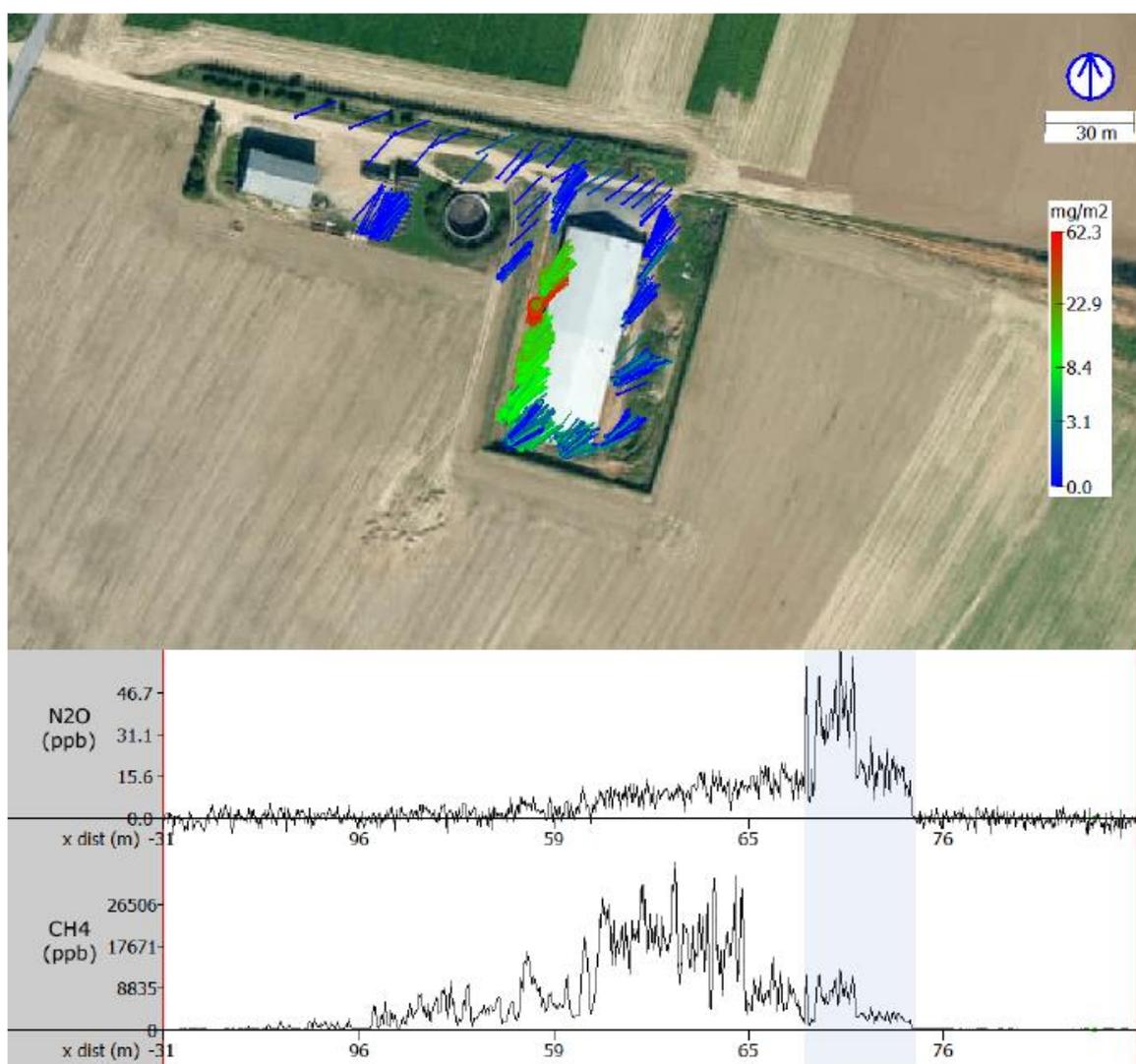


Figure 12 : Détection  $N_2O$  et  $CH_4$  en champ proche

Sur cette figure, les points représentent les emplacements de mesure, la taille et la couleur du point l'intensité du signal (ici  $N_2O$ ). Le trait partant de chaque point indique la provenance du vent.

Si une légère augmentation des concentrations en  $N_2O$  est bien observée le long du côté du bâtiment situé sous les vents, une zone de plus forte concentration et très localisée (points rouges) est observée. Sur les graphes de suivi dynamique des concentrations situés sous la figure, la corrélation entre le  $CH_4$  et le  $N_2O$  est très peu visible.

Par conséquent, si des émissions de  $N_2O$  ont bien été détectées en champ proche, l'absence de corrélation spatiale entre le  $CH_4$  et le  $N_2O$  semble démontrer que les sources sont différentes. Le  $N_2O$  semble être associé à une source plus localisée dans la partie nord du bâtiment.

En l'absence de corrélation, l'estimation du ratio massique  $N_2O/CH_4$  dans le panache est plus incertaine. Même si les incertitudes sont très importantes, un ratio majorant de 0,01 a cependant été estimé. Ceci conduirait à une émission de  $N_2O$  estimée à 0,1 kg/h dans le cas présent.

Les mesures SOF et MeFTIR réalisées à distance du bâtiment montrent une très forte corrélation spatiale des distributions de concentrations en  $NH_3$ ,  $CH_4$  et  $CO_2$  au sein du panache. Ceci indique qu'une seule source d'émission est à l'origine de ces trois composés, en l'occurrence ici le bâtiment d'élevage. Seul le  $N_2O$  n'a pas pu être détecté à distance, ce qui signifie que les concentrations dans les panaches sont inférieures aux limites de détection de l'instrument (env.  $10 \mu g/m^3$ ).

## **7. COMPARAISONS AUX VALEURS D'EMISSIONS DECLAREES OU CALCULEES**

Sont rappelés brièvement dans cette partie, les principaux phénomènes à l'origine des émissions gazeuses en bâtiment d'élevage.

De plus, afin de mettre en perspective les résultats des mesures, ceux-ci sont comparés avec des données théoriques qui ont pu être collectées par ailleurs.

### **7.1 PHENOMENES D'EMISSIONS EN BATIMENT ET FACTEURS D'EMISSION**

- Emissions d'ammoniac

La formation de l'ammoniac résulte principalement de la dégradation de l'urée contenu dans l'urine. L'hydrolyse de l'urée est catalysée par l'uréase, enzyme produit par des micro-organismes contenus dans les fèces. L'activité de l'uréase est affectée par la température, le pH et le taux de matière sèche du lisier. Les émissions de NH<sub>3</sub> se produisent dès la formation d'azote ammoniacal sur le sol. Le processus de volatilisation de l'ammoniac peut être considéré comme un transfert de l'ammoniac gazeux dans les phases liquide et gazeuse du lisier (Degré, Verhève, & Debouche, 2001) (Danish Ministry of the Environment, 2014).

Pour rappel, les NEA-MTD à respecter et fixés dans les conclusions MTD sont donnés dans le tableau ci-après.

*Tableau 4 : NEA-MTD applicables aux élevages porcins IED*

Stade physiologique	NEA-MTD-nouvelle installation (kg NH <sub>3</sub> /place/an)	NEA-MTD-installation existante (kg NH <sub>3</sub> /place/an)
Truies allaitantes	5,6	7,5
Truies gestantes	2,7	4
Porcelets post-sevrage	0,53	0,7
Porcs charcutiers	2,6	3,6

- Emissions de méthane

Le méthane provient de la dégradation anaérobie de la matière organique dans le tractus digestif des animaux (méthane entérique) et au sein des stockages de lisier. Ces processus sont d'origine bactérienne. Les facteurs qui favorisent cette production méthanogène sont le manque d'oxygène, les températures élevées, un taux d'humidité élevé, un ratio de C/N égal à 15, un pH neutre et un potentiel redox bas (Philippe & Nicks, 2015). Les émissions moyennes varieraient de 0,1 à 22,5 g/jour/porc d'après des mesures effectuées en Allemagne en 2006 (IPPC, 2017). Les émissions de méthane au bâtiment ont une origine mixte avec d'une part, le méthane entérique et d'autre part, le méthane émis par les déjections.

Une rapide recherche bibliographique a permis de trouver d'autres facteurs d'émission dont la variabilité est encore une fois très large. Un guide méthodologique<sup>8</sup> d'évaluation des émissions

<sup>8</sup> Ce guide est en cours d'actualisation.

de GES établi par les différents instituts techniques français de l'élevage fournit les facteurs d'émissions suivants :

- 9,85 gCH<sub>4</sub>/porc charcutier/jour
- 0,66 gCH<sub>4</sub>/porcelet post-sevrage/jour (Gac, Deltour, Cariolle, Dollé, & Espagnol, 2010)

L'autre source consultée donne un facteur d'émission de 29 kg de CH<sub>4</sub>/place/an (Guingand, Loiseau, Hassouna, & Eglin, 2017).

A partir de ces deux sources de données, les quantités annuelles de méthane émises pour l'exploitation étudiée ici varient de 10 tonnes à 83 tonnes par an, soit une émission annuelle par place qui varient de 3,6 à 29 kg de CH<sub>4</sub>/place/an. Cette estimation grossière ne vise qu'à positionner les résultats de mesures par rapport à ces références et effectuer un contrôle de cohérence.

Les résultats obtenus pour cette installation à l'aide du module GEREP<sup>9</sup> sont largement en deçà de ces valeurs avec une estimation annuelle de 2,5 tonnes environ.

- Emissions de protoxyde d'azote

Les émissions de N<sub>2</sub>O proviennent uniquement des effluents et résultent principalement de processus bactériens de nitrification/dénitrification incomplets (Philippe & Nicks, 2015). Les émissions de N<sub>2</sub>O sont plus importantes dans des élevages sur litière que dans les élevages sur lisier. En effet, le lisier stocké dans les préfosse sous caillebotis est en conditions anaérobies qui sont défavorables à la nitrification d'ammonium. Concernant le protoxyde d'azote, les facteurs d'émissions varient de 0,054 gN<sub>2</sub>O/porc charcutier/jour et de 0,018 gN<sub>2</sub>O/porcelet post-sevrage/jour 0,07 kgN<sub>2</sub>O/porc charcutier/an. Les émissions calculées à l'aide de ces facteurs d'émissions sont comprises entre 60 kg/an et 1300 kg/an (Gac, Deltour, Cariolle, Dollé, & Espagnol, 2010) (Guingand, Loiseau, Hassouna, & Eglin, 2017)

La quantification annuelle des émissions de l'exploitation avec le fichier GEREP est de 105 kg de N<sub>2</sub>O.

## **7.2 DONNEES NH<sub>3</sub> DU LOGICIEL DE GESTION ENVIRONNEMENTALE EN ELEVAGE PORCIN (GEEP) 2016 ET DE LA DECLARATION DES EMISSIONS POLLUANTES**

L'exploitation est adhérente à GEEP (Gestion Environnementale des Elevages Porcins), outil développé par l'IFIP et permettant de réaliser un bilan environnemental des émissions. Ce bilan est réalisé en évaluant les principaux flux et en calculant des indicateurs personnalisés afin de positionner l'exploitation par rapport à d'autres exploitations du point de vue des performances environnementales. Il y a 9 indicateurs répartis en 4 catégories relatives à la consommation des ressources naturelles, aux émissions gazeuses (NH<sub>3</sub> et Gaz à Effet de Serre), à la production et l'épandage des effluents et à la génération de déchets. Cet outil intègre le calcul par bilan de masse appelé Bilan Réel Simplifié (BRS<sup>10</sup>).

D'après le fichier communiqué à l'INERIS, les émissions atmosphériques totales de NH<sub>3</sub> ont été évaluées à 7 450 kg pour l'année 2015, dont 3 691 kg sont imputables au bâtiment, le reste étant généré par le stockage des effluents en fosse extérieure non couverte. Ce résultat comprend un abattement de 50% des émissions d'ammoniac lié au lavage d'air. Les émissions de NH<sub>3</sub> avant abattement sont donc estimées à 7 382 kg (pour rappel, le traitement de l'air était en maintenance lors de la campagne).

---

<sup>9</sup> Fichier de rapportage aux autorités des émissions élaboré par le CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique).

<sup>10</sup> Bilan réel simplifié : outil de calculs des quantités épandables en production porcine, développé par l'INRA en 1996. La dernière mise à jour a été réalisée en 2016.

### 7.3 CALCULS DES QUANTITES D'AZOTE EXCRETE ET DES EMISSIONS DE NH<sub>3</sub>

Le Bilan Réel Simplifié (BRS) est un fichier de calculs développé par l'INRA<sup>11</sup> afin de calculer les quantités d'azote excrété et d'azote épandable (déterminé après volatilisation d'une partie des gaz azotés au bâtiment et au stockage) à partir des données alimentaires, des performances zootechniques et du mode de logement. Pour cette étude, le BRS a été réalisé par l'INERIS à partir des éléments issus de la Gestion Technico-Economique (GTE) sur la période allant du 01/07/2016 au 31/12/2016. Ils concernent les mouvements d'animaux, les quantités d'aliments consommés et les différents stocks. Les taux protéiques des aliments distribués sont issus des documents fournis par l'éleveur.

Les quantités excrétées sur cette période sont de 17 103 kg d'azote pour l'ensemble de l'élevage. A titre informatif, les quantités d'azote excrété évaluées pour l'ensemble de l'année 2015 sont de 34 446 kg. Les résultats déterminés pour la seconde période de 2016 sont cohérents avec ceux de 2015 calculés sur 12 mois.

A partir des quantités d'azote excrété, ont été calculées les émissions d'ammoniac théoriques à partir du fichier GEREP. Les émissions d'ammoniac au bâtiment seraient de 8 148 kg de NH<sub>3</sub> par an. Sur la même période, la quantité totale de méthane (méthane « entérique » et méthane lié aux déjections) émis est évaluée à 2 484 kg et celle de protoxyde d'azote à 105 kg.

Les émissions d'ammoniac de 2013 et 2014 répertoriées dans BDREP pour cette installation s'élèvent à 6 033 kg et inclues les émissions aux différents postes d'émissions que sont le bâtiment, le stockage et l'épandage. Il n'y a pas eu de déclaration d'émission en 2015.

### 7.4 BILAN COMPARATIF

Les facteurs d'émission précédents sont ajustés au cas de l'exploitation et ramenés en kg de gaz par emplacement et par an.

Tableau 5 : Bilan comparatif des émissions déclarées, mesurées ou calculées

Méthode	Flux de NH <sub>3</sub> (kg NH <sub>3</sub> / emplacement/an)	Flux de CH <sub>4</sub> (kg CH <sub>4</sub> / emplacement/an)	Flux de N <sub>2</sub> O (kg N <sub>2</sub> O / emplacement/an)
Facteur émission « MTD »	2,86 <sup>12</sup>		
Quantification SOF	3,3	-	-
Quantification SOF /MeFTIR	-	33,11	0,30
Logiciel GEEP IFIP	2,5		
BRS INRA GEREP CITEPA	2,09 <sup>13</sup>	0,85	0,04

<sup>11</sup> Institut National de Recherche Agronomique

<sup>12</sup> Calculé à partir du nombre de places de post-sevrage et du nombre de places d'engraissement et des NEA-MTD respectifs correspondant aux installations existantes.

<sup>13</sup> Pris individuellement, les émissions d'ammoniac liées au post-sevrage sont de 1,095 kgNH<sub>3</sub>/place/an et de 2,428 kgNH<sub>3</sub>/place/an pour les porcs à l'engrais.

## 7.5 DISCUSSIONS

Pour l'ammoniac, la comparaison entre les données théoriques sur les émissions moyennes annuelles à celles mesurées présente une bonne convergence. La comparaison des différents facteurs d'émission montre que, quelle que soit la méthode, l'ordre de grandeur est identique. Les écarts constatés entre les valeurs mesurées et calculées pourraient être partiellement expliqués par les éléments suivants :

- il peut exister des différences entre les facteurs d'émissions utilisés dans les outils de calculs,
- la campagne a été réalisée pendant cinq jours en octobre 2016. Si cette période peut être considérée comme représentative des conditions moyennes annuelles sur le plan des températures (moyenne mesurée 11,7°C – moyenne annuelle 1971-2000<sup>14</sup> : 10,1°C), il est probable que les émissions puissent varier de manière notable d'une saison à l'autre. La réalisation de campagnes saisonnières permettrait de renforcer la représentativité du facteur d'émission mesuré,
- il a été supposé à partir des dires de l'exploitant que les taux protéiques considérés dans le calcul du BRS étaient identiques à ceux de l'année précédente,

Pour le méthane, les résultats issus de calculs et de mesures relatifs aux émissions, diffèrent de façon substantielle. Une revue bibliographique très succincte a mis en évidence une grande variabilité des facteurs disponibles. A l'instar des émissions de méthane, la même variabilité est observée pour les émissions de protoxyde d'azote selon les facteurs utilisés.

---

<sup>14</sup> Statistiques climatiques de la France, 1971-2000, Météo France.

## **8. CONCLUSION**

Pour l'ammoniac, la comparaison entre les données théoriques sur les émissions et celles mesurées (transposées en moyennes annuelles) présente une bonne convergence durant cette période de mesures. La confrontation des différents facteurs d'émission montre que, quelle que soit la méthode, l'ordre de grandeur est identique. La réalisation de campagnes saisonnières permettrait de renforcer la représentativité du facteur d'émission mesuré.

Pour le méthane, les résultats calculés et mesurés relatifs aux émissions diffèrent de façon substantielle. Une revue bibliographique très succincte a mis en évidence une grande variabilité des facteurs disponibles.

A l'instar des émissions de méthane, la même variabilité est observée pour les émissions de protoxyde d'azote selon les facteurs utilisés.

Cette campagne confirme la pertinence d'utiliser le SOF comme outil d'une meilleure maîtrise des facteurs d'émission des bâtiments d'élevage. Elle pourrait en particulier être utile :

- Pour la qualification de mesures simplifiées développées pour la profession agricole,
- Pour la qualification / vérification in situ des performances des systèmes de traitement des émissions d'ammoniac



**INERIS**

*maîtriser le risque  
pour un développement durable*

**Institut national de l'environnement industriel et des risques**

Parc Technologique Alata  
BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Tél. : +33 (0)3 44 55 66 77 - Fax : +33 (0)3 44 55 66 99

E-mail : [ineris@ineris.fr](mailto:ineris@ineris.fr) - Internet : <http://www.ineris.fr>