



Synthèse

PROCÉDURES DE RÉFÉRENCE POUR LA MESURE DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS GAZEUX DES BÂTIMENTS D'ÉLEVAGE ET STOCKAGES D'EFFLUENTS D'ÉLEVAGE

3 décembre 2010

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par P. Robin, G. Amand, C. Aubert, N. Babela, A. Brachet, D. Berckmans, C. Burton, B. Canart, P. Cellier, J.B. Dollé, H.M. Dong, M. Durif, A. Ehrlacher, S. Eren Özcan, S. Espagnol, F. Gautier, N. Guingand, F. Guiziou, E. Hartung, M. Hassouna, P. Landrain, I.B. Lee, C. Leleu, Y.S. Li, X.D. Liao, B. Loubet, L. Loyon, Luth, B. Nicks, P.A.V. de Oliveira, P. Ponchant, W. Powers, Y. Ramonet, S.G. Sommer, J. Thiard, K.Y. Wang, H. Xin, A. Youssef
(contrat n°06 74 C0018)

Coordination technique : E. Fiani, C. Puente-Lelièvre, Service Entreprises et Éco-Technologies - Direction Production et Énergies Durables – ADEME Angers



1 Contexte et objectif

Les pertes gazeuses en élevage prennent une importance croissante dans les médias. Le paradoxe de cette tendance est le grand nombre de publications, scientifiques ou non, alors que la plupart des émissions des élevages n'a jamais été caractérisée. Le développement d'outils pour mesurer les émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre en élevage est donc d'actualité. Quantifier les émissions serait aussi un atout pour reconnaître voire rémunérer la performance environnementale des systèmes de production animale. Les éleveurs seraient ainsi incités à adapter leurs pratiques. Ils pourraient proposer des objectifs réalistes de réduction, sans attendre que les effets négatifs soient tels qu'une réglementation contraignante coûteuse devienne inévitable. Dans cette optique, l'ADEME a financé un projet international associant des organismes de recherche et de développement des filières animales.

L'objectif du projet est de proposer un ensemble de procédures de référence pour la mesure des émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre en bâtiments d'élevage et au stockage des effluents, adaptées à la diversité des élevages dans le monde.

2 Méthode

Le projet s'appuie sur l'expérience des partenaires dans la mesure des émissions gazeuses en élevage et sur des échanges d'information entre eux.

Il comporte trois phases. Une première est destinée à recenser les méthodes et choisir celles qui sont décrites plus précisément. Une deuxième a pour objectif de comparer différentes méthodes de mesures par des expérimentations au stockage des effluents et en bâtiment d'élevage. La troisième phase est destinée à évaluer les possibilités d'application des méthodes décrites dans différents pays. En France, des projets complémentaires, associant les acteurs français du projet ADEME et les Lycées Agricoles de Bretagne (CASDAR, PITE, RMT) ont permis de financer d'autres travaux de mesure et des développements informatiques complémentaires.

3 Résultats

3.1 Phase 1 : recensement des méthodes

La mesure des émissions est toujours basée sur l'observation d'un écart de concentration (intérieur - extérieur) et d'un débit d'air. Les situations sont multiples, allant d'une chambre de mesure de quelques décimètres carrés à une source émettrice de plusieurs milliers de mètres carrés. Dans tous les cas, une grande prudence dans l'usage des résultats est nécessaire en raison des erreurs pouvant résulter de l'hétérogénéité des concentrations au niveau de la source, de la présence possible de multiples entrées et sorties d'air ayant chacune des concentrations différentes qui peuvent fortement influencer les valeurs de gradient de concentration et/ou de renouvellement d'air, de la variabilité temporelle due aux variations du climat ou à l'évolution des animaux, des perturbations pouvant être provoquées par le dispositif de mesure lui-même. Ces sources d'erreur étant difficiles à contrôler, il est préférable de vérifier systématiquement les mesures d'émissions en confrontant deux méthodes indépendantes.

Tableau 1. Méthodes considérées dans le projet

Méthode	description (paragraphe)	mesure continue*	principale source d'incertitude	contrôle	types d'usage **
mesure du défaut de bilan de masse d'un stockage d'effluents	7.2	non	échantillonnage et méthodes d'analyse des échantillons	comparaison à des références nationales ; comparaison des pertes pour des éléments contrastés (ex. H ₂ O, C, N, P, K)	1-5
mesure des émissions d'ammoniac (NH ₃), protoxyde d'azote (N ₂ O), méthane (CH ₄) et dioxyde de carbone (CO ₂) des stockages de lisier par chambre dynamique	7.3	oui	représentativité de la chambre par rapport à la surface de lisier	comparaison au défaut de bilan d'éléments émis (C, N, H ₂ O)	3-5
mesure des émissions d'ammoniac (NH ₃), protoxyde d'azote (N ₂ O), méthane (CH ₄) et dioxyde de carbone (CO ₂) des stockages de lisier par la technique du gaz traceur SF ₆	7.4	oui	interpolation temporelle (direction du vent inadaptée) seuil de détection des concentrations en gaz	comparaison au défaut de bilan d'éléments émis (C, N, H ₂ O) ; comparaison à des méthodes micrométéorologiques ou modélisation inverse	1, 2, 4
mesure des émissions à partir du défaut de bilan de masse de carbone pour un bâtiment d'élevage de porcs à l'engrais	7.5	non	représentativité temporelle des analyses de gaz, représentativité des données de bilan de masse	comparaison au défaut de bilan d'éléments émis (C, N, H ₂ O)	3-5
mesure des émissions à partir du défaut de bilan de masse de carbone pour un bâtiment d'élevage de volailles de chair	7.6	non	représentativité temporelle des analyses de gaz, représentativité des données de bilan de masse	comparaison au défaut de bilan d'éléments émis (C, N, H ₂ O)	3-5
mesure des émissions à partir du défaut de bilan de masse d'un bâtiment d'élevage de poules pondeuses	7.7	non	représentativité temporelle des analyses de gaz, représentativité des données de bilan de masse	comparaison au défaut de bilan d'éléments émis (C, N, H ₂ O)	3-5
mesure des émissions à partir du défaut de bilan de masse de carbone d'un bâtiment d'élevage de vaches laitières	7.8	non	représentativité temporelle des analyses de gaz, représentativité des données de bilan de masse	comparaison au défaut de bilan d'éléments émis (C, N, H ₂ O)	3-5

* « oui » signifie que la mesure peut être continue ou discontinue ; « non » signifie que la mesure est nécessairement discontinue

** (1) usage réglementaire ; (2) certification ; (3) conseil en élevage ; (4) usage scientifique pour comprendre le déterminisme des émissions ; (5) usage éducatif

Tableau 1 (suite) Méthodes considérées dans le projet

Méthode	description (paragraphe)	mesure continue*	principale source d'incertitude	contrôle	types d'usage **
calcul des émissions gazeuses utilisant des mesures continues et un modèle calé sur des mesures de concentrations intermittentes pour les bâtiments d'élevage	7.9	oui	représentativité des mesures d'émission de référence ; calibration des mesures de ventilation et de concentrations	comparaison au défaut de bilan d'éléments émis (C, N, H ₂ O)	1-5
calcul des émissions d'ammoniac utilisant des mesures continues et un modèle calé sur des mesures d'émission intermittentes pour les stockages de lisier	7.9	oui	représentativité des mesures d'émission de référence ; corrélation des émissions avec les données utilisées pour l'interpolation temporelle (par ex. : température d'air, température de surface)	comparaison au défaut de bilan d'éléments émis (C, N, H ₂ O)	3-5
mesure du débit d'air par anémomètre dans les bâtiments d'élevage à ventilation mécanique	7.10	oui	calibration de l'anémomètre	production de chaleur des animaux	1-5
mesure du débit d'air par bilan CO ₂ dans les bâtiments d'élevage quel que soit le mode de ventilation	7.11	oui	hypothèses de productions de CO ₂ des animaux, en particulier des variations diurnes	bilan d'eau de l'élevage ; productions de chaleur totale, sensible, latente de l'élevage	1-5
mesure du débit d'air par bilan thermique dans les bâtiments d'élevage	7.12	oui	hypothèses de productions de chaleur des animaux, notamment effets de la régulation en fonction de la température ou de l'activité des animaux	bilan d'eau de l'élevage ; productions de chaleur totale, sensible, latente de l'élevage	1-5
mesure du débit d'air par traçage au SF ₆ dans les bâtiments d'élevage	7.13	oui	homogénéité des concentrations intérieures et extérieures ; variabilité temporelle des concentrations quand le débit d'air est élevé	bilan d'eau et C de l'élevage ; productions de chaleur totale, sensible, latente de l'élevage	1-5
mesure des émissions en utilisant des mesures de débit d'air dans les bâtiments d'élevage	7.14	oui	calibration des mesures de débit d'air et de concentrations en gaz ; interpolation des données manquantes	comparaison aux modèles pour les pertes d'eau, CO ₂ , chaleur	1-5

* « oui » signifie que la mesure peut être continue ou discontinue ; « non » signifie que la mesure est nécessairement discontinue

** (1) usage réglementaire ; (2) certification ; (3) conseil en élevage ; (4) usage scientifique pour comprendre le déterminisme des émissions ; (5) usage éducatif

Tableau 1 (suite) Méthodes considérées dans le projet

Méthode	description (paragraphe)	mesure continue*	principale source d'incertitude	contrôle	types d'usage **
mesure des émissions d'ammoniac utilisant l'inversion d'un modèle Lagrangien stochastique	7.15	oui	stabilité atmosphérique ; calibration des mesures de concentrations ; interpolation des données manquantes	comparaison à des mesures directes	3-4
mesure des émissions d'ammoniac utilisant l'inversion d'un modèle Gaussien	7.16	oui	stabilité atmosphérique ; calibration des mesures de concentrations ; interpolation des données manquantes	comparaison à des mesures directes	3-4
générer une concentration choisie d'ammoniac et la mesurer par barbotage	7.17	non	stabilité des conditions de température, pH, concentration ammoniacale de la solution, calibration des analyses chimiques	analyse par barbotage	4-5
calcul d'incertitude appliqué aux mesures d'émissions gazeuses des bâtiments d'élevage et des stockages d'effluents	7.18	oui	interpolation des données manquantes ; prise en compte de la représentativité de la méthode	défaut de bilan de masse pour différents éléments volatils et non volatils (H ₂ O, C, N, P, K)	2, 4

* « oui » signifie que la mesure peut être continue ou discontinue ; « non » signifie que la mesure est nécessairement discontinue

** (1) usage réglementaire ; (2) certification ; (3) conseil en élevage ; (4) usage scientifique pour comprendre le déterminisme des émissions ; (5) usage éducatif

3.2 Phase 2 : comparaison expérimentale des méthodes

3.2.1 Mesures en bâtiment d'élevage



Figure 1. Aperçu général du bâtiment

Les mesures continues ou intermittentes, directes (traçage avec SF₆, production de chaleur ou de CO₂) ou indirectes (modèles Lagrangien ou Gaussien), ont été comparées dans un bâtiment situé dans une zone plate, sans obstacle majeur autour du bâtiment et sans autres sources d'ammoniac ou de particules (Figure 1), durant la quatrième semaine d'élevage d'un lot de poulets de chair, en saison froide où les concentrations maximales en ammoniac dans le bâtiment sont attendues.

Les mesures de concentration en ammoniac à l'extérieur du bâtiment montrent une forte variabilité à la fois temporelle (Figure 2) et spatiale (Figure 3), cette dernière ne dépendant pas uniquement de la distance au bâtiment.

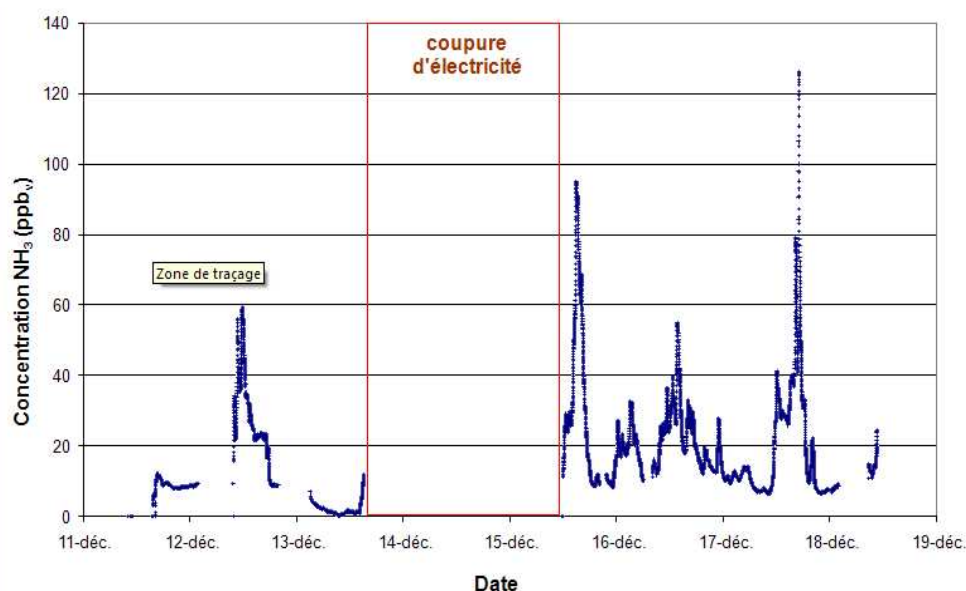


Figure 2. Concentrations en NH₃ à 60m au sud du bâtiment mesurées par analyseur photoacoustique

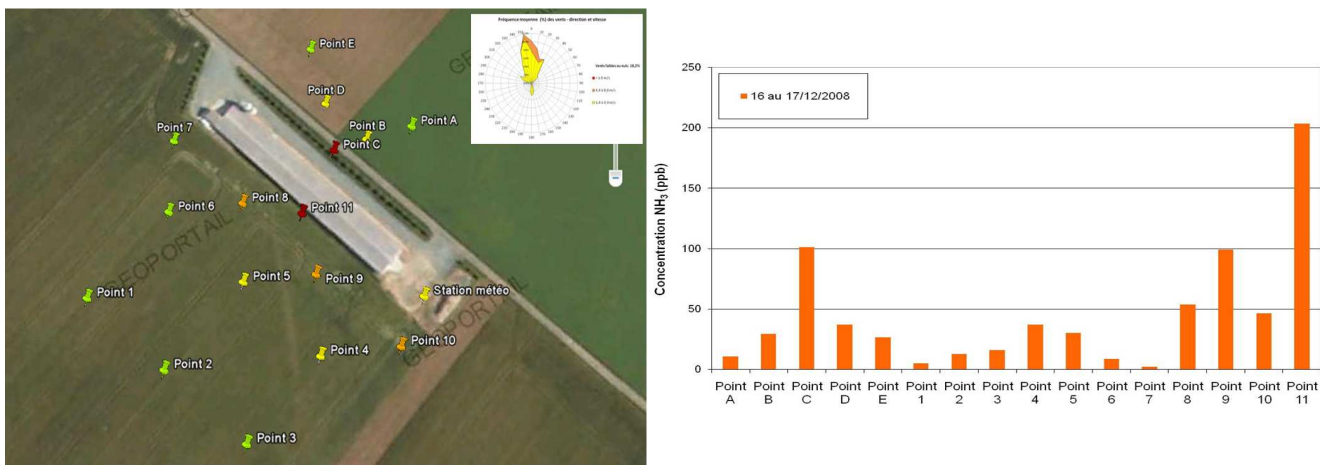


Figure 3. Concentration moyenne en ammoniac mesurée sur 24h (17 déc. 2008) par tubes passifs

Les mesures d'émission directes indiquent un même ordre de grandeur que ce soit par traçage au SF₆ ou avec la chaleur totale. La mesure par modèle Gaussien à partir des mesures de concentration moyenne autour du bâtiment (Figure 3) donne une valeur de 69 ± 18 mg NH₃s⁻¹, légèrement inférieure. La mesure indirecte par modèle Lagrangien est encore plus faible (méthode BLS, Figure 4). Le dépôt d'ammoniac sur la végétation ne peut expliquer à lui seul un écart voisin de 50 mg NH₃s⁻¹ à 60m du bâtiment (flux supérieur à 2000 kg N ha⁻¹ an⁻¹). Cette comparaison fait ressortir le besoin de mieux contrôler les résultats observés et d'estimer l'incertitude associée aux mesures de flux d'émission.

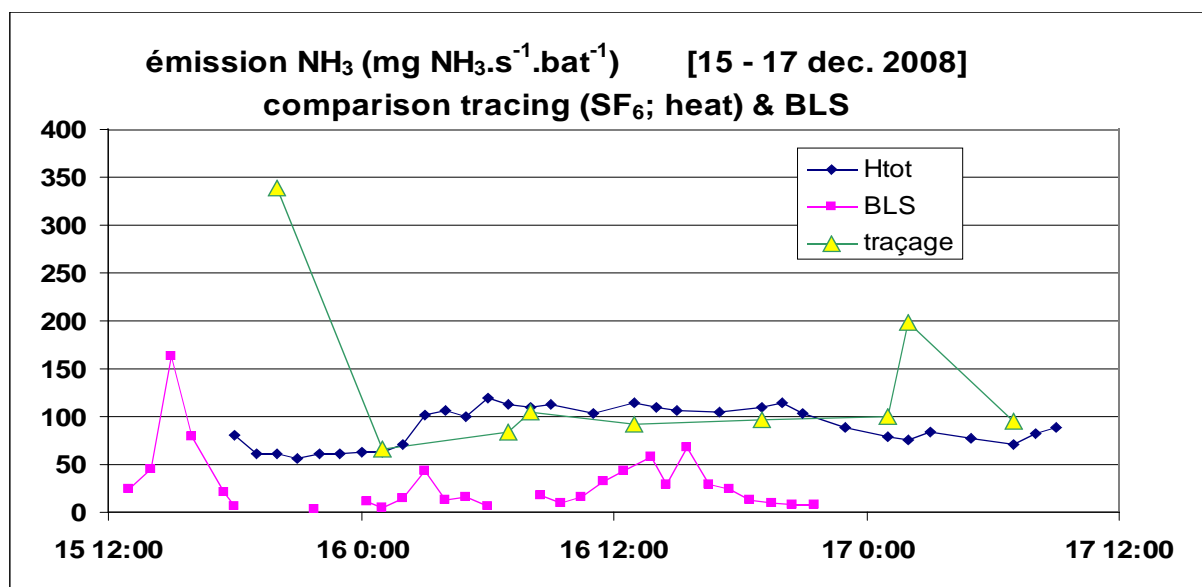


Figure 4. Comparaison des émissions mesurées par deux méthodes directes et une indirecte

L'usage du bilan de masse et de mesures intermittentes permet dans certains cas d'estimer les émissions (Tableau 2).

Les émissions de carbone mesurées par traçage avec la production de chaleur totale sont très proches du défaut de bilan. On peut en déduire que la ventilation estimée par traçage a été voisine du vrai débit de ventilation.

La perte de méthane observée est légèrement négative (puits de méthane). Avant d'utiliser des résultats de ce type, il convient de s'assurer que le seuil de détection de la méthode permet effectivement de détecter de tels flux.

L'écart entre les mesures pour la perte de vapeur d'eau est très élevé. Ces différences peuvent s'expliquer par des défauts de calibration des appareils. Nous avons utilisé la calibration des constructeurs, cette calibration doit par conséquent être vérifiée et le raccordement de la calibration des différents appareils doit être effectué.

Tableau 2. Comparaison des émissions mesurées par la méthode simplifiée [concentration ratio] aux émissions mesurées par traçage avec la production de chaleur [Htot] et au déficit du bilan de masse

kg /house	Mass budget	Htot continuous /tracing	C onc . Ratio
E H ₂ O	161005	207245	90044
E Carbone	20004	22406	20004
E C-CO ₂		22436	20018
E C-CH ₄		-30	-14
E Azote	771	442	322
E N-N ₂ O		167	17
E N-NH ₃		275	306

Le défaut de masse du bilan d'azote est supérieur aux émissions observées par mesure directe. Cet écart s'explique par une perte d'azote sous forme N₂. Le caractère humide, aéré et riche en azote et en carbone du fumier est favorable aux transformations par nitrification et dénitrification. Les émissions d'NH₃ mesurées par la méthode continue ou la méthode simplifiée donnent des valeurs similaires. Les mesures d'émission de N₂O sont très différentes. La méthode simplifiée sous-estime de 90% l'émission observée par la méthode continue. L'émission de N₂O mesurée par la méthode continue est voisine de 60% de l'émission d'NH₃. Ce résultat est très élevé par rapport aux données habituelles de la littérature. Il est probable que le lot de poulets observé n'était pas représentatif des élevages de poulets standard pour ce flux. L'observation des valeurs de concentration au cours de la période montre que le choix des journées de mesure pour la méthode simplifiée conduit à un biais : les périodes à forte émission, en début et en fin de lot, sont sous échantillonnées. En conséquence, dans les situations présentant un risque d'émission accrue de N₂O la stratégie d'échantillonnage du lot doit être vérifiée par des mesures continues.

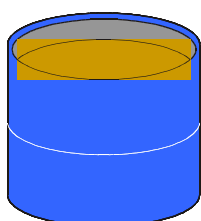
3.2.2 Mesures au stockage de lisier

La période de stockage s'est déroulée de juin à septembre 2009, dans des conditions climatiques humides et orageuses au début, plus chaudes en fin d'expérimentation.

Les mesures ont porté sur deux fosses (Figure 5), l'une exposée aux intempéries, caractérisée par traçage, l'autre sous une serre plastique ventilée avec un débit connu avec précision.

Les deux fosses étaient équipées de chambres dynamiques de mesure et un bilan de masse a été réalisé sur chacune.

Fosse extérieure



taille : Ø 2.9 m x 2.0 m

6.6 m² surface

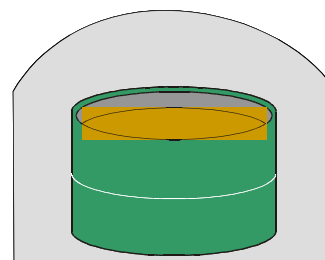
profondeur : 1.40 → 1.28 m

Volume initial : 9.2 m³

Mesures : traçage, bilan, chambre

**2 fosses,
l'une sous
une serre
ventilée**

Fosse abritée



taille : Ø 3.5 m x 1,5 m

9.6 m² surface

profondeur : 1.40 → 1.18 m

Volume initial : 13.4 m³

Mesures : ventilation, bilan, chambre

Figure 5. Caractéristiques des deux fosses

La comparaison des mesures par chambre et par traçage de la fosse extérieure sur le méthane (Figure 6) montre à la fois une différence d'ordre de grandeur des mesures (chambre < traçage) et une différence de dynamique (augmentation de l'émission mesurée par la chambre, stabilité de l'émission observée par traçage). Ce résultat confirme d'autres travaux montrant que la chambre modifie les émissions gazeuses à la surface du lisier. Par conséquent, si la précision des mesures par chambre est élevée (contrôle du débit d'air, représentativité des échantillons de gaz, aire de la surface émettrice), leur représentativité peut être faible.

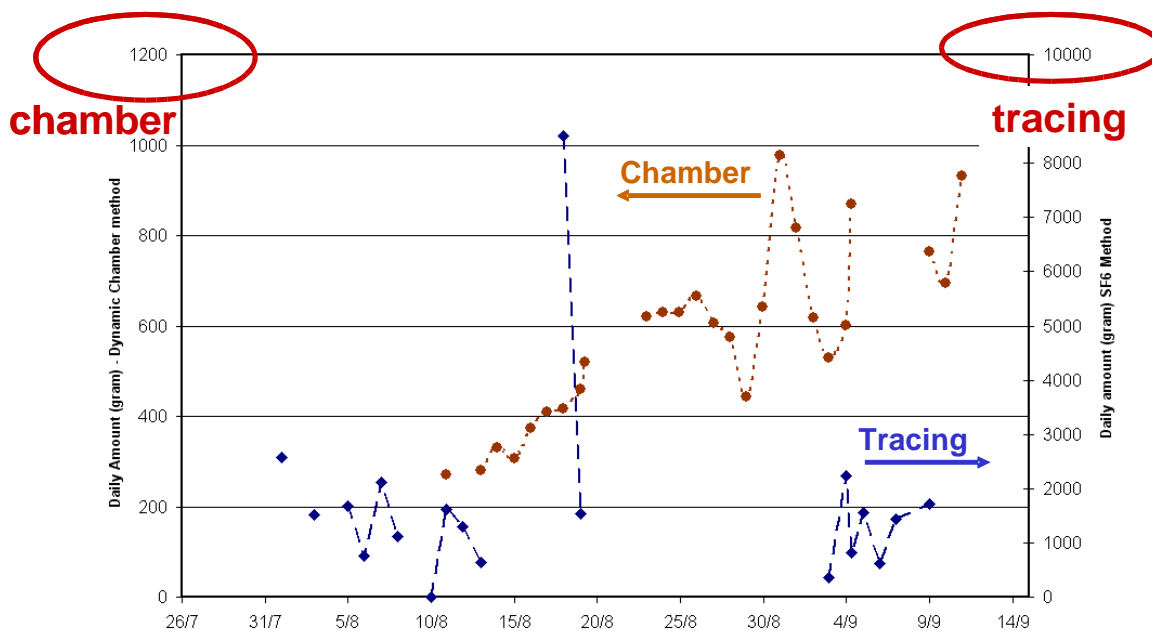


Figure 6. Emissions de CH₄ de la fosse extérieure

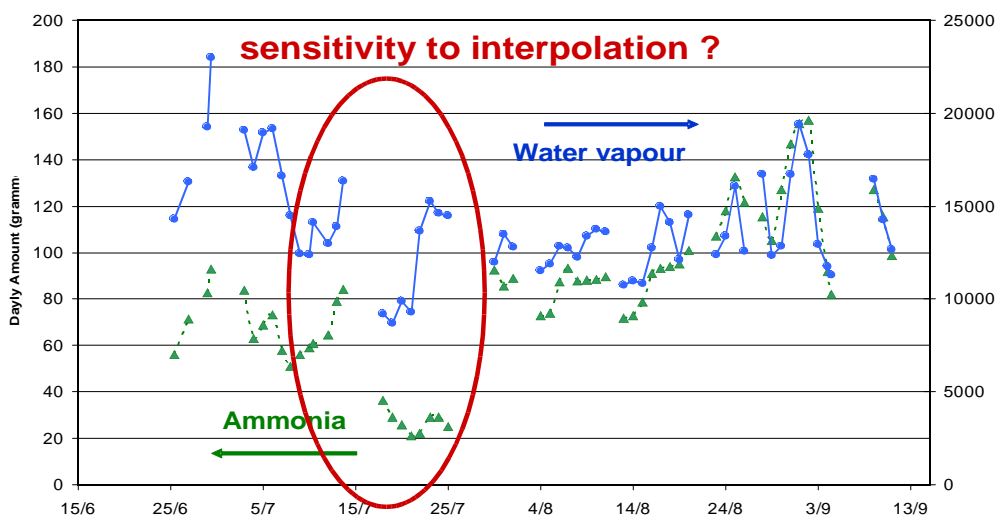


Figure 7. Emissions de NH₃ et d'eau de la fosse abritée

Sur la fosse abritée sous serre, l'observation des émissions d'eau et d'NH₃ montre, des périodes d'interruption des mesures (Figure 7). Ces périodes correspondent à des défaillances du système. Ces défaillances ont lieu dans la plupart des expérimentations pour des raisons accidentelles (orage) ou techniques (par exemple direction du vent inappropriée pour le traçage).

Dans le cas présent les interruptions ont lieu alors que les émissions varient fortement. Il en résulte une forte sensibilité de l'émission cumulée au choix d'algorithme pour

l'interpolation des données.

L'incertitude sur le flux d'émission d'ammoniac a été calculée sur une période d'un mois, dans le cas de la fosse abritée sous une serre ventilée, pour laquelle on pouvait observer la ventilation de la serre avec précision. L'émission d'ammoniac sur cette période a été de 3,4 kg NH₃. Les mesures sont notées ER (g hr⁻¹) pour l'émission d'ammoniac, V_T (m³ hr⁻¹) pour la ventilation totale, T_e (°C) pour la température de l'air extrait, C (ppmv) pour la concentration en ammoniac.

L'incertitude standard sur la température de l'air extrait est notée $u(T_e)$ °C, l'incertitude standard sur le débit de ventilation $u(V_T)$ m³ hr⁻¹, et l'incertitude standard sur la concentration en ammoniac $u(C)$ ppmv, sont calculées à partir de l'écart type de la température de l'air extrait T_e , du débit total de ventilation V_T , et de la concentration en ammoniac dans l'air extrait C , respectivement.

Les mesures donnent : $u(T_e) = 0.2$ °C ; $u(V_T) = 45$ m³ hr⁻¹ ; $u(C) = 0.12$ ppmv.

L'incertitude relative $u(ER)/ER$ est montrée dans la Figure 8. Elle a été calculée à partir de l'équation suivante :

$$\frac{u(ER)}{ER} = \sqrt{\left(\frac{u(V_T)}{V_T}\right)^2 + \left(\frac{u(C)}{C}\right)^2 + \left(-\frac{u(T_e)}{T_e}\right)^2}$$

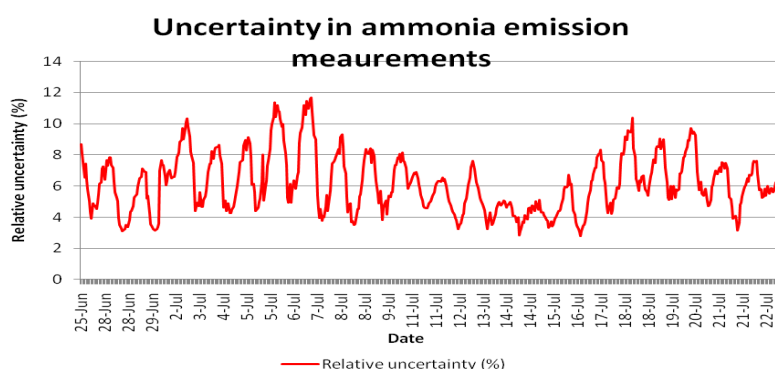


Figure 8. Incertitude relative sur l'émission d'ammoniac durant un mois

On constate que les valeurs sont très faibles (<10%) par rapport aux écarts entre méthodes constatés plus haut.

La comparaison des émissions aux déficits des bilans de masse pour le carbone et l'azote (tableaux 3) montre que l'émission d'ammoniac mesurée par la chambre est toujours inférieure au déficit d'azote. Nous retenons l'hypothèse d'une incertitude importante sur la mesure par chambre, pouvant dépasser 90% de l'émission ammoniacale « vraie ». La majeure part de cette incertitude est due à la représentativité du dispositif et à l'interpolation des données lors des périodes sans observations. Ces deux aspects n'ont pas été pris en compte dans le calcul de l'incertitude ci-dessus. Il conviendrait de les intégrer pour avoir une « vraie » estimation de l'écart possible entre valeur mesurée et valeur « vraie ».

Tableau 3. Comparaison des émissions au bilan de masse pour les fosses

		initial		final		défaut de bilan (kg)	mesure par chambre (kg)	mesure par traçage (kg)
		teneur (g/kg brut)	masse (kg)	teneur (g/kg brut)	masse (kg)			
fosse extérieure	profondeur	1,400 m		1,28				
	matière organique	51,6	477	24,3	205	272	120*	444*
	azote total	5,54	51,2	4,04	34,1	17,1	2**	-
fosse couverte	profondeur	1,400 m		1,185 m				
	matière organique	44,2	595	26,1	297	298	840*	-
	azote total	5,01	67,5	4,38	49,9	17,5	6,4**	-

*CH₄ + CO₂ ; hypothèse C=MO/2

** NH₃ (autres espèces supposées négligeables)

3.2.3 Conclusion de la phase expérimentale

La phase expérimentale de comparaison des méthodes en bâtiment d'une part, au stockage de lisier d'autre part a montré d'importantes différences entre méthodes de mesure, que ce soit en bâtiment ou au stockage. Il convient donc d'être particulièrement prudent dans l'usage de résultats déduits d'une seule méthode de mesure, non confirmés par une seconde méthode indépendante. En augmentant le nombre de mesures en élevage (représentativité temporelle) et en mettant en œuvre des méthodes complémentaires (absence de biais expérimental), on peut distinguer les élevages fortement ou faiblement émetteurs. Le bilan de masse de l'élevage, déduit de mesures ou de références sur les animaux, leur alimentation et leurs effluents peut servir de garde-fous aux mesures d'émissions. Ainsi trois niveaux de qualité peuvent être distingués : (i) l'évaluation qualitative par rapport à une référence ; (ii) la mesure intermittente avec un risque de biais ; (iii) la mesure continue avec un risque d'erreur minimisé pour autant que le dispositif de mesure n'interfère pas avec les processus d'émission.

3.3 Phase 3 : évaluation des possibilités d'application

L'évaluation des possibilités d'application des méthodes a été faite en France, Belgique, Grande Bretagne, U.S.A., Brésil et Chine. Elle montre la diversité des situations nationales en termes de préoccupations et la difficulté à quantifier l'incertitude inhérente aux mesures ponctuelles en élevage.

Néanmoins la mise en œuvre des méthodes se poursuit sur le terrain dans différents pays. Les travaux méthodologiques et les échanges internationaux devraient se poursuivre, parallèlement aux mesures en bâtiment et au stockage afin d'harmoniser les méthodes, d'en banaliser certaines, d'aller vers une certification des émissions, tout en faisant progresser la connaissance des émissions réelles des élevages. L'appropriation de ces résultats par les filières de production animale pourra leur permettre de proposer des

objectifs d'évolution basés sur leurs possibilités de mesure des émissions réelles et sur leurs perspectives économiques.

4 Conclusion générale

Ce projet a permis d'amplifier des échanges en France et avec des partenaires étrangers afin de proposer un premier ensemble de procédures de référence pour la mesure des émissions gazeuses en élevage. Ces échanges ont montré que la mesure simplifiée des émissions, basée sur un bilan de masse de l'élevage et la mesure à intervalles régulier des concentrations à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments, constitue une des rares méthodes à faible coût utilisable dans les bâtiments en ventilation naturelle comme dans les bâtiments en ventilation mécanique.

Outre la rédaction des procédures, l'acquisition de données en conditions d'élevage et la comparaison des méthodes a montré à quel point les mesures d'émissions en élevage manquaient de fiabilité et de répétabilité. L'association de mesures indépendantes apparaît comme une nécessité pour contrôler la fiabilité des observations.

Pour autant, la qualité des travaux effectués n'est pas remise en cause. Les travaux théoriques et expérimentaux ont fait ressortir des enjeux fondamentaux de la mesure des émissions diffuses. En effet, si la mesure est fiable lorsque l'émission est canalisée, elle le devient de moins en moins au fur et à mesure que le système devient plus ouvert et plus sensible à l'influence du climat ou à des modifications imprévisibles dans le fonctionnement du troupeau.

Ainsi l'estimation de l'incertitude sur les mesures apparaît comme le principal défaut d'information des publications antérieures et comme l'enjeu majeur des prochaines années pour la mesure des facteurs d'émission. Simple à calculer lorsque les mesures sont continues, les appareils sont bien étalonnés, les dispositifs de mesure sont non-intrusifs, l'estimation devient délicate lorsqu'il faut évaluer la représentativité de l'échantillonnage spatial (mesures par cloches) ou temporel (mesures intermittentes). Le calcul systématique du bilan de masse du lot d'animaux ressort comme l'élément le plus robuste permettant d'éviter de calculer des valeurs d'émission aberrantes. La poursuite des échanges entre les partenaires pour améliorer les calculs d'incertitude est souhaitable.

La multiplication des mesures en élevage permettra d'améliorer la représentativité des mesures d'émission. Elle conduira sans doute à améliorer la pertinence des variables utilisées pour décrire les élevages et pour choisir des catégories homogènes pour les émissions en bâtiments et aux stockages.

L'ensemble des résultats, soit une quinzaine de procédures décrites en français et anglais, les mesures effectuées, les programmes de calcul développés et leurs documentations en français, sera disponible sur un site internet en fin d'année 2010.