



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

Reference procedures for the measurement of gaseous emissions from livestock houses and stores of animal manure

6 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. Ehlacher, 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



Remerciements

Nous tenons à remercier tout particulièrement les personnes impliquées dans la gestion administrative et financière de ce dossier, que ce soit à l'ADEME ou dans les organismes participant, ainsi que les personnels techniques qui ont joué un rôle important dans la qualité des expérimentations réalisées dans le cadre de ce projet.

Acknowledgements

We are particularly thankful to the people implied in administrative and financial management, both at ADEME and in the organizations implied, as well as the technical staff which played an important part in the quality of the experiments carried out within the framework of this project.

L'ADEME en bref

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables, et du ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Elle participe à la mise en oeuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. L'agence met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public et les aide à financer des projets dans cinq domaines (la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit) et à progresser dans leurs démarches de développement durable.

<http://www.ademe.fr>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par la caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

© *All rights reserved...*

Sommaire / Table of content

<u>Sommaire / Table of content</u>	3
<u>Liste des tableaux / List of tables</u>	15
<u>Liste des figures / List of figures</u>	17
<u>Résumé</u>	21
<u>Abstract</u>	22
1 <u>Introduction : observer les émissions des bâtiments d'élevage et des stockages d'effluents pour comprendre leurs variations et maîtriser leurs réductions (observing the emissions of animal house and manure storage to understand their variations and control their reductions)</u>	23
1.1 <u>Organisation du rapport (organisation of the report)</u>	23
1.2 <u>La production animale continuant à se développer, l'émission d'une faible proportion de polluants gazeux ne peut plus être négligée, ni localement, ni globalement (The livestock production still developing, the emission of a small proportion of gaseous pollutants can not be neglected any more, neither locally, nor globally)</u>	25
1.3 <u>Les fortes concentrations animales génèrent des pollutions gazeuses ; elles sont maîtrisables ; mais la recherche de solutions techniques est rendue plus difficile par la complexité du contexte social et par la grande diversité des modes d'élevage (The concentrated animal feeding operations emit gaseous pollutions; they can be reduced; but the research of solutions is made more difficult by the complexity of the social context and the great diversity of livestock farming practices)</u>	27
1.4 <u>Les perspectives de recherche pour le développement de systèmes d'élevages plus durables nécessitent le développement de méthodes de mesure de référence pour les émissions gazeuses (Future research for the development of more sustainable livestock production systems require the development of reference methods to measure the gas emissions)</u>	28
2 <u>Description du système et diversité des modes de production (System description & diversity of farming systems)</u>	30
2.1 <u>Le système « bâtiment d'élevage » (The housing system)</u>	30
2.2 <u>Le système « stockage des effluents » (The manure store system)</u>	33
2.3 <u>Autres sources et puits d'émissions des élevages (Other farm sources or sinks of emissions)</u>	34
3 <u>Différents usages des mesures d'émissions (various uses of emission measurements)</u>	35
3.1 <u>Usage réglementaire (regulatory use)</u>	37
3.2 <u>Usage normatif (certification) / normative use (certification)</u>	40

3.3	<u>Usage technique pour améliorer le processus de production (technical use to improve the production processes)</u>	42
3.4	<u>Usage scientifique pour comprendre le déterminisme des émissions (scientific use to increase knowledge on emission mechanisms)</u>	43
3.5	<u>Usage éducatif des mesures émissions (educational use of emission measurements)</u>	44
4	<u>Différentes techniques de mesure des émissions (various techniques of emission measurements)</u>	45
4.1	<u>Spécificité des approches requises pour les émissions des élevages (specific approaches needed for livestock emissions)</u>	45
4.2	<u>Méthodes utilisées en bâtiments d'élevage (Methods already in use for animal houses)</u>	46
4.3	<u>Méthodes utilisées au stockage d'effluents (Methods already in use for manure stores)</u>	48
4.4	<u>Mesure directe de la ventilation (direct ventilation measurement)</u>	50
4.5	<u>Mesure indirecte de la ventilation (indirect ventilation measurement)</u>	51
4.5.1	<u>Bilan de masse (mass balance)</u>	51
4.5.2	<u>Production de chaleur (heat production)</u>	52
4.5.3	<u>Utilisation d'un gaz traceur (release of a tracing gas)</u>	52
4.5.4	<u>Modèle statistique (statistical model)</u>	54
4.6	<u>Chambres de mesure (enclosures)</u>	54
4.6.1	<u>Chambre statique (static chambers)</u>	55
4.6.2	<u>Chambre dynamique ou tunnel ventilé (dynamic chambers or wind tunnels)</u>	55
4.7	<u>Méthodes micrométéorologiques basées sur le bilan de masse (Micrometeorological mass balance methods)</u>	56
4.7.1	<u>Intégration horizontale des flux (integrated horizontal flux (IHF) methods)</u>	57
4.7.2	<u>Profils périmétriques (perimeter profile method)</u>	58
4.7.3	<u>Inversion d'un modèle de dispersion Lagrangien stochastique (Backward Lagrangian stochastic dispersion model)</u>	59
5	<u>Bilan de l'utilisation des méthodes par les partenaires (Results of the uses of the methods by the partners)</u>	61
5.1	<u>Bâtiments d'élevage (Animal houses)</u>	61
5.2	<u>Stockages d'effluents (Manure stores)</u>	62
6	<u>Applicabilité des méthodes (Applicability of the methods)</u>	65
6.1	<u>Mesures continues en bâtiments d'élevage (Continuous measurements in animal houses)</u> ...	65
6.2	<u>Mesures discontinues par modèle gaussien et tubes passifs distribués autour du bâtiment d'élevage (Discontinuous measurements with gaussian model and passive samplers distributed around the animal house)</u>	67
6.3	<u>Mesures continues par modèle BLS (Lagrangien) et analyseur NH3 ou particules sous le vent du bâtiment d'élevage (Continuous measurements with BLS modelling and NH3 analyser or particle counters placed leeward of the animal house)</u>	70
6.3.1	<u>Cas des gaz (Case of gases)</u>	70
6.3.2	<u>Cas des particules (Case of particles)</u>	73

6.4 <u>Mesures continues à l'intérieur du bâtiment d'élevage (Continuous measurements inside the animal house)</u>	77
6.4.1 <u>Mesure du débit d'air (ventilation measurement)</u>	77
6.4.2 <u>Cas des gaz (Case of gases)</u>	78
6.5 <u>Comparaison des émissions mesurées par différentes méthodes (comparison of emissions measured by different methods)</u>	79
6.5.1 <u>Cas des mesures continues (Case of continuous measurements)</u>	79
6.5.2 <u>Cas des mesures discontinues (Case of intermittent measurements)</u>	81
6.6 <u>Mesures continues au stockage d'effluents (Continuous measurements in manure stores)</u>	83
6.6.1 <u>Dispositif expérimental (Experiment)</u>	83
6.6.2 <u>Comparaison des mesures d'émissions (Comparison of emission measurements)</u>	84
6.6.3 <u>Développement d'un modèle basé sur des mesures intermittentes d'ammoniac (Development of an intermittent model of ammonia emission of slurry tanks)</u>	88
6.6.4 <u>Calcul de l'incertitude (Uncertainty calculation)</u>	92
6.7 <u>Mesures en conditions contrôlées (Measurements in controlled conditions)</u>	93
6.8 <u>Applicabilité dans différents pays (Applicability in some countries)</u>	95
6.8.1 <u>Développement des procédures (Implementation of the procedures)</u>	95
6.8.2 <u>Applicabilité en France (Applicability in France)</u>	96
6.8.3 <u>Applicabilité en Belgique et Grande Bretagne (Applicability in Belgium and United Kingdom)</u>	98
6.8.4 <u>Applicabilité aux U.S.A. (Applicability in the U.S.A.)</u>	99
6.8.5 <u>Applicabilité au Brésil (Applicability in Brasil)</u>	100
6.8.6 <u>Applicabilité en Chine (Applicability in China)</u>	102
7 <u>Procédures de mesure des émissions (Guidelines for emission measurements)</u>	105
7.1 <u>Procédure générale (General guidelines)</u>	105
7.1.1 <u>Introduction (Introduction)</u>	105
7.1.2 <u>Identification des sites émetteurs (Identification of emission site)</u>	106
7.1.3 <u>Appareillage (equipment)</u>	107
7.1.4 <u>Observations (Observations)</u>	107
7.1.5 <u>Calculs (Calculations)</u>	108
7.1.6 <u>Contrôles et vérifications (Control and checkout)</u>	112
7.1.7 <u>Expression des résultats, calcul d'incertitude et interprétation (Expression of results, uncertainty estimate, and interpretation)</u>	112
7.1.8 <u>Enregistrements et rapports d'essais (Recordings and reports)</u>	112
7.2 <u>Procédure pour la mesure du défaut de bilan de masse d'un stockage d'effluents (Guidelines for the measurement of the mass balance deficit of a manure storage)</u>	115
7.2.1 <u>Introduction (Introduction)</u>	115
7.2.2 <u>Appareillage (equipment)</u>	117
7.2.3 <u>Observations (Observations)</u>	118
7.2.4 <u>Calculs (Calculations)</u>	120
7.2.5 <u>Contrôles et vérifications (Control and checkout)</u>	122
7.3 <u>Procédure pour la mesure des émissions d'ammoniac (NH₃), protoxyde d'azote (N₂O), méthane (CH₄) et dioxyde de carbone (CO₂) des stockages de lisier par la technique des chambres dynamiques flottantes (Guidelines for the measurement of emission flux of Ammonia (NH₃), Nitrous oxide (N₂O), Methane (CH₄) and Carbon dioxide (CO₂) from liquid manure (slurry) store with the technique of the Floating dynamic closed chamber (FDCC))</u>	125

7.3.1	<u><i>Introduction (Introduction)</i></u>	125
7.3.2	<u><i>Caractérisation des valeurs à contrôler (Identification of emission site)</i></u>	128
7.3.3	<u><i>Appareillage (equipment)</i></u>	128
7.3.4	<u><i>Observations (Observations)</i></u>	130
7.3.5	<u><i>Calculs (Calculations)</i></u>	133
7.3.6	<u><i>Contrôles et vérifications (Control and checkout)</i></u>	135
7.4	<u>Procédure pour la mesure des émissions d'ammoniac (NH₃), protoxyde d'azote (N₂O), méthane (CH₄) et dioxyde de carbone (CO₂) des stockages de lisier par la technique du gaz traceur SF₆ (Guidelines for the measurement of emission flux of Ammonia (NH₃), Nitrous oxide (N₂O), Methane (CH₄) and Carbon dioxide (CO₂) from liquid manure (slurry) store with the technique of the tracer gas SF₆)</u>	137
7.4.1	<u><i>Introduction (Introduction)</i></u>	137
7.4.2	<u><i>Caractérisation des valeurs à contrôler (Identification of emission site)</i></u>	138
7.4.3	<u><i>Appareillage (equipment)</i></u>	139
7.4.4	<u><i>Observations (Observations)</i></u>	139
7.4.5	<u><i>Calculs (Calculations)</i></u>	142
7.5	<u>Procédure pour déduire les émissions du défaut de bilan de masse d'un bâtiment d'élevage de porcs à l'engrais (Guidelines to deduce the emissions from the measurement of the mass balance deficit of an animal house with growing-finishing pigs)</u>	145
7.5.1	<u><i>Introduction (Introduction)</i></u>	145
7.5.2	<u><i>Matériel (equipment)</i></u>	148
7.5.3	<u><i>Observations (Observations)</i></u>	149
7.5.4	<u><i>Calculs (Calculations)</i></u>	150
7.5.5	<u><i>Contrôles et vérifications (Control and checkout)</i></u>	158
7.6	<u>Procédure pour déduire les émissions du défaut de bilan de masse d'un bâtiment d'élevage de volailles de chair (Guidelines to deduce the emissions from the mass balance deficit of an animal house with meat poultry)</u>	161
7.6.1	<u><i>Introduction (Introduction)</i></u>	161
7.6.2	<u><i>Appareillage (equipment)</i></u>	164
7.6.3	<u><i>Observations (Observations)</i></u>	165
7.6.4	<u><i>Calculs (Calculations)</i></u>	167
7.6.5	<u><i>Contrôles et vérifications (Control and checkout)</i></u>	173
7.7	<u>Procédure pour la mesure du défaut de bilan de masse d'un bâtiment d'élevage de poules pondeuses (Guidelines for the measurement of the mass balance deficit of an animal house with laying hens)</u>	175
7.7.1	<u><i>Introduction (Introduction)</i></u>	175
7.7.2	<u><i>Appareillage (equipment)</i></u>	178
7.7.3	<u><i>Observations (Observations)</i></u>	179
7.7.4	<u><i>Calculs (Calculations)</i></u>	181
7.7.5	<u><i>Contrôles et vérifications (Control and checkout)</i></u>	187
7.8	<u>Procédure pour la mesure du défaut de bilan de masse d'un bâtiment d'élevage de vaches laitières (Guidelines for the measurement of the mass balance deficit of an animal house with dairy cows)</u>	189
7.8.1	<u><i>Introduction (Introduction)</i></u>	189
7.8.2	<u><i>Identification des sites émetteurs (Identification of emission site)</i></u>	192
7.8.3	<u><i>Appareillage (equipment)</i></u>	192
7.8.4	<u><i>Observations (Observations)</i></u>	193
7.8.5	<u><i>Calculs (Calculations)</i></u>	198

7.8.6	<u><i>Contrôles et vérifications (Control and checkout)</i></u>	206
7.9	<u>Procédure pour le calcul des émissions gazeuses utilisant des mesures continues et un modèle calé sur des mesures de concentrations intermittentes pour les bâtiments d'élevage et stockages d'effluents (Guidelines to determine emissions from livestock buildings and manure stores using continuous recordings and a model calibrated with intermittent measurements of concentrations)</u>	209
7.9.1	<u><i>Introduction (Introduction)</i></u>	209
7.9.2	<u><i>Appareillage (equipment)</i></u>	212
7.9.3	<u><i>Observations (Observations)</i></u>	214
7.9.4	<u><i>Calculs (Calculations)</i></u>	214
7.9.5	<u><i>Contrôles et vérifications (Control and checkout)</i></u>	216
7.9.6	<u><i>Expression des résultats, calcul d'incertitude et interprétation (Expression of results, uncertainty estimate, and interpretation)</i></u>	216
7.9.7	<u><i>Enregistrements et rapports d'essais (Recordings and reports)</i></u>	216
7.10	<u>Procédure pour la mesure du débit d'air par anémomètre dans les bâtiments d'élevage à ventilation mécanique continue (Guidelines for the measurement of air flow rate with anemometer in animal houses with continuous mechanical ventilation)</u>	221
7.10.1	<u><i>Introduction (Introduction)</i></u>	221
7.10.2	<u><i>Appareillage (equipment)</i></u>	222
7.10.3	<u><i>Observations (Observations)</i></u>	223
7.10.4	<u><i>Calculs (Calculations)</i></u>	224
7.10.5	<u><i>Contrôles et vérifications (Control and checkout)</i></u>	224
7.10.6	<u><i>Enregistrements et rapports d'essais (Recordings and reports)</i></u>	224
7.11	<u>Procédure pour la mesure du débit d'air par bilan CO2 dans les bâtiments d'élevage (Guidelines for the measurement of air flow rate with CO2 balance in animal houses)</u>	227
7.11.1	<u><i>Introduction (Introduction)</i></u>	227
7.11.2	<u><i>Appareillage (equipment)</i></u>	228
7.11.3	<u><i>Observations (Observations)</i></u>	228
7.11.4	<u><i>Calculs (Calculations)</i></u>	229
7.11.5	<u><i>Contrôles et vérifications (Control and checkout)</i></u>	230
7.12	<u>Procédure pour la mesure du débit d'air par bilan thermique dans les bâtiments d'élevage (Guidelines for the measurement of air flow rate with the heat productions of animals in animal houses)</u>	233
7.12.1	<u><i>Introduction (Introduction)</i></u>	233
7.12.2	<u><i>Appareillage (equipment)</i></u>	235
7.12.3	<u><i>Observations (Observations)</i></u>	235
7.12.4	<u><i>Calculs (Calculations)</i></u>	235
7.12.5	<u><i>Contrôles et vérifications (Control and checkout)</i></u>	240
7.13	<u>Procédure pour la mesure du débit d'air par traçage au SF6 dans les bâtiments d'élevage (Guidelines for the measurement of air flow rate with a tracing gas such as SF6 in animal houses)</u>	241
7.13.1	<u><i>Introduction (Introduction)</i></u>	241
7.13.2	<u><i>Appareillage (equipment)</i></u>	243
7.13.3	<u><i>Observations (Observations)</i></u>	243
7.13.4	<u><i>Calculs (Calculations)</i></u>	243
7.13.5	<u><i>Contrôles et vérifications (Control and checkout)</i></u>	245
7.14	<u>Procédure pour la mesure des émissions en utilisant des mesures de débit d'air dans les bâtiments d'élevage (Guidelines for the measurement of emissions using air flow rate</u>	

<u>observations in animal houses)</u>	247
7.14.1 <u>Introduction (Introduction)</u>	247
7.14.2 <u>Appareillage (equipment)</u>	248
7.14.3 <u>Observations (Observations)</u>	248
7.14.4 <u>Calculs (Calculations)</u>	249
7.14.5 <u>Contrôles et vérifications (Control and checkout)</u>	249
7.15 <u>Procédure pour la mesure des émissions d'ammoniac utilisant l'inversion d'un modèle Lagrangien stochastique (Guidelines for backwards Lagrangian stochastic dispersion technique (bLS) for measuring ammonia emissions)</u>	251
7.15.1 <u>Introduction (Introduction)</u>	251
7.15.2 <u>Identification des sites émetteurs (Identification of emission site)</u>	254
7.15.3 <u>Appareillage (equipment)</u>	254
7.15.4 <u>Observations (Observations)</u>	255
7.15.5 <u>Contrôles et vérifications (Control and checkout)</u>	256
7.15.6 <u>Expression des résultats, calcul d'incertitude et interprétation (Expression of results, uncertainty estimate, and interpretation)</u>	256
7.16 <u>Procédure pour la mesure des émissions d'ammoniac utilisant un modèle Gaussien (Guidelines for Gaussian dispersion technique for measuring ammonia emissions)</u>	261
7.16.1 <u>Introduction (Introduction)</u>	261
7.16.2 <u>Identification des sites émetteurs (Identification of emission site)</u>	263
7.16.3 <u>Appareillage (equipment)</u>	263
7.16.4 <u>Observations (Observations)</u>	263
7.16.5 <u>Expression des résultats, calcul d'incertitude et interprétation (Expression of results, uncertainty estimate, and interpretation)</u>	264
7.17 <u>Procédure pour générer une concentration choisie d'ammoniac et la mesurer par barbotage (Guidelines to generate a predefined ammonia concentration and measure it with acid bubbling)</u>	265
7.17.1 <u>Introduction (Introduction)</u>	265
7.17.2 <u>Caractérisation des valeurs à contrôler (Identification of values that have to be checked)</u>	266
7.17.3 <u>Appareillage (equipment)</u>	266
7.17.4 <u>Génération d'une concentration définie d'NH₃ (Generation of a defined concentration of NH₃)</u>	268
7.17.5 <u>Contrôle de la concentration d'NH₃ dans l'air (Control of the concentration of NH₃ in air)</u>	269
7.17.6 <u>Calculs (Calculations)</u>	270
7.17.7 <u>Contrôles et vérifications (Control and checkout)</u>	272
7.18 <u>Procédure pour le calcul d'incertitude appliqué aux mesures d'émissions gazeuses des bâtiments d'élevage et des stockages d'effluents (Guidelines for the uncertainty calculation applied to the measurements of gaseous emissions from animal houses and manure stores)</u>	273
7.18.1 <u>Introduction (Introduction)</u>	273
7.18.2 <u>Identification des sites émetteurs (Identification of emission site)</u>	276
7.18.3 <u>Appareillage (equipment)</u>	276
7.18.4 <u>Observations (Observations)</u>	277
7.18.5 <u>Calculs (Calculations)</u>	277
8 <u>Conclusion générale (General conclusion)</u>	281
9 <u>Termes et définitions (Terms and definitions)</u>	285

10	<u>Publications liées au projet (References in relation to this projet)</u>	289
11	<u>Références bibliographiques (References)</u>	289
12	<u>Annexe A : présentation des partenaires (Appendix A : partners' presentation)</u>	299
12.1	<u>INRA - UMR SAS</u>	299
12.2	<u>INRA - Environnement et Grandes Cultures</u>	299
12.3	<u>CEMAGREF - Rennes</u>	301
12.4	<u>INERIS</u>	301
12.5	<u>CAU (Christian-Albrechts-Universität) Kiel, Allemagne</u>	302
12.6	<u>Katholic University of Leuven, Belgique</u>	303
12.7	<u>Université de Liège, Belgique</u>	304
12.8	<u>Syddansk Universitet</u>	304
12.9	<u>Iowa State University, U.S.A.</u>	305
12.10	<u>Michigan State University, U.S.A.</u>	305
12.11	<u>EMBRAPA, Brésil</u>	306
12.12	<u>Seoul National University</u>	306
12.13	<u>Chinese Academy of Agricultural Sciences</u>	307
12.14	<u>South China Agricultural University</u>	307
12.15	<u>Zhejiang University</u>	307
12.16	<u>Shanghai Jiaotong University</u>	308
12.17	<u>Institut de la Filière Porcine</u>	308
12.18	<u>Institut Technique de l'Aviculture</u>	309
12.19	<u>Institut de l'Elevage</u>	309
12.20	<u>Chambres d'Agriculture de Bretagne</u>	310
13	<u>Annexe B : Exemples de fournisseurs (Appendix B : example of suppliers)</u>	313
13.1	<u>Gas measuring equipments</u>	313
13.1.1	<u>ABB process control instrumentation, process analytics</u>	313
13.1.2	<u>Altech Environment U.S.A.</u>	314
13.1.3	<u>AMETEK Process Instruments</u>	314
13.1.4	<u>Analytical Specialties, Inc.</u>	314
13.1.5	<u>AppliedSensor GmbH</u>	314
13.1.6	<u>Baseline - Mocon, Inc.</u>	315
13.1.7	<u>California Analytical Instruments Inc.</u>	315
13.1.8	<u>Campbell Scientific</u>	316
13.1.9	<u>Chromatotec Group</u>	316
13.1.10	<u>DANI Strumentazione Analitica S.p.A.</u>	316
13.1.11	<u>Delphian Corporation</u>	317
13.1.12	<u>Draeger Sicherheitstechnik GmbH</u>	317

13.1.13	<u>ECO PHYSICS AG (Eco Physics, Inc.)</u>	317
13.1.14	<u>Emerson Process Management</u>	318
13.1.15	<u>ENMET Corporation</u>	318
13.1.16	<u>Environnement S.A.</u>	318
13.1.17	<u>Galvanic Applied Sciences Inc.</u>	318
13.1.18	<u>Gemini Scientific Instruments</u>	319
13.1.19	<u>GOW-MAC Instrument, Co.</u>	319
13.1.20	<u>HORIBA</u>	320
13.1.21	<u>INFICON, Inc.</u>	320
13.1.22	<u>Infrared Analysis, Inc.</u>	321
13.1.23	<u>J.U.M. Engineering GmbH</u>	321
13.1.24	<u>K2BW Environmental Equipment Co.</u>	322
13.1.25	<u>Kipp & Zonen</u>	322
13.1.26	<u>Kore Technology Limited</u>	322
13.1.27	<u>Mercury Instruments GmbH</u>	323
13.1.28	<u>Midac Corporation</u>	323
13.1.29	<u>MIL-RAM Technology, Inc.</u>	323
13.1.30	<u>MSA (Mine Safety Appliances Company) Instrument Division</u>	324
13.1.31	<u>O.I. Corporation</u>	324
13.1.32	<u>PID Analyzers LLC</u>	325
13.1.33	<u>P S Analytical Ltd.</u>	325
13.1.34	<u>Quad Service</u>	326
13.1.35	<u>RKI Instruments, Inc.</u>	326
13.1.36	<u>Shimadzu Corporation</u>	327
13.1.37	<u>SIEMENS AG. Process Automation and Instrumentation Division</u>	327
13.1.38	<u>Sigrist-Photometer AG</u>	327
13.1.39	<u>Tekran Inc.</u>	328
13.1.40	<u>Teledyne Advanced Pollution Instrumentation</u>	328
13.1.41	<u>Teledyne Analytical Instruments</u>	328
13.1.42	<u>Umwelttechnik MCZ GmbH</u>	328
13.1.43	<u>Varian, Inc.</u>	329
13.1.44	<u>Wasson-ECE Instrumentation</u>	329
13.2	<u>Temperature and humidity measurements</u>	330
13.2.1	<u>Campbell Scientific</u>	330
13.2.2	<u>Kimo</u>	331
13.2.3	<u>Rotronic</u>	331
13.2.4	<u>Vaisala</u>	331
13.3	<u>Sampling equipment</u>	331
13.3.1	<u>SKC Inc.</u>	331
13.3.2	<u>EM-Technik</u>	332
14	<u>Annexe C : exemple de mise en œuvre d'une procédure de traçage en bâtiments d'élevage (example of a procedure for tracing in an animal house)</u>	333
14.1	<u>FICHE 1 : INVENTAIRE DU MATERIEL POUR 1 SITE DE MESURE</u>	333
14.2	<u>FICHE 2 : LISTE MATERIEL FIXE ET MOBILE</u>	336
14.3	<u>FICHE 3 : TABLEAU D'AFFECTATION DES VOIES D'ECHANTILLONNAGE & DE DOSAGE</u>	338
14.4	<u>FICHE 4A : PARAMETRAGE DU PROGRAMME SANS GAZ TRACEUR</u>	341

14.5	<u>FICHE 4B : PARAMETRAGE DU PROGRAMME AVEC GAZ TRACEUR</u>	343
14.6	<u>FICHE 5 : PARAMETRAGE DE L'ANALYSEUR</u>	345
14.7	<u>FICHE 6 : MONTAGE</u>	351
14.7.1	<u>Mise en place des ventilateurs et de la station météorologique</u>	351
14.7.2	<u>Mise en place de l'analyseur et de l'échantillonneur doseur</u>	351
14.7.3	<u>Mise en place d'un tuyau de protection (ou gaine) autour des tuyaux de prélèvement extérieurs afin d'éviter leur écrasement</u>	352
14.7.4	<u>Connexion des deux détendeurs sur les bouteilles de gaz</u>	352
14.7.5	<u>Mise en place des 2 ordinateurs</u>	352
14.8	<u>FICHE 6A : PROGRAMMATION DES CAPTEURS THR</u>	354
14.9	<u>FICHE 6B : RECUPERATION DES DONNEES TESTO</u>	356
14.10	<u>FICHE 6C : PROGRAMMATION DU CAPTEUR THR Hygrolog</u>	358
14.10.1	<u>Matériels concernés</u>	358
14.10.2	<u>Programmation de l'appareil</u>	359
14.11	<u>FICHE 6D : RECUPERATION DES DONNEES DU CAPTEUR THR Hygrolog</u>	361
14.12	<u>FICHE 7A : LANCEMENT / ARRET DES MESURES</u>	365
14.12.1	<u>Lancement des mesures</u>	365
14.12.2	<u>Arrêt des mesures et récupération des données</u>	368
14.13	<u>FICHE 7B : Détails des étapes du programme de traçage, « Essai »</u>	370
14.14	<u>FICHE 8A : SUIVI</u>	375
14.14.1	<u>Matériel à emporter sur le terrain</u>	375
14.14.2	<u>Vérifications du bon fonctionnement des mesures</u>	375
14.14.3	<u>Vérifications à faire dans la remorque</u>	375
14.14.4	<u>Vérifications à faire dans les salles de bâtiment suivies</u>	376
14.14.5	<u>Vérifications à faire au stockage de fumier</u>	377
14.14.6	<u>Vérifications à faire à l'extérieur du bâtiment</u>	377
14.15	<u>FICHE 8B : Programmation de la station météo Ahlborn</u>	379
14.16	<u>FICHE 8C : RECUPERATION DES DONNEES DE LA STATION METEO AHLBORN</u>	382
14.17	<u>FICHE 9 : DEMONTAGE</u>	385
14.17.1	<u>Les ordinateurs</u>	385
14.17.2	<u>Les matériels de mesure des gaz</u>	385
14.17.3	<u>La station météo</u>	385
14.18	<u>FICHE 10 : PRECAUTIONS A PRENDRE LORS DU TRANSPORT DU MATERIEL D'UN SITE DE MESURES A L'AUTRE</u>	387
14.19	<u>FICHE 11 : CHANGEMENT BOUTEILLE GAZ TRACEUR</u>	388
14.20	<u>FICHE 12 : Calcul et contrôle des oncentrations gazeuses moyennes horaires</u>	390
14.21	<u>FICHE 13 : Calcul et contrôle des débits moyens horaires</u>	395
14.22	<u>FICHE 14 : Traitement des données climatiques</u>	401
14.23	<u>FICHE 15 : Vérification des débits et calcul des émissions</u>	404
14.23.1	<u>Ouverture du fichier</u>	404
14.23.2	<u>ETAPE 1 : Feuille « Calculs air »</u>	405

14.23.3	<u>ETAPE 2 : Feuille « Concentrations »</u>	406
14.23.4	<u>ETAPE 3 : Feuille « Traçage »</u>	408
14.23.5	<u>ETAPE 4 : Feuille « Débits »</u>	409
14.23.6	<u>ETAPE 5 : Feuille « Emissions »</u>	410
15	<u>Annexe D : Développement d'une base de données pour caractériser un grand nombre de bâtiments : notice pour développeurs (Implementation of a database to characterize a large number of animal houses: implementation guide)</u>	413
15.1	<u>Présentation générale</u>	413
15.1.1	<u>Contexte du projet « BDD »</u>	413
15.1.2	<u>Objectifs du projet « BDD »</u>	414
15.1.3	<u>Organisation</u>	414
15.2	<u>La clé USB et son environnement</u>	417
15.2.1	<u>COPIE D'UNE CLÉ BOOTABLE</u>	417
15.2.2	<u>QU'EST CE QU'UNE CLÉ BOOTABLE</u>	417
15.2.3	<u>FORMATAGE</u>	418
15.2.4	<u>RENDRE LA CLÉ BOOTABLE</u>	419
15.3	<u>Où se trouvent les fichiers dans le système ?</u>	421
15.3.1	<u>LA BASE DE DONNÉES</u>	421
15.3.2	<u>L'INTERFACE DE SAISIE : "SAISIE"</u>	421
15.3.3	<u>L'INTERFACE DE CALCUL : BATELEV</u>	422
15.3.4	<u>AUTRES DOCUMENTS</u>	422
15.4	<u>Description des tables de la base de données</u>	425
15.5	<u>Résoudre des problèmes liés à la base de données</u>	431
15.5.1	<u>Comparaison de deux bases de données</u>	431
15.5.2	<u>Créer une nouvelle base de données</u>	433
15.5.3	<u>Testons une base de données vierge / problème de mise à jour de la base de données</u>	435
15.5.4	<u>Donnée dite 'enregistrée' mais pas d'insertion dans la base de données</u>	439
15.5.5	<u>Ajout ou suppression de données indispensables au calcul</u>	443
15.6	<u>Résoudre des problèmes liés aux interfaces de saisie ou de calcul</u>	445
15.6.1	<u>Modification sur l'interface de saisie</u>	445
15.6.2	<u>Saisie de la fiche alimentation / observations sans enregistrer les précédentes</u>	447
15.7	<u>Résoudre des problèmes liés à des erreurs de code</u>	449
15.7.1	<u>Pas d'exécution de l'interface de saisie</u>	449
15.7.2	<u>Mise à jour des tableaux de dates et heures</u>	452
15.7.3	<u>Mise à jour des listes déroulantes après saisie de données</u>	453
15.8	<u>Résoudre des problèmes liés à des erreurs dans le calcul</u>	455
15.8.1	<u>Correction des erreurs de calcul</u>	455
16	<u>Annexe E : Développement d'une base de données pour caractériser un grand nombre de bâtiments : notice d'utilisation (Implementation of a database to characterize a large number of animal houses: user instructions)</u>	459
16.1	<u>INTRODUCTION</u>	459
16.2	<u>LA BASE DE DONNEES</u>	459
16.3	<u>LES INTERFACES UTILISÉES</u>	461
16.3.1	<u>L'interface 'Compte'</u>	461

16.3.2	<i>L'interface 'Saisie'</i>	462
16.3.3	<i>L'interface 'Calcul'</i>	463
16.4	<u>ENREGISTREMENT DES DONNÉES</u>	464
16.4.1	<i>Création de son compte personnel</i>	464
16.4.2	<i>Enregistrement des données</i>	464
16.4.3	<i>Déroulement</i>	465
16.5	<u>RÉALISATION DU CALCUL</u>	501
16.5.1	<i>Fiche animal</i>	502
16.5.2	<i>Fiche effluent</i>	503
16.5.3	<i>Fiche gaz</i>	504
16.5.4	<i>Lancement du calcul</i>	504
17	<u>Annexe F : Développement d'une base de données pour caractériser un grand nombre de bâtiments : copie de la clé USB bootable (Implementation of a database to characterize a large number of animal houses: copy of the USB key)</u>	507
17.1	<u>Prise en main</u>	507
17.1.1	<i>Démarrage en mode non persistant</i>	507
17.1.2	<i>Lancement de GParted</i>	507
17.2	<u>Formater la clé cible</u>	509
17.2.1	<i>Démontage des partitions du disque</i>	509
17.2.2	<i>Création de nouvelles partitions</i>	510
17.2.3	<i>Vérification du partitionnement</i>	512
17.3	<u>Copier la partition système FAT32 et son contenu</u>	513
17.3.1	<i>Lancer un gestionnaire de fichier</i>	513
17.3.2	<i>Copie des fichiers système</i>	514
17.3.3	<i>Vérification</i>	515
17.4	<u>Rendre la clé bootable</u>	515
17.4.1	<i>Activation du système sur les fichiers de la partition FAT32</i>	515
17.4.2	<i>Activation du drapeau boot sur la partition FAT32</i>	516
17.4.3	<i>Vérification</i>	517
17.5	<u>Copier la partition modifiable EXT2</u>	518
17.5.1	<i>Copie de la partition EXT2</i>	518
17.5.2	<i>Vérification</i>	519

Liste des tableaux / List of tables

Tableau 1. Méthodes utilisées par les partenaires pour la mesure des émissions d'ammoniac, méthane et protoxyde d'azote en bâtiments d'élevage (Methods used by the partners for measuring ammonia, methane or nitrous oxide from animal houses).....	61
Tableau 2. Méthodes utilisées par les partenaires pour la mesure des émissions d'ammoniac, méthane et protoxyde d'azote au stockage d'effluents (Methods used by the partners for measuring ammonia, methane or nitrous oxide from animal manure stores).....	62
Tableau 3. Comparaison des émissions mesurées par la méthode simplifiée [contcentration ratio] aux émissions mesurées par traçage avec la production de chaleur [Htot] et au déficit du bilan de masse (Comparison of the emissions measured by the intermittent method [contcentration ratio] with the emissions measured by tracing with the total heat production [Htot] and with the deficit of the mass budget).....	81
Tableau 4. Comparaison des émissions au bilan de masse pour la fosse extérieure (Comparison of the emissions with the deficit of the mass budget for the outside tank).....	87
Tableau 5. Comparaison des émissions au bilan de masse pour la fosse couverte (Comparison of the emissions with the deficit of the mass budget for the covered tank).....	87
Tableau 6. Notations	109
Tableau 7. Types de logement et types de déjections associées / Housing categories and associated manure categories.....	192
Tableau 8. Production de CO2 pour 1000 W de chaleur totale produite dans le bâtiment / CO2 production per hpu at house level (Pedersen et al., 2008).....	229

Liste des figures / List of figures

Figure 1. Proportion of liquid manure of the total manure production on a fresh matter basis (Menzi, 2002).....	31
Figure 2. Aperçu général du bâtiment (general outlook of the poultry house).....	65
Figure 3. Conditions climatiques durant la période de mesure (Climatic conditions during animal rearing).....	66
Figure 4. Concentrations en gaz à l'intérieur du bâtiment (Gas concentrations inside the building). 67	
Figure 5. Niveaux de concentration en ammoniac et rose des vents (ammonia levels and wind direction).....	68
Figure 6. Concentration moyenne en ammoniac mesurée sur 24h (NH3 concentrations as 24h average).....	68
Figure 7. Concentrations en NH3 à 60m sous les vents du bâtiment (NH3 concentrations 60m downwind from the building).....	71
Figure 8. Reconstruction du bâtiment et des instruments sous WindTrax (windtrax model).....	72
.....	73
Figure 9. Evolution temporelle du flux de NH3 émis (NH3 emission).....	73
.....	74
Figure 10. Positionnement des compteurs de particules (position of particle counters).....	74
.....	75
Figure 11. Suivi des concentrations en PM10 (PM10 monitoring).....	75
.....	76
Figure 12. Gradients de concentration en particules (observed particle concentrations).....	76
Figure 13. Débit de renouvellement d'air observé durant la période d'élevage par plusieurs méthodes de traçage (ventilation observed with different tracing methods).....	78
Figure 14. Emissions d'NH3 mesurées par traçage avec la chaleur totale [Htot] ou par traçage au SF6 [dc : dose constante] ; les barres verticales indiquent les jours de mesure ponctuelle de l'émission (NH3 emissions measured by tracing with total heat production [Htot] or by tracing with SF6 [dc : constant dose]; bars indicate the days of intermittent measurements).....	78
Figure 15. Comparaison des émissions mesurées par méthodes directe et indirecte (comparison of emissions measured by direct measurements or by reverse modelling).....	80
Figure 16. Emissions de N2O mesurées par traçage avec la chaleur totale [Htot] ou par traçage au SF6 [dc : dose constante] ; les barres verticales indiquent les jours de mesure ponctuelle de l'émission ; les pointillés horizontaux indiquent la valeur moyenne du rapport $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{N}_2\text{O}$ pour trois périodes (N2O emissions measured by tracing with total heat production [Htot] or by tracing with SF6 [dc : constant dose]; bars indicate the days of intermittent measurements; dotted line indicates the average of the $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{N}_2\text{O}$ ratio for three periods).....	83
Figure 17. Caractéristiques des deux fosses (characteristics of both tanks).....	84

Figure 18. Emissions de CH ₄ de la fosse extérieure (CH ₄ emission of outside tank).....	85
Figure 19. Emissions de NH ₃ et d'eau de la fosse abritée (water and NH ₃ emissions of covered tank).....	86
Figure 20. The tank cover facilitated with: (1) Fancom fan with a calibrated 'Fancom Exavent®' ventilation rate sensor measured ventilation rates with an accuracy of 45m ³ /h. (2) array of temperature sensors to measure slurry temperature at different depths. (3) Temperature and humidity sensor to measure near surface air temperature and humidity.....	88
Figure 21. Les variables "faciles" à observer : débit de ventilation, température de l'air près de la surface de lisier et température de surface du lisier (The easy measurable variables : ventilation rate, near slurry surface air temperature and slurry surface temperature).....	89
Figure 22. L'émission d'ammoniac (The ammonia emission rate).....	89
Figure 23. Schematic representation showing the intermittent measurement method to estimate the ammonia emission from slurry storage over a certain period. S1 and S2 are temperature sensors; NH ₃ is the ammonia emission sensor; u ₁ and u ₂ are near slurry surface air and slurry surface temperatures, respectively; a and b are the model parameters.....	90
Figure 24. An example of a modelled ammonia emission from manure storage system. (A) Modelled days of ammonia emission. (B) Simulation of ammonia emission for 30 days based on the method of intermittent measurements. (C) Presents the cumulative predicted and measured ammonia emission from the manure storage.....	91
Figure 25. Relative uncertainty in ammonia emission measurements during one month.....	93
Figure 26. Corrélations entre les deux méthodes de mesure (correlation between the two types of concentration measurement).....	95
Figure 27. Système autonome de mesure des émissions d'ammoniac (Portable Monitoring Unit of ammonia emissions).....	99
Figure 28. Productions avicoles et porcines au Brésil (Poultry and pig productions in Brasil).....	100
Figure 29. Répartition géographique des élevages avicoles et porcins au Brésil (Geographic distribution of poultry and pig production in Brasil).....	101
Figure 30. Exemple de nouveaux élevages en construction dans la province du Guangdong (example of new pig farms in the Guangdong province).....	103
Figure 31. Exemple d'élevages de canards avec accès extérieur (example of duck farms with outdoor access).....	103
Figure 32. Overall principle of the floating dynamic closed chamber technique to measure the emission flow of ammonia (NH ₃) and greenhouse gas (GHG) i.e. methane (CH ₄) carbon dioxide (CO ₂) and nitrous oxide (N ₂ O) from liquid manure (slurry) [G _{in} , out: gas meter of inlet or outlet air Fin, out: flow meter of inlet or outlet air Pin, out: pump of inlet or outlet air].....	127
Figure 33. Description of the floating dynamic closed: (①) PVC chamber; (②) PVC dividing walls; (③) depressurization PVC box; (④) aperture between depressurization box and chamber; (⑤) aperture to atmosphere; (⑥) expanded polystyrene; (⑦) inlet air connexion; (⑧) outlet air connexion.....	130
Figure 34. Schematic drawing of air sampling from floating dynamic closed chamber to analyse of Ammonia (NH ₃) concentration by absorption in acid solution.....	131

Figure 35. Schematic drawing of air sampling from floating dynamic closed chamber to analyse of NH ₃ , N ₂ O, CH ₄ and CO ₂ by infrared analyser (Innova 1312).....	133
Figure 36. Principle of the tracer gas technique showing the tracer release, air sample system and the gas analyser.....	141
Figure 37. Schematic presentation showing the procedure of intermittent measurements to estimate yearly ammonia emission.....	211
Figure 38. Example for ammonia emission model of short measuring period. Ammonia emission as a function of number of easily measurable variables such as inside temperature, ventilation rate, number of animales ... etc.....	212
Figure 39. Photo-acoustic multi-gas monitor with 6 channel multi-sampler.....	213
Figure 40. Principle of ventilation rate measurement with a free running impeller and a pressure difference measurement (Adapted from Berckmans, 1986).....	214
Figure 41. Mesure de vitesse d'air dans une cheminée d'extraction en utilisant un anémomètre à fil chaud (Air speed measurements in a chimney using a hot-wire anemometer).....	223
Figure 42. Installation de mesure pour une vérification robuste des concentrations et émissions d'ammoniac (measuring equipment for a robust control of ammonia concentration and emissions)	267

Résumé

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 devienne inévitable. Dans cette optique, l'ADEME a financé un projet international associant des organismes de recherche et développement des filières animales. Son objectif était 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 pouvant être rencontrés à travers le monde.

Le projet comportait trois phases : une première destinée à recenser les méthodes et choisir celles qui seraient décrites plus précisément. Une deuxième qui a pour objectif de comparer différentes méthodes de mesures 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. 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.

La phase de recensement des méthodes a montré que 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, 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.

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.

L'évaluation des possibilités d'application des méthodes a montré la diversité des situations nationales et la difficulté à quantifier l'incertitude inhérente aux mesures ponctuelles en élevage. Les travaux méthodologiques et les échanges internationaux devraient donc 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 résultats et leurs perspectives économiques.

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, devrait être disponible sur un site internet en fin d'année 2010.

Abstract

Gaseous emissions of animal farm are getting an increasing attention in the media. The paradox of this tendency is the great number of publications, scientific or not, whereas the majority of the emissions of animal farms has never been characterized. Therefore, the development of practical tools to measure the greenhouse gas and ammonia emissions from animal farm is an issue. Quantifying the emissions would also allow to pay the environmental performance of animal production systems. The farmers would be thus incited to adapt their practices. They could propose realistic objectives of reduction, without waiting until the negative effects are so high that a regulation becomes inevitable. Accordingly, ADEME funded an international project associating research and development organizations working with animal production. Its objective was to propose a set of reference procedures for the measurement of ammonia and greenhouse gas emissions in animal housings and manure stores, adapted to the diversity of animal farms which can be observed throughout the world.

The project comprised three phases: a first one intended to register the methods and to choose those which would be described more precisely. A second which aimed to compare various methods of measurements with storage of manure and in the animal housing. The third phase was intended to evaluate the possibilities of application of the methods described in various countries. Complementary projects, associating the French actors of ADEME project and Agricultural Schools of Brittany (CASDAR, PITE, RMT) made it possible to fund further work of measurement and developments of data-processing.

The first phase showed that measuring the emissions is always based on the observation of a variation of concentration (inside-outside) and of a ventilation. The situations are multiple, from a measuring chamber of a few square decimetres to an emitting source several thousands of square meters. In all the cases, a greatest caution in the use of the results is necessary because their errors being able to result from the heterogeneity of the concentrations close to the source, from the possible presence of multiple air inlets and outlets having each a different concentration, from the temporal variability due to climate variations or animal growth, from the disturbances being able to be caused by the device of measurement itself.

The experimental phase of method comparison, either in a broiler house or with pig slurry storage showed important differences between methods, whether it was in the house or with storage. It is thus advisable to be particularly careful in the use of results deduced from only one method of measurement, not confirmed by one second independent method. By increasing the number of measurements in animal farm (temporal representativeness) and implementing complementary methods (absence of experimental bias), one can distinguish the animal farms which have high or low emissions. The mass budget of the animal farm, deduced from measurements or references on the animals, their food and their manure can be used as parapets with emission measurements. Thus three levels of quality can be distinguished: (i) the qualitative evaluation compared to a reference; (ii) the intermittent measurement with a risk of bias; (iii) the continuous measurement with a risk of error minimized provided the measuring method does not interfere with the emission processes.

The evaluation of the possibilities of application of the methods showed the diversity of the national situations and the difficulty of quantifying the uncertainty associated to specific measurements on an animal farm. Methodological work and international exchanges should therefore continue, as well as measurements in the houses and with storage in order to harmonize the methods, to standardize some of them, in order to make possible the certification of the emissions, while improving the knowledge of the real emissions of animal farms. The appropriation of these results by livestock industries will enable them to propose reduction objectives based on their measurement possibilities and economic outlooks.

All the results, i.e. about fifteen procedures described in French and English, measurements, calculation programmes and their documentations in French, should be available on a website at the end of 2010.

1 Introduction : observer les émissions des bâtiments d'élevage et des stockages d'effluents pour comprendre leurs variations et maîtriser leurs réductions (*observing the emissions of animal house and manure storage to understand their variations and control their reductions*)

1.1 Organisation du rapport (*organisation of the report*)

Avant de décrire des méthodes pour évaluer ou mesurer l'émission de gaz du système de production animale, ou seulement d'une partie du système de production animale, une description courte du contexte des mesures d'émission est donnée. Ce contexte détermine les objectifs des mesures, et les conditions de leur mise en place. Il influence le choix d'une méthode et le développement ou l'adaptation de celles-ci.

Dans la suite de ce rapport les méthodes qui peuvent être employées pour mesurer l'émission de gaz de différents systèmes de logement sont d'abord décrites d'une manière générale. La description générale est semblable à ce qui peut être trouvé sur le Web ou dans les bases de données de la littérature scientifique.

Cependant, ces descriptions générales ne fournissent pas suffisamment de détails pour réaliser la reproductibilité des mesures quand le lecteur n'a pas déjà pratiqué des observations. Par conséquent, elle est suivie de descriptions plus détaillées des protocoles. Le premier but des descriptions détaillées est que le lecteur puisse évaluer l'intérêt de développer lui-même la pratique des émissions et d'un éventuel contrôle de qualité. Le deuxième but concerne celui qui souhaite faire appel à un prestataire pour des mesures, les procédures doivent lui permettre de contrôler qu'elles répondent bien à son objectif. Enfin, le troisième but est de proposer un point de départ pour une base commune de méthodologies ouvertes, approuvées, pour des mesures d'émission, y compris dans le cas des bâtiments à ventilation naturelle.

Selon l'émission à mesurer et le budget disponible, la mesure peut être à peine ou non faisable, fortement imprécise, plutôt précise, ou précise. C'est pourquoi **trois niveaux de précision apparaissent, depuis le plus qualitatif au plus précis, en fonction du type de situation et en fonction des moyens qui**

Before describing methods for assessing or measuring gas emission from the livestock production system or only part of the livestock production system it make sense to give a short description of the context of emission measurements in livestock production. It determines the objectives of the measurements, and the conditions of carrying on. It will influence the choice of a method and further development or adaptation of them.

Thereafter in this report the methods that can be used for measuring the gas emission from different housing systems are first described in a general way. The general description is similar to what can be found on the web or in databases of scientific literature.

However, this general description gives not enough details to achieve reproducibility of measurements when the reader has not already practiced observations. Therefore, it is followed by more detailed descriptions of protocols. The first purpose of detailed descriptions is that the reader can evaluate the opportunity of developing practice and eventually sets up emission measurement and quality control. The second purpose concern those who wishe to call upon a service provider for measurements, the procedures must enable him to control that the measurements are suited to his goal. Lastly, the third purpose is to propose a starting point for a common basis of open methodologies, approved for emission measurements, including the case of naturally ventilated buildings.

*Depending on the emission to be measured and the budget, the measurement can be hardly or not feasible, highly inaccurate, rather accurate, or accurate. **Therefore, three levels of accuracy appear, from the most qualitative appreciation to the most accurate measurements, depending on the type of situation, and on the funds that can be allocated to emission***

peuvent être mis en oeuvre pour estimer l'émission :

- (i) moyens minimaux, mesures ponctuelles de concentrations, mesure d'émission impossible mais appréciation qualitative possible par comparaison à des modèles ou à des références indiquées pour le type d'élevage observé ou à des sorties de modèles ;
- (ii) moyens intermédiaires, mesure ponctuelles des concentrations en gaz, conversion en émissions en utilisant des caractéristiques de l'élevage et confrontation à l'estimation de niveau (i) ; risque de biais si les jours (ou heures) d'échantillonnage ne sont pas représentatifs des variations réelles des concentrations au cours de la période considérée ;
- (iii) moyens élevés, mesure continue des concentrations en gaz et des débits d'air, calcul direct des émissions et confrontation aux estimations de niveau (i) et (ii); risque de biais si l'équipement de mesure modifie les processus à l'origine de l'émission.

Dans la mesure où un faible nombre de laboratoires sont en mesure de réaliser les mesures de niveau (iii), ces méthodes sont mal adaptées à un grand nombre de bâtiments. Or un nombre élevé de mesures est nécessaire pour espérer avoir un échantillon **représentatif** de la diversité des élevages. En revanche, les mesures de niveau (ii) peuvent être envisagées dans un grand nombre d'élevages. Par conséquent il est utile d'associer une base de données à ce type de méthodes.

L'entente sur les méthodes de mesure devrait faciliter les discussions entre divers acteurs concernés par la réduction des émissions du bétail. L'augmentation du nombre d'acteurs est importante en raison du nombre élevé et de la diversité des étables et de la gestion des engrais de ferme dans le monde.

Une initiative semblable a été engagée par le Government danois par les protocoles d'essai de VERA (Ministry danois d'Environnement, 2009), mais pour seulement un but : vérifier l'efficacité des techniques proposées pour réduire les émissions dans l'agriculture. Les protocoles détaillés ne sont jusqu'ici pas clairement disponibles. Les États-Unis ont également engagé des programmes pour développer l'assurance qualité des mesures des émissions

estimate:

- **tier 1: minimum funds, intermittent measurements of gas concentration, emission measurement is not possible but it is possible to have a qualitative evaluation through the comparison with either models or references given for the classification of the farm or with model outputs;**
- **tier 2: intermediate funds, intermittent measurement of gas concentrations, calculation of emissions using farm characteristics, and comparison with emissions tier 1; a risk of bias exist because the days (or hours) of intermittent measurement can be not representative of the true variations of concentrations during the considered period;**
- **tier 3: high funds, continuous measurement of gas concentrations and ventilation rate, direct calculation of emissions and comparison with emissions tier 1 and 2; a risk of bias exist when the measurement protocol modifies the emission processes.**

*Insofar as a low number of laboratories are able to carry out measurements of tier 3, these methods are badly adapted to a great number of houses. However a high number of measurements is necessary to hope to have a sample **representative** of the diversity of the animal farms. On the other hand, measurements of tier 2 can be under consideration in a great number of animal farms. Consequently it is useful to associate a database with this type of methods.*

Agreement on measurement methods should facilitate discussions between various actors concerned by the question of reducing livestock emissions. Increasing the number of actors is important because of the high number and diversity of animal houses and manure management throughout the world.

A similar initiative has been engaged by the Danish Government through the VERA test protocols (Danish Ministry of Environment, 2009), but for only one purpose: to verify the efficiency of techniques proposed to reduce the emissions in agriculture; and the detailed protocols are until now not clearly available. The USA have also engaged programs for quality assured measurements of emissions (Moody et al, 2008) but simpler methodologies, yet less accurate and reliable, should remain useful for the organisms

(Moody et al., 2008) mais des méthodologies plus simples, même si elles sont moins précises et fiables, devraient rester utiles pour les organisations et les compagnies qui n'auront pas les fonds pour mettre en place un tel travail, ou qui souhaitent examiner la variabilité des émissions dans un nombre élevé d'étables.

Après ces procédures détaillées, les partenaires du projet sont présentés, et quelques exemples de l'instrumentation pour mesurer la concentration en gaz ou les flux de gaz sont décrits.

and companies that will not have the funds to carry on such work, or that wish to screen the variability of emissions in a high number of animal houses.

After these detailed procedures, the partnership of the project is presented, and some examples of the instrumentation for measuring gas concentration or gas fluxes are described.

1.2 La production animale continuant à se développer, l'émission d'une faible proportion de polluants gazeux ne peut plus être négligée, ni localement, ni globalement (The livestock production still developing, the emission of a small proportion of gaseous pollutants can not be neglected any more, neither locally, nor globally)

L'élevage des animaux par l'homme est caractérisé par son assistance à leur alimentation, leur reproduction, leur soin contre les maladies et blessures. Il les élève dans leur grande majorité pour son alimentation (viande, lait, œufs) mais aussi pour des fonctions non alimentaires (énergie, habillement, cosmétique, loisirs). Au cours des siècles passés, l'élevage de nombreuses espèces animales dans les principales régions du globe a entraîné une grande diversité des systèmes d'élevage et des espèces élevées. Les fonctions des animaux sont complexes dans les élevages où les éleveurs associent plusieurs espèces animales et plusieurs générations d'animaux (valorisation d'associations végétales, entretien du milieu naturel, contrôle des pathologies animales ou des proliférations d'animaux nuisibles, recyclage des déchets organiques, traction animale, etc.). En revanche, dans les gros élevages, les fonctions des animaux sont plus simples (production de nourriture, amélioration génétique).

Animal breeding by the mankind is characterized by his assistance to their food, their reproduction, their care against the diseases and wounds. It raises them in their great majority for his food (meat, milk, eggs) but also for nonfood functions (power, clothing, cosmetic, leisure). During previous centuries, the breeding of many animal species in the major world regions involved a great diversity of livestock production systems and many species. The functions of the animals are complex in the farms where the stockbreeders associate several animal species and several generations of animals (valorization of vegetable associations, maintenance of the natural environment, control animal pathologies or proliferations of noxious animals, organic waste recycling, animal haulage, etc). On the other hand, in large animal facilities, the functions of the animals are much simpler (production of food, genetic progress).

La production animale s'est développée au cours des dernières décennies essentiellement pour la production de nourriture. Le développement a porté sur un nombre limité de souches génétiques. Il a conduit au regroupement des animaux soit à proximité des lieux de consommation, soit dans les régions de production d'aliments du bétail. De plus en plus, les rythmes de production sont modulés en fonction de la demande des consommateurs alors

The livestock production developed during the last decades primarily for the production of food. The development related to a limited number of genetic stocks. It led to the regrouping of the animals either near the places of consumption, or in the areas of animal feed production. More and more, the rates/rhythms of production are modulated according to the request of the market whereas in the past consumption depended on the rates/rhythms of production under the

que par le passé la consommation dépendait des rythmes de production sous la dépendance du climat. Ainsi les systèmes d'élevage qui se développent actuellement rapidement génèrent des transferts de nutriments des régions productrices d'aliments du bétail vers les élevages. Il en résulte une disproportion entre les besoins de recyclage des coproduits de l'élevage, notamment les déjections animales, et la capacité du milieu autour de l'élevage à recycler les coproduits liquides, solides et gazeux générés.

dependence of the climate. Thus the livestock production systems, which currently and quickly develop, generate transfers of nutrients from the feed producing areas towards the breeding regions. It results from it a disproportion between the needs for recycling the byproducts of animal production, in particular the animal manure, and the capacity of the natural environment around the farm to recycle the liquid, solid and gas byproducts generated.

Au cours de l'élevage environ la moitié de la masse apportée par l'aliment et l'eau de boisson est perdue sous forme gazeuse. La plupart des émissions gazeuses est non polluante (vapeur d'eau et dioxyde de carbone). De plus, la forte dilution dans l'air ambiant limite fortement les perturbations polluantes au voisinage des élevages en regard des accumulations observées dans les sols ou l'eutrophisation des eaux. Néanmoins, le développement des productions animales à l'échelle du globe a entraîné une augmentation des composés polluants émis naturellement par les animaux et leurs déjections. Les quantités émises par les régions à forte densité d'élevages ont entraîné des perturbations à plusieurs centaines de kilomètres des régions émettrices.

During the animal production approximately half of the mass brought by food and the drinking water is lost in gas form. The majority of the gas emissions are nonpolluting (carbon dioxide and steam). Moreover, strong dilution in the ambient air strongly limits the disturbances polluting the vicinity of the farms compared to the accumulations observed in the soils or water eutrophication. Nevertheless, the development of the livestock productions on a global scale involved an increase in the polluting compounds emitted naturally by the animals and their dejections. The quantities emitted by the areas with large concentrated animal feeding operations involved disturbances to several hundred kilometers from the transmitting areas.

L'air est soit « victime » de ces émissions (couche d'ozone, effet serre), soit « vecteur » vers des organismes cibles. Par exemple, le méthane et le protoxyde d'azote contribuent à amplifier l'effet serre de l'atmosphère. L'ammoniac est responsable de l'eutrophisation de la végétation au voisinage des élevages et de l'acidification des sols à plus grande distance. Les poussières émises peuvent être vecteurs de pathogènes. Les odeurs sont un important vecteur d'informations entre individus et entre espèces d'un écosystème. Des émissions élevées de composés odorants peuvent saturer la perception olfactive de populations animales sauvages. Malgré l'absence de résultats dans ce domaine, il n'est pas possible de faire l'hypothèse que des niveaux odorants élevés ne perturberont pas certaines fonctions des écosystèmes qui en dépendent.

The air is either "victim" of these emissions (layer of ozone, effect tightens), or "vector" towards target organisms. For example, the methane and the nitrous oxide contribute to amplify the greenhouse effect and contribute to climate change. The ammonia is responsible for the eutrophication of the vegetation in the vicinity of the animal farms and the acidification of the soils at longer distances. Emitted dust can be vectors of pathogenes. Odors are an important vector of information transfer between individuals and species within an ecosystem. High odor release can saturate olfactive perception with the wild animal populations. Despite no known results in this field, it can not be assumed that high odor level has no influence on ecosystem functions that depend on odors.

1.3 Les fortes concentrations animales génèrent des pollutions gazeuses ; elles sont maîtrisables ; mais la recherche de solutions techniques est rendue plus difficile par la complexité du contexte social et par la grande diversité des modes d'élevage (The concentrated animal feeding operations emit gaseous pollutions; they can be reduced; but the research of solutions is made more difficult by the complexity of the social context and the great diversity of livestock farming practices)

Les densités animales élevées, associées à des cheptels importants par site d'élevage conduisent à une amplification considérable des flux biologiques par rapport à l'écosystème initial, non anthropisé. Or, si les techniques d'élevage sont parvenues à amplifier efficacement la partie zootechnique de l'élevage au cours des dernières décennies, elles n'ont pas considéré dans le même temps les autres flux biologiques associés à la vie animale, comme par exemple la décomposition et le recyclage des déjections, les pullulations d'animaux nuisibles, la dissémination des pathogènes à l'extérieur des élevages, la dispersion des odeurs ou des perturbateurs endocriniens, la décomposition et le recyclage des produits d'hygiène, de santé et des facteurs de croissance apportés dans les élevages, la dissémination des espèces élevées vers le milieu naturel.

En conséquence, des dégradations des sols, des eaux, de l'air et des associations végétales ou animales initialement présentes sont constatées dans la plupart des régions du globe à forte densité animale. Ces dégradations ont atteint des seuils inquiétants et elles concernent des superficies importantes. C'est pourquoi les élevages font l'objet de tensions entre les promoteurs d'une meilleure alimentation humaine et les promoteurs d'un développement plus « durable » des activités humaines. La recherche d'améliorations techniques satisfaisant ces deux objectifs est rendue plus difficile dans certains contextes sociaux. Par exemple : les tensions sont parfois instrumentalisées à des fins de croissance économique ou de rivalités politiques ; dans certaines régions, les préoccupations sociales en matière de conditions de travail, de bien être animal ou d'évolution des paysages contraignent l'évolution des techniques ; le contexte économique local d'une production peut rendre inutilisables certaines possibilités techniques d'évolution, considérées comme trop coûteuses.

High animal densities, associated with high animal number on one livestock farm lead to a considerable amplification of biological fluxes compared to the initial, not anthropized, ecosystem. However, if the livestock management effectively improved the zootechnical part of the breeding during the last decades, it did not consider in same time the other biological fluxes associated with the animal life, such as for example the decomposition and the recycling of the dejections, the pullulations of noxious animals, the dissemination of pathogenes outside the breedings, the dispersion of odors or the endocrine disruptors, the decomposition and the recycling of the cleaning products, medicines and the growth factors brought in the breedings, the dissemination of the raised species into the natural environment.

Consequently, degradations of soils, waters, air, plant and animal communities initially present are noted in the majority of the regions with concentrated animal feeding operations. These degradations reached worrying thresholds and they relate to important areas. This is why the animal farms generate conflicts between the promoters of a better human consumption and the promoters of a more "sustainable" development of human activities. The search for technical improvements satisfying these two objectives is made more difficult in certain social contexts. For example: the tensions are sometimes used for the purpose of economic growth or political competitions; in some areas, the social concerns as regards working conditions, animal welfare or evolution of the landscapes, force the technological developments; the local economical context of a production can make unusable certain technical possibilities of evolution, considered too expensive.

In this particular context, the scale of an animal house or manure storage has a particular importance. Indeed, at this scale, animal production or byproduct transformation can be

Dans ce contexte particulier, l'échelle du bâtiment ou du stockage a une importance particulière. En effet, il s'agit d'une échelle de gestion des animaux ou des effluents qui permet l'optimisation technique de la production animale (minimisation de la consommation d'aliment et d'énergie) et du recyclage des coproduits (maximisation du recyclage des nutriments excrétés). Il s'agit aussi d'une échelle à laquelle les flux peuvent être quantifiés, voire certifiés, à des fins économiques ou sociales. La quantification des émissions gazeuses à cette échelle, ainsi qu'une large diffusion de méthodes de mesure reconnues revêtirait donc une importance toute particulière dans la gestion des troupeaux d'animaux domestiques.

optimized (minimization of feed or energy consumption ; maximization of the recycling of the excreted nutrients). It is also a scale where fluxes can be quantified, even certified, for economical or social purposes. The quantification of the gas emissions on this scale, as well as the diffusion of approved methodologies of measurement would thus be of a very particular importance in the management of the animal farms.

1.4 Les perspectives de recherche pour le développement de systèmes d'élevages plus durables nécessitent le développement de méthodes de mesure de référence pour les émissions gazeuses (Future research for the development of more sustainable livestock production systems require the development of reference methods to measure the gas emissions)

La rationalisation des pratiques d'élevage et le regroupement des animaux permettent d'améliorer l'efficacité des aliments du bétail et de l'énergie consommée par unité animale produite. Si l'on veut conserver ces acquis dans la perspective d'une population mondiale accrue, il devient nécessaire d'amplifier également les fonctions biologiques qui complètent la vie animale dans un écosystème durable. Les écosystèmes à forte productivité par unité de surface sont caractérisés par une biodiversité élevée et un turn-over intense de la matière organique. Une des voies d'amélioration de la durabilité des systèmes de production animale est d'augmenter les flux de recyclage et la diversité des fonctions biologiques réalisées par ces systèmes.

Les nutriments solides ou solubles, l'énergie dégagée par les animaux d'élevage, peuvent ainsi être redirigés vers d'autres productions alimentaires ou non alimentaires. La disproportion quantitative entre le nombre de scientifiques s'intéressant aux élevages industriels et à ceux s'intéressant aux élevages traditionnels conduit à une relative homogénéité des publications. La plupart des travaux scientifiques cherchent actuellement différentes voies de transformation des effluents en vue de les valoriser ou de

The rationalization of rearing practices and the regrouping of animals make it possible to improve efficiency of animal feed and reduce energy consumption per produced animal unit. If one wants to preserve these assets considering an increased world population, it becomes necessary to also amplify the biological functions which supplement the animal life in a sustainable ecosystem. Ecosystems characterized by a high productivity per unit area associate a high biodiversity and a high turn-over of organic matter. A way of improving the sustainability of livestock production systems is to increase the fluxes of recycling and the diversity of the biological functions achieved within these systems.

The solid or soluble nutrients, the energy released by the livestock, can thus be redirected towards other food or non food productions. Quantitative disproportion between the number of scientists involved in industrial farming and those involved in traditional farming leads to a relative homogeneity of the publications. The majority of present scientific work seeks various ways of manure transformation in order to minimize their polluting impact when eliminated in the surrounding environment. Some work seeks a better understanding of the traditional livestock production systems in order to raise their limiting

minimiser leur impact polluant lorsqu'ils sont éliminés dans le milieu environnant. Quelques travaux cherchent à mieux comprendre les systèmes d'élevage traditionnels afin d'en lever les facteurs limitant sans nuire à leurs retombées sociales ou sans dégrader les sols et les ressources en eaux. Cependant la connaissance de la diversité des élevages à l'échelle globale et de la complexité des relations entre élevages et sociétés reste encore peu avancée. Cette disproportion est plus faible si l'on ne considère que les élevages aquacoles et piscicoles.

La connaissance des émissions gazeuses des élevages est apparue à la fin du XX^{ème} siècle comme un enjeu non négligeable, après avoir identifié leur part dans les pollutions atmosphériques globales. Cependant les travaux scientifiques de quantification des émissions gazeuses ne reflètent pas la diversité réelle des systèmes d'élevage en raison du faible nombre de mesures, en comparaison, par exemple, des analyses de sols ou d'effluents qui sont couramment pratiquées depuis de nombreuses années. Il en résulte une incertitude considérable quant à la responsabilité réelle des différentes catégories d'élevage dans les pollutions atmosphériques observées et quant aux techniques qui réduisent réellement les pollutions atmosphériques, sans transfert de pollution, à la fois aux échelles locales, régionales et globales. Cette incertitude se manifeste dans la difficulté actuelle à caractériser des catégories homogènes de systèmes d'élevage vis-à-vis de leurs émissions gazeuses.

En conséquence de la diversité des systèmes et de la part importante des flux gazeux dans les émissions des élevages, le développement de méthodes de mesure des émissions gazeuses des élevages est nécessaire au développement de systèmes d'élevage durables. Ces méthodes sont nécessaires pour s'assurer que des techniques proposées pour améliorer la productivité des élevages ou pour réduire leur impact sur les sols ou les eaux ne conduisent pas à un transfert de pollution vers l'air. En outre, même si les bilans matière effectués sur les intrants et sortants solides et liquides des élevages montrent une réduction globale des pertes gazeuses (i.e. une meilleure conservation des nutriments excrétés par les animaux), il n'en demeure pas moins nécessaire de s'assurer que les flux polluants émis ont également diminué.

L'usage de ces méthodes peut également

factors without harming their social repercussions or degrading the soils and the water resources. However the knowledge of the diversity of the animal farming systems on a global scale and the complexity of the relations between animal farms and the societies remains still not very advanced. This disproportion is less when one considers only aquaculture and fish farms.

The knowledge of the gaseous emissions of animal farms appeared at the end of XXth century like a considerable stake, after having identified their share in global atmospheric pollutions. However the scientific work of quantification of the gas emissions does not reflect the real diversity of the livestock production systems because of the low number of measurements, compared for example to the analyzes of soils or effluents which are usually practiced since many years. It results from it a considerable uncertainty as for the real responsibility for the various categories of animal farms in the atmospheric pollutions observed and as for the techniques which could really reduce atmospheric pollutions, without pollution transfer, at various scales, local, regional, and global. This uncertainty is visible in the present difficulty to achieve homogenous categories of animal production systems considering their gaseous emissions.

As a consequence of the diversity of animal production systems and of the importance of gaseous fluxes in the emissions from animal farms, the development of measuring methods for gaseous emissions from animal farms is necessary for the development of sustainable livestock production systems. These methods are necessary to make sure that techniques suggested to improve the productivity of the farms or to reduce their impact on the soils or water do not lead to a pollution transfer towards the air. Moreover, even if the mass budgets carried out on the inputs and solid and liquid outputs of the farms show a global reduction of the gaseous losses (i.e. a better conservation of nutrients excreted by the animals), it remains necessary to ensure that emitted pollutants also decreased.

The use of these methods can also result in identifying low emitting systems, within the current diversity, which will accelerate the control of the

conduire à identifier des systèmes peu émetteurs parmi la diversité existant actuellement, ce qui accélèrera la maîtrise des émissions gazeuses par les éleveurs. Enfin, ces méthodes sont nécessaires pour s'assurer qu'une recommandation technique conduit bien aux résultats escomptés en matière de réduction d'émissions gazeuses polluantes. En effet, la complexité des systèmes d'élevage est telle qu'une technique donnée peut entraîner des résultats différents selon le climat, le système d'élevage ou l'éleveur qui la met en œuvre ; le contrôle des résultats fait donc partie intégrante de l'évolution technique. Compte tenu de la diversité des élevages et de la diversité des moyens financiers pouvant être affectés à la caractérisation des émissions gazeuses, il convient de développer des méthodes complémentaires, pouvant s'adapter à des contextes scientifiques et agricoles variés.

gas emissions by the stockbreeders. Lastly, these methods are necessary to make sure that a technical recommendation effectively leads to the expected results as regards reduction of polluting gas emissions. Indeed, the complexity of the livestock production systems is such that a given technique can involve different results according to the climate, the livestock production system or the stockbreeder who implement it; the control of the results is thus a part of the technical evolution. Taking into account the diversity of the animal farms and the diversity of financial resources being able to be affected with the characterization of the gas emissions, it is advisable to develop complementary methods, being able to adapt to various scientific and agricultural contexts.

2 Description du système et diversité des modes de production (System description & diversity of farming systems)

2.1 Le système « bâtiment d'élevage » (The housing system)

La conception d'un bâtiment d'élevage influence fortement les choix de stockage et de gestion des effluents. La gestion des effluents reflète également les différences climatiques et de structure des systèmes de production agricole à travers le monde. La proportion du total des effluents produits liquides/lisiers ou solides/fumiers varie considérablement entre les pays (fig. 1) (Menzi, 2002 ; Burton et Turner, 2003). Par exemple, les fumiers sont principalement produits dans des systèmes avicoles ou bovins en France. Les producteurs de canard ou de porc en revanche utilisent de préférence une gestion liquide (lisiers).

The design of animal housing determines to a large extent the choice of manure storage and manure handling. Manure handling also reflects the large differences in climatic and structure of the agricultural production systems across the world. The proportion of the total manure produced managed as liquid manure/slurry and solid manure, respectively, varies considerably between countries (Fig. 1) (Menzi, 2002; Burton and Turner, 2003). For example, solid manure is mainly produced in management system used by cattle or poultry farmers in France. Pig or duck producers typically manage manure as liquid manure.

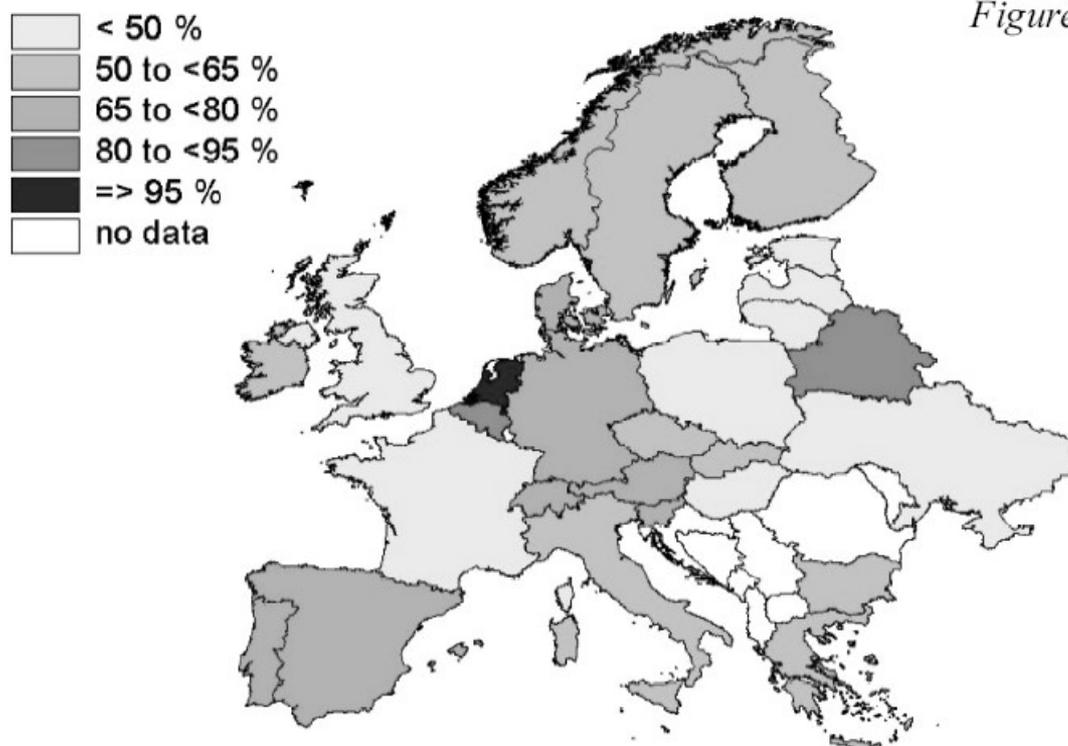


Figure 1:

Figure 1. Proportion of liquid manure of the total manure production on a fresh matter basis (Menzi, 2002).

Dans la plupart des bâtiments pour vaches laitières, les déjections et les eaux de lavage sont rassemblées dans un couloir de raclage ou une fosse sous caillebotis, ou dans les logement avec animaux attachés, dans une gouttière derrière les animaux. La surface en caillebotis peut couvrir tout le bâtiment ou juste l'aire d'exercice ou le secteur derrière les vaches dans le cas d'animaux à l'attache. Le lisier est enlevé à intervalles variant de quelques jours à quelques mois. Des veaux pour la production de boeuf sont souvent logés dans les bâtiments avec sol plein couvert de litière sur laquelle l'urine et les excréments sont déposées. La quantité d'effluent produite chaque jour dans le bâtiment dépend si les animaux ont ou non accès à l'extérieur. Par exemple, les vaches laitières peuvent séjourner dans le bâtiment durant la nuit et pâturer les prairies pendant le jour. Quand le système de gestion utilise du fumier, la quantité accumulée dans le bâtiment après plusieurs semaines dépend de la production de chaleur au sein du fumier et de l'évaporation d'eau qui en résulte. Parfois, par exemple dans les zones montagneuses des régions tempérées, les animaux sont logés seulement durant la saison froide.

In most dairy cow houses excreta and cleaning water are collected in a slurry channel or pit below a slatted floor or, in tied housing systems, in a gutter behind the animals. The slatted floor area may cover the entire floor or be restricted to the walking alleys or the area behind tied cows. The slurry is removed at intervals ranging from days to months. Calves for beef production are often housed in buildings with a solid floor covered with bedding, in which urine and excreta are deposited. The amount of manure produced each day in the building will depend if the animals have an outdoor access or not. For example, dairy cows can stay in the building overnight and pasture on grasslands during the day. When the management system uses solid manure, the amount accumulated in the building after several weeks will depend on the heat production within and the water evaporation from the solid manure. Sometimes, e.g. in mountainous areas of temperate regions, the animals are housed only during the cold season.

In pig houses slurry is collected below slatted floors, and the slurry is mainly removed via channels or deep pits with pull plug, pit recharge, and flushing systems (Arogo et al., 2003). The

Dans les bâtiments pour porc le lisier est collecté sous des caillebotis, puis évacué par des couloirs ou des fosses avec des vannes en fond de fosse, ou des systèmes de chasse d'eau (Arogo et al., 2003). La fréquence de l'enlèvement du lisier varie de plusieurs fois par jour à quelques mois. Quelques systèmes de logements de porc ont été développés avec les planchers en béton partiellement ou entièrement pleins, couverts avec de la paille ou de la sciure pour améliorer le bien-être des porcs (Bruce, 1990). Typiquement, le fumier est éliminé manuellement ou avec les chargeurs à intervalles mensuels.

La plupart des bâtiments de bovin sont ventilés naturellement. La température dans les bâtiments de bovin varie donc avec la température extérieure. Des vaches d'âges variés sont logées dans le même bâtiment sans séparations. Les bâtiments de porc sont souvent équipés de systèmes de ventilation mécanique avec entrée d'air dans la zone d'élevage et sortie par la fosse à lisier. En région froide, ils peuvent être chauffés pendant la partie froide de l'année. Dans des bâtiments de porc la température de l'air sera donc relativement constante au cours de l'année. En France, des bâtiments de porc sont divisés en cases de petite taille où des animaux homogènes sont alimentés, avec une répartition progressive des animaux des truies enceintes jusqu'aux porcs en finition afin de réduire la contamination entre animaux. Au contraire, les bâtiments français avicoles sont beaucoup plus grands, souvent 100m de long, la stratégie de alimentation inclut beaucoup plus de types d'aliments différents que dans la plupart des bâtiments pour vaches laitières ou pour porcs en finition. Par conséquent, alors que le principe des mesures d'émission d'un lot d'animaux peut être semblable pour des vaches, des porcs ou des volailles, les spécificités techniques vont être très différentes si les systèmes de logement sont contrastés.

Outre ces caractéristiques principales il y a une large diversité des systèmes dans chaque pays, et une diversité encore plus grande en considérant tous les pays. Les émissions résulteront du système de gestion des effluents, de l'accès des animaux à une aire d'exercice extérieure, du climat, de la gestion de la ventilation du bâtiment, des espèces animales¹ et de la taille de troupeau, de la stratégie d'alimentation et d'abreuvement.

frequency of slurry removal varies from several times per day up to monthly intervals. Some pig housings systems have been developed with partially or fully solid concrete floors strewn with straw or sawdust to improve the welfare of the pigs (Bruce, 1990). Typically, the solid manure is removed manually or with front loaders at monthly intervals.

Most cattle buildings are naturally ventilated. The temperature in the cattle houses varies therefore with the outside temperature. Various ages of cows are housed within the same house without separations. Pig houses often have forced or mechanical ventilation systems, where fresh air inlet is in the animal area while waste air outlet is above the slurry pit. In cold regions, they may be heated during the cold part of the year. In pig houses the air temperature will therefore be relatively constant over the year. In France, pig houses are divided in small chambers where lots of homogeneous animals are fed, with a progressive repartition of the animals from the pregnant sows until the finishing pigs to reduce contamination between animals. On the contrary, French poultry houses are much larger, often 100m long, the feeding strategy includes much more feed types than in most dairy cow or finishing pig farms. Therefore, while the measurement principle of one animal lot can be similar for cows, pigs or poultry, the technical specifications will become much different if the housing systems are completely different.

Beside these main features there is a wide diversity of systems in each country, and a greater diversity considering all countries. The emissions will result from the management system of the effluents, the access of the animals to outdoor areas, the climate, the management of the house ventilation, the animal species¹ and the herd size, the feeding and drinking strategy.

¹e.g. number of race and species considered in France by IE, IFIP, ITAVI

2.2 Le système « stockage des effluents » (*The manure store system*)

L'effluent d'élevage collecté en bâtiments d'élevage est généralement stocké pendant une période à l'intérieur ou en dehors du logement avant l'épandage ou le traitement au sein d'une installation de traitement. La Directive Européenne Nitrates (EC, 1991) fixe des limites pour la période où l'application d'effluent est autorisée. En conséquence, la capacité de stockage d'effluent doit être suffisante pour répondre à cette exigence quand elle est appliquée à la ferme. La capacité de stockage moyenne réelle pour le lisier est d'environ 6 mois en France. Pour le fumier la capacité de stockage varie de 2 à 12 mois (Menzi, 2002 ; Burton et Turner, 2003 ; Et al. de Smith, 2000 ; 2001a, b). À mesure que les tailles des troupeaux augmentent, les champs de ferme deviennent insuffisants pour valoriser les sous-produits de la production animale. Par conséquent, les installations de traitement se développent maintenant dans les régions à forte intensification de la production animale. Elles collectent les fumiers et lisiers, les transforment en engrais organiques valorisables, et les exportent vers des fermes ou des sites non agricoles où les apports organiques sont trop faibles pour maintenir la fertilité du sol et sa biodiversité.

Le lisier est la plupart du temps stocké dans des réservoirs extérieurs faits en béton ou à partir de tôles d'acier galvanisées en dehors des bâtiments d'élevage (Menzi, 2002 ; Burton et Turner, 2003) ou dans des lagunes ou des étangs. Actuellement, des efforts sont faits pour remplacer les lagunes par des réservoirs dans beaucoup de pays européens. Les lagunes et les réservoirs de lisier ne sont pas normalement couverts. Le lisier est habituellement homogénéisé (remué) dans le réservoir avant l'épandage. Dans d'autres régions, le lisier est directement libéré dans des fossés ou après lagunage. Dans certains systèmes de production agricole avec élevages associés, le lisier des porcs, vaches, ou volailles est apporté dans des étangs où il fertilise le système afin d'augmenter la production aquacole.

Le fumier est habituellement stocké en tas découverts sur des plateformes de béton, qui dans la plupart des pays et cas sont conçues de sorte que les écoulements soient collectés. Quand l'effluent n'est pas stocké sur des plateformes de béton, le site de stockage doit changer tous les ans. Pendant son stockage, avec ou sans couverture, le fumier peut être

Animal manure collected in housing systems is generally stored for a period inside or outside the housing prior to field application or processing within a treating facility. The EU Nitrate Directive (EC, 1991) sets limits for the period of time during which manure application is permitted. Consequently, the manure storage capacity should be sufficient to meet this requirement when it is applied on the farm. The actual average storage capacity for liquid manure or slurry is around 6 months in France. For solid manure the storage capacity varies from 2 to 12 months (Menzi, 2002; Burton and Turner, 2003; Smith et al., 2000; 2001a,b). As the sizes of the herds are increasing, the farm fields become insufficient to recycle the by-products of the animal production. Therefore, treating facilities are now developing in regions of dense animal production. They collect solid or liquid manure, transform it into valuable organic fertilizers, and export them toward farms or non-farm places where organic inputs are too low to maintain soil fertility and biodiversity.

Liquid manure/slurry is mostly stored in outdoor tanks made from concrete or enameled steel sheets outside the livestock houses (Menzi, 2002; Burton and Turner, 2003) or in lagoons, which is ponds. Currently, efforts are being made to replace lagoons with tanks in many European countries. Slurry lagoons and tanks are normally not covered. The liquid manure/slurry is usually homogenized (stirred) in the tank prior to application. In other regions, slurry is directly released in ditches or after some lagooning. There are also associated farming systems where the slurry of pigs, cows, or poultry is released in ponds where it fertilizes the system to increase further aquaculture production.

Solid manure is usually stored in uncovered heaps on concrete pads, which in most countries and cases are designed so that drainage is collected. When the manure is not stored on concrete pads, the storage place should change each year. During its storage, with or without covers, the solid manure can be turned to obtain a more homogeneous compost. Some composting systems belong to treating facilities as they turn frequently the compost or they use forced or mechanical ventilation to accelerate the biological transformations and product drying. In some regions of the world, other uses of the solid

retourné pour obtenir un compost plus homogène. Quelques systèmes de compostage font partie d'installations de traitement où les composts sont retournés fréquemment ou ventilés mécaniquement pour accélérer les transformations et le séchage du produit. Dans certaines régions du globe, d'autres utilisations du fumier peuvent être la combustion ou l'alimentation animale.

Quand l'effluent est traité dans une grande installation, il est habituellement mélangé aux effluents d'autres fermes. Dans ce cas, la traçabilité est difficile à garantir lorsqu'elle consiste à associer à une parcelle de terrain définie, un effluent issu d'un système de production animale défini. Par conséquent, la délimitation du système et de la stratégie pour mesurer les émissions correspondant à une ferme, à un animal, ou à un kilogramme d'effluent selon son origine et son usage, dépendra du type de système et des utilisations des mesures d'émission.

manure can be burning or animal feeding.

When the manure is processed in a large facility, it is usually mixed with the manure of many other farms. In this case, it becomes difficult to associate a defined plot of manure spreading to a defined animal lot with homogeneous management practices. Therefore, the delimitation of the system and the strategy to measure the emissions corresponding to one farm, one animal, or one kg manure depending on its origin and its use, will depend on the type of systems and on the uses of the emission measurements.

2.3 Autres sources et puits d'émissions des élevages (*Other farm sources or sinks of emissions*)

Par suite des déplacements d'animaux entre les bâtiments ou parcelles de terrain, ou des déplacements d'effluents entre les bâtiments et les stockages ou épandages, les sources d'émission d'une ferme ne sont pas limitées au bâtiment ou à la zone de stockage d'effluent. Comme l'émission de gaz polluant peut représenter seulement une petite fraction de tous les intrants, les émissions élevées issues de petites surfaces ou au cours de périodes courtes devraient également être considérées de sorte que les efforts de réduction des émissions de polluants ne soient pas réduits voire annulés par les émissions de ces sources.

Dans le cas de l'ammoniac, on sait que la végétation peut absorber l'ammoniac gazeux par les feuilles. Par conséquent, selon les densités relatives de la végétation et des animaux, et la position de la végétation par rapport aux bâtiments et stockages d'effluents, la hauteur de la végétation, et son activité (c.-à-d. selon les espèces et le climat), l'émission résultant de la ferme peut être différente de la somme des sources (Loubet et al., 2006).

Following animal moving between various houses or plots, or manure displacement from house to storage or from storage to plot or treatment facility, the emission sources on a farm are not limited to either the house or the manure storage area. As the polluting gas emission can represent only a small fraction of the total inputs, the emissions from limited areas and during short periods should also be considered so that the efforts to reduce polluting gas emissions are not reduced or canceled by the emissions of such areas.

In the case of ammonia, the vegetation is known to have the ability to absorb gaseous ammonia in the leaves. Therefore, depending on the relative densities of vegetation and animals, and the location of the vegetation between the houses and manure stores, its height, and its activity (i.e. depending on the species and the climate), the resulting farm emission can be slightly different from the sum of the sources (Loubet et al., 2006).

3 Différents usages des mesures d'émissions (*various uses of emission measurements*)

Les paragraphes précédents ont montré que des variations dues au système, dues aux différences d'emplacement dans l'espace et dues à des variations temporelles des émissions affectent les élevages. Tenir compte de ces variabilités semble nécessaire pour fournir des évaluations exactes à diverses échelles d'espace et pour des pas de temps de la journée à l'année. Cependant, les amplitudes de ces variabilités en fonction du système de production, du climat, etc. ne sont pas encore connues. Associer une incertitude à une mesure avant son usage n'est pas trivial. Cela peut être impossible si les amplitudes de variation ne sont pas connues avec suffisamment d'exactitude. Par exemple, une mesure horaire dans un bâtiment d'élevage peut être employée pour caractériser exactement la différence entre deux systèmes de gestion avec les mêmes animaux, le même climat, etc. Mais cette différence peut devenir incertaine sur une base annuelle si une partie significative de l'émission annuelle s'est produite pendant l'enlèvement d'effluent, ou si la période où les animaux sont présents dans le bâtiment a une durée très différente entre les deux systèmes, ou encore en cas de différences élevées de climat ou de stratégie d'alimentation.

Les spécificités des objectifs de l'utilisation des mesures d'émission sont donc importantes à la fois pour les personnes responsables de la pertinence des mesures qu'ils mettent en place, et pour les personnes qui sont responsables du choix de mesures appropriées dans la bibliographie scientifique ou la littérature grise.

Previous paragraphs showed that system variations, spatial variations and temporal variations of emissions can be expected from livestock production systems. Integrating these variabilities seems necessary to produce accurate estimates at various spatial and temporal scales. However, the ranges of these variabilities as a function of farming system, climate, etc. are not known at present. Associating an uncertainty to a measurement before its use is not trivial. It may not be possible if the ranges of variations are not known with enough accuracy. For example, an hourly measurement in an animal house can be used to characterize accurately the difference between two management systems with the same animals, climate, etc. But this difference can become uncertain on a yearly basis if a large part of the emission occurs during manure removal, or if the time where the animals are present within the house are completely different between both systems, or if there are high difference depending on the climate or on the feeding strategy.

The specification of the objectives of use of the emission measurements are therefore important both for the people who are responsible of the relevance of the measurements they carry on, and for the people who are responsible for the choice of relevant measurements in scientific or gray literature.

Le principal risque technique est un biais dans la méthode d'estimation. Par importance décroissante, les biais peuvent apparaître sur :

- la représentativité de la méthode (perturbation du processus d'émission par le système, cf. techniques de chambre qui suppriment la vitesse d'air à la surface et modifient son évolution au cours du temps ; choix de l'échantillon caractérisé par la mesure) ;
- l'estimation du renouvellement d'air ;
- l'estimation du gradient de concentration intérieur extérieur ;
- lors de la transformation des données (interpolation temporelle, calcul du facteur d'émission, extension à une catégorie d'élevages).

Or certains flux des élevages sont assez bien connus, comme par exemple les flux d'aliments ou la production des animaux (croissance, lait, œufs). Le risque de biais sur le renouvellement d'air peut être diminué en mesurant le gradient de concentration et en calculant l'émission d'un gaz connu (CO₂ émis par la respiration, vapeur d'eau, etc.) ainsi qu'en s'assurant que l'émission ne peut dépasser les quantités entrées dans l'élevage ou au stockage.

Pour éviter un biais, les procédures de contrôle de qualité/assurance qualité devraient non seulement vérifier l'appareillage de mesure avant les expériences, mais vérifier également les résultats des calculs avec des mesures indépendantes. En d'autres termes la qualité des mesures serait mieux appréciée en utilisant simultanément au moins deux méthodes basées sur des principes différents.

The main risk of the measurement technique is a bias in the estimate. With a decreasing importance, the biases can appear on:

- *the representativeness of the method (disturbance of the process of emission by the system, cf chamber techniques that suppress the air speed above the surface and modify its evolution during time; choice of the sample characterized by the measurements);*
- *the estimate of ventilation rate;*
- *the estimate of the concentration gradient inside outside;*
- *data processing (temporal interpolation, calculation of the emission factor, extension to a category of animal farms).*

Yet some fluxes are already well-documented such as feed or animal production (growth, milk, eggs). The risk of bias in ventilation rate can therefore be reduced by measuring the concentration gradient and calculating a known emission (CO₂, water vapor), and by checking whether the emission is less than the inputs of the animal lot or manure stock.

To avoid bias, the QA/QC control procedure should not only check the measuring equipment before the experiments, but also check the results after calculation with independent measurements. In other words measurement quality could be better assessed using simultaneously at least two methods based on contrasted principles.

3.1 Usage réglementaire (regulatory use)

L'Europe, comme d'autres pays dans les différentes régions du monde, s'est engagée dans une politique de réduction de ses émissions d'ammoniac (convention CEE-NU) et de GES (CCNUCC). Le Protocole de Göteborg (1999), relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique, est un des premiers textes internationaux ciblant l'ammoniac dans un objectif de réduction dont l'échéance est fixée à 2010. A l'échelle européenne, la directive 2001/81/CE (2001) – encore appelée directive NEC – fixe les plafonds d'émissions nationaux pour quatre polluants atmosphériques dont l'ammoniac. Le Protocole de Kyoto (1997) fixe des objectifs de réduction des émissions de GES pour 2012 par rapport à 1990.

Cette politique implique :

- la réalisation annuelle d'un inventaire des émissions,
- la recommandation des techniques de traitement de ces émissions, traitement préventif ou curatif,
- l'élaboration et la mise en œuvre de programmes nationaux de réduction.

L'agriculture est un contributeur important des émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre (GES) et participe également aux émissions d'odeurs et de poussières. Les politiques environnementales relatives à la protection de la qualité de l'air sont toutefois difficiles à appliquer au secteur de l'élevage. En effet, les unités d'élevage sont très nombreuses, de capacités variables et réparties de façon hétérogène sur l'ensemble du territoire. De plus, leurs émissions polluantes sont majoritairement diffusées en raison de la conception des sites. Elles proviennent de multiples bâtiments et des effluents qui sont stockés soit à l'air libre de manière éparse sur le site ou les parcelles agricoles, soit dans des structures plus ou moins ouvertes.

Comme la plupart des pays signataires de ces conventions internationales, la France met en œuvre les règles internationales pour le calcul des inventaires d'émission, mais ne s'est pas engagée dans un programme de quantification de ses émissions agricoles. La cause en est que le nombre et la diversité des situations d'élevage nécessite l'usage de méthodologies simplifiées, reconnues par la communauté scientifique et à ce titre utilisables dans le cadre des accords internationaux. Les organismes de R&D (Instituts Techniques et Chambres d'Agriculture) ne disposent pas de telles méthodes. La conséquence en est simple : les objectifs de

Europe, like other countries in the various regions of the world, engaged in a policy of reduction of its emissions of ammonia (convention CEE-NU) and GHG (CCNUCC). Protocole of Gothenburg (1999), related to the reduction of acidification, eutrophication and tropospheric ozone, is one of the first international texts targeting ammonia in a reduction objective whose delay expire in 2010. On a European scale, the directive 2001/81/CE (2001) - still called directive NEC - fixes the national ceilings of emissions for four atmospheric pollutants of which ammonia. Protocole de Kyoto (1997) lays down reduction objectives of the emissions of GHG for 2012 compared to 1990.

This policy implies:

- *the annual realization of an inventory of the emissions,*
- *the recommendation of the techniques of treatment of these emissions, preventive medication or curative,*
- *development and the implementation of national plans of reduction.*

Agriculture is an important contributor of the ammonia and greenhouse gas (GHG) emissions and also contributes to the emissions of odors and dust. The environmental policies relating to the protection of air quality are however difficult to apply to the sector of livestock farming. Indeed, the units of animal farm are very numerous, of variable capacities and heterogeneously distributed in the territory. Moreover, their polluting emissions are mainly diffuse because of the design of the sites. They come from multiple buildings and from effluents that are stored either in more or less covered places on the farm or directly on the plots.

Like most countries which signed these international conventions, France implements the international rules for the calculation of national emission inventories, but did not engage yet in a program of quantification of its agricultural emissions. The cause is that the number and the diversity of the situations of animal farm require the use of simplified methodologies, recognized by the scientific community and therefore usable within the framework of the international agreements. The organizations of R & D (Instituts Techniques and Chambres d' Agriculture) do not have such methods. The consequence is simple: the reduction objectives are small compared to the uncertainty of estimate. For example in

réduction des émissions sont faibles au regard de l'incertitude d'estimation. Par exemple pour la France, le Programme National de Réduction des Émissions de Polluants Atmosphériques prévoit à l'horizon 2010 un besoin de réduire de 10% l'émission nationale d'ammoniac mais avec une incertitude de 80% sur le niveau de l'émission. En conséquence, la principale source fiable de maîtrise des émissions est basée sur la réduction des cheptels, indépendamment des conduites d'élevage. Cette approche réduit la visibilité d'investissement à moyen terme dans les filières de l'élevage et contribue à la dégradation de la situation sociale des filières. Une des réponses à cette situation est de favoriser l'augmentation du nombre d'acteurs économiques intervenant sur ce thème, en France mais également dans tous les pays signataires de ces conventions, dans des conditions reconnues par les autorités.

L'usage réglementaire des mesures d'émissions est soumis à deux contraintes principales : la représentativité des facteurs d'émission (basés sur des mesures les plus représentatives des systèmes réels), la possibilité de mettre à jour annuellement les effectifs animaux dans chaque catégorie d'émission. La mise en place rapide des inventaires nationaux d'émissions polluantes, en s'appuyant sur la littérature scientifique existante, préalablement à la caractérisation des émissions, a conduit dans de nombreux pays à utiliser des informations statistiques mises en place pour d'autres usages que la quantification des émissions gazeuses. Compte tenu de la diversité des élevages, on peut donc s'attendre à ce que les typologies d'élevages utilisées actuellement, soient progressivement transformées à mesure que la connaissance des émissions gazeuses progressera.

Dans l'immédiat la mesure d'émission doit concerner une catégorie d'animaux (par exemple les porcs à l'engrais sur déjections soit sèches, soit liquides) et être exprimée en kg par animal et par an, de façon à pouvoir être agrégée au niveau national. Cette procédure de calcul est inadaptée à la prise en compte d'efforts de réduction déjà réalisés pour un système de production particulier. Par exemple, l'amélioration de l'efficacité de la ferme à travers une meilleure complémentarité entre ateliers de l'élevage, ne rentrent pas dans les catégories d'élevage existantes pour la réduction d'émission.

Ainsi, lorsque de fortes incertitudes subsistent dans les inventaires nationaux, il convient à la fois de multiplier les mesures en élevage et d'améliorer la typologie des élevages vis-à-vis des émissions.

France, the National Plan for Emission Reduction envisages for 2010 the need to reduce by 10% the national emission of ammonia but with an uncertainty of 80% on the level of the emission. Consequently, the principal reliable source of emission control is based on the reduction of the livestock, independently of the management on the animal farms. This approach reduces the visibility of medium-term investment by the companies involved in livestock farming and contributes to the degradation of the social condition in animal farms. One of the answers to this situation is to support an increase in the number of economic actors on this topic, with approved methodologies, in France but also in all the countries which signed these conventions.

The regulatory use of emission measurements is subjected to two principal constraints: the representativeness of the emission factors (based on measurements most representative of the real systems), the possibility of annually updating animal number in each category of emission. The fast installation of the national inventories of polluting emissions, while being based on the existing scientific literature, before the characterization of the emissions, resulted in many countries in using statistical data developed for other uses than the quantification of the gas emissions. Taking into account the diversity of the animal farms, one can thus expect that typologies of animal farms currently used, will be gradually transformed as the knowledge of the gas emissions will progress.

In the immediate future the emission measurements must relate to a category of animals (for example pigs with liquid or solid manure) and be expressed in kg per animal and per year, in order to be able to aggregate them at the national level. This procedure of calculation is not suited to take into account the reduction efforts already carried out within some particular production systems. For example, improving farm efficiency through complementarity between activities within the animal farm, does not correspond to any existing category of animal farming reduction technique.

Thus, when strong uncertainties remain in the national inventories, it is advisable to multiply measurements in animal farms and to improve typology of the animal farms with respect to the emissions.

In France, the methodology of inventory of the

<p>En France, la méthodologie d'inventaire des émissions est basée sur un faible nombre de mesures en élevages. Si les mesures en élevage sont facilitées, cette méthodologie associée à une forte incertitude pourrait être appliquée seulement aux élevages sans mesures d'émissions. Elle pourrait être associée à une autre méthodologie, dédiée aux élevages qui font des efforts de réduction et qui mesurent les résultats de leurs efforts.</p> <p>Des méthodes à bas coûts sont nécessaires pour effectuer un « screening » des émissions d'une catégorie d'élevages assez mal définie. L'identification des facteurs de variation liés aux contextes, aux techniques ou à leur mise en œuvre par l'éleveur facilitera la diminution de la variabilité intra-catégorie. De plus le développement des mesures en élevage favorisera l'adéquation locale entre système de production, contexte pédo-climatique, équipements existants, contexte technique et socio-économique.</p>	<p><i>emissions is based on a low number of measurements in animal farms. If measurements in animal farm are facilitated, this methodology associated with a strong uncertainty could be only applied to the animal farms without emission measurements. It could be associated with another methodology, dedicated to the animal farms which make efforts of reduction and which measure the results of their efforts.</i></p> <p><i>Low-cost methods are necessary to carry out a "screening" of the emissions within a category of animal farms poorly defined. The identification of the factors explaining the variations that depend on the contexts, the techniques or their implementation by the stockbreeder will facilitate the reduction in variability intra-category. Moreover, the development of measurements in animal farms should improve local complementarities between systems of production based on pédo-climatic context, existing equipment, technical and socio-economic context.</i></p>
<p>Contraintes de mesure pour cette catégorie d'usages :</p> <ul style="list-style-type: none"> - représentativité des mesures en ce qui concerne les nombres d'animaux ; le nombre d'élevages observés devrait être suffisamment élevé de sorte que l'ajout de mesures dans de nouvelles fermes ne modifie ni l'écart type ni la valeur moyenne ; - représentativité des mesures par rapport aux conditions commerciales de l'élevage ; - représentativité temporelle des mesures (les résultats devraient être exprimés par an) ; - traçabilité des choix de site et des mesures pour les besoins des procédures de contrôle de qualité/assurance qualité. 	<p><i>Measurement constraints for this category of uses:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>representativeness of the measurements considering the animal numbers ; the number of animal farm observed should be high enough so that increasing the measurements in new farms would not modify neither the mean nor the standard deviation of the value;</i> - <i>representativeness of the measurements considering the commercial conditions;</i> - <i>temporal representativeness of measurements (outputs should be given per year);</i> - <i>traceability of site choice and measurements for QA/QC control procedures.</i>

3.2 Usage normatif (certification) / *normative use (certification)*

Le développement des « Mécanismes de Développement Propre (CDM) » pour réduire les émissions globales de gaz à effet de serre, a mené à l'élaboration de « méthodologies approuvées » pour certifier des réductions d'émissions (<http://cdm.unfccc.int/index.html>). Actuellement, les méthodologies sont basées sur la réduction d'émission de méthane après la transformation du stockage de lisier des lagunes ouvertes en stockage de lisier dans des réservoirs fermés. La réduction des émissions est certifiée par l'enregistrement du volume de lisier transféré au réservoir confiné, et le volume de gaz produit par le réservoir.

Le développement des Meilleures Techniques Disponibles inclut les techniques qui devraient réduire les émissions polluantes. Les méthodes qui pourraient aider à vérifier si les émissions sont réellement réduites après la mise en place de ces techniques seraient également utiles (contrôle des résultats en complément du contrôle des moyens).

The development of "Clean Development Mechanism (CDM)" to reduce global emissions of greenhouse gases, led to the development of "approved methodologies" to certify emission reductions (<http://cdm.unfccc.int/index.html>). However, present methodologies are based on the reduction of methane emission after transforming slurry storage in open lagoons into slurry storage in confined tanks. The emission reduction is certified according to the recording of slurry volume transferred to the confined tank, and gas volume produced by the tank.

The development of Best Available Techniques includes techniques that should reduce polluting emissions. Methods that could help to check whether emissions are in fact reduced would then be useful (control of the results after the control of the means).

L'exemple français de la certification de conformité en agriculture montre qu'une telle certification des émissions est envisageable en élevage. Elle s'appuie sur l'association du contrôle des moyens (cahiers des charges), du contrôle des résultats (par exemple l'analyse des produits en agriculture biologique), et des enregistrements sur l'exploitation. Le caractère incertain et variable des flux en agriculture ne constitue pas un obstacle. Les flux physiques sur une exploitation agricole font d'ores et déjà l'objet de certifications (par exemple, la production de lait). Les méthodes employées tiennent compte des spécificités agricoles : grand nombre d'entreprises et d'intervenants ; grande incertitude sur les flux instantanés diffus (animaux, parcelles, bâtiments) ; pesée des intrants et des produits exportés. La certification passe par l'enregistrement de pratiques, la conservation de documents, l'analyse de produits, coproduits, intrants (boues par exemple) et sols. La certification de pratiques et de résultats influençant les flux « vers l'air » pourrait être organisée de façon similaire à la certification des pratiques et des résultats des flux « vers le sol » qui sont soumis aux mêmes contraintes de caractère diffus des flux et de sensibilité au climat, aux pratiques de l'éleveur et à la variabilité des produits (fumiers, etc.), et dont la caractérisation est de surcroît sensible à la nature du sol éminemment variable à l'intérieur même des « unités de décision technique » que sont les

The french example of the certification of conformity in agriculture shows that such a certification of the emissions is possible in animal farm. It is based on the association of the control of the means (specifications), the control of the results (for example analysis of the products in organic farming), and the recordings on the exploitation. The dubious and variable character of the fluxes in agriculture does not constitute an obstacle. Physical fluxes on a farm are already certified (for example, the milk production). The methods employed take account of agricultural specificities: great number of companies and actors; great uncertainty on the diffuse instantaneous fluxes (animals, plots, buildings); weighing of the inputs and the exported products. Certification uses the recording of practices, the conservation of documents, the analysis of products, byproducts, inputs (sludges for example) and soils. The certification of practices and results influencing the fluxes "towards the air" could be organized in a way similar to certification of the practices and the results of the fluxes "towards the ground" which are subjected to the same constraints of diffuse nature of the fluxes and sensitivity to the climate, the practices of the farmer and the variability of the products (manures, etc), and whose characterization is sensitive to the nature of the eminently variable soil inside even of "units of technical decision" which are the agricultural plots.

<p>parcelles agricoles².</p> <p>Lorsque l'objectif est la certification d'un flux, deux cas se présentent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la <u>certification d'un procédé</u> réducteur d'émission proposé par une entreprise privée ou un organisme public ; - le <u>contrôle en routine</u> sur une ferme qu'un procédé réducteur d'émission conduit bien aux résultats attendus. <p>Dans le premier cas (certification d'un procédé), l'enregistrement a deux contraintes principales : (i) la réduction d'émission doit être connue avec le plus de précision possible, y compris sa variabilité au cours du temps ; (ii) la réduction d'émission observée doit être précisée pour toutes les catégories d'élevages pour lesquelles le procédé est prévu.</p> <p>Contraintes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - choix d'un ou plusieurs sites représentatifs des catégories d'élevage concernées ; - délimitation du système observé incluant toutes les parties de la ferme concernées par la modification technique apportée; - techniques de mesure continues sur une ou plusieurs périodes incluant la variabilité temporelle due au climat, aux animaux, aux actions de l'éleveur ; - incertitude inférieure à la réduction attendue des émissions ; - traçabilité des choix (sites, système observé, périodes d'observation, méthodes de mesure) et des mesures pour une procédure de contrôle de qualité/assurance qualité. <p>Dans le second cas (contrôle de routine des réductions), l'enregistrement de l'émission a trois contraintes principales qui sont différentes de celles des inventaires : (i) le coût doit être aussi bas que possible (des coûts d'équipement, d'informatique, de travail) afin que le surcoût du contrôle soit négligeable pour le consommateur, (ii) la mesure d'émission doit être faite sur la</p>	<p><i>For certification purposes, there are two cases:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>the <u>certification of a process</u> for reduced emissions proposed either by a private company or a public organism;</i> - <i>the <u>regular check-up</u> on a farm, that a process for reduced emissions effectively gives the expected results.</i> <p><i>In the first case (certification of a process), the recording has two principal constraints: (i) the reduction of emission must be known with the most possible precision, including its variability over time; (ii) the emission reduction observed must be specified for all the categories of animal farms for which the process is planned.</i></p> <p><i>Constraints:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>choice of one or more sites representative of the categories of animal farms concerned;</i> - <i>delimitation of the system to be monitored including all the parts of the farm concerned with the technical modifications;</i> - <i>continuous measurement techniques over one or more periods including the temporal variability due to the climate, the animals, the practices of the farmer;</i> - <i>uncertainty lower than the expected reduction of the emissions;</i> - <i>traceability of the choices (sites, system observed, periods of observation, methods of measurement) and of measurements for a QA/QC control procedure.</i> <p><i>In the second case (regular check-up of the reduced emissions), the recording of emission has three main constraints that are different from those of inventories: (i) the cost has to be as low as possible (costs of equipment, data processing, work) so that the extra cost of the control will be negligible for the consumer, (ii) the emission</i></p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

²Pour plus d'informations : http://www.agriculture.gouv.fr/spip/ressources.themes.alimentation.consomption.signesdequalite_r12.html ; http://agriculture.gouv.fr/spip/ressources.themes.alimentation.consomption.signesdequalite.lacertificationdeconformite_r177.html ; <http://www.cepral.com/> ; <http://www.afnor.fr/agroalimentaire/> ; http://www.afnor.fr/agroalimentaire/pdf/Fiche_agriculture_raisonnee.pdf ; http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/certification_iaa.pdf ; la Commission nationale des labels et des certifications (CNLC) ; COFRAC ;

ferme à certifier (et non dans une ferme de même catégorie), (iii) l'incertitude sur la mesure d'émission doit être suffisamment basse pour s'assurer que l'émission est effectivement réduite.

Contraintes :

- coût bas, rapidité des mesures (< une demi-journée) ;
- techniques de mesure semblables quelle que soit la catégorie de l'élevage ;
- incertitude inférieure à la réduction attendue des émissions
- désinfection facile de l'équipement ;
- taille/poids de l'équipement suffisamment faible pour qu'il puisse être manipulé par une ou deux personnes ;
- traçabilité des mesures pour des procédures de contrôle de qualité/assurance qualité.

measurement has to be done on the farm to be certified (and not in a farm representative of a category), (iii) the uncertainty on emission measurement has to be low enough to make sure that the emission is indeed reduced.

Constraints :

- low cost, rapidity of measurements (< half day);*
- similar measurement techniques whatever the category of animal farm;*
- uncertainty lower than expected emission reduction;*
- easy disinfecting of equipment;*
- size/weight of the equipment so that it can be managed by one or two persons;*
- traceability of measurements for QA/QC control procedures.*

3.3 Usage technique pour améliorer le processus de production (*technical use to improve the production processes*)

À mesure que la production animale augmente à l'échelle globale, elle devrait être augmentée sans augmenter son émission globale de polluants. Par conséquent, plus d'efforts devraient être fait pour développer les techniques qui réduisent les émissions de gaz polluants sans transfert de pollution. Comme les éleveurs contrôlent déjà bien la complexité des systèmes animaux et des effluents dans les environnements climatiques, agronomiques, et socio-économiques complexes, l'addition d'une nouvelle contrainte repose seulement sur la mise à leur disposition d'indicateurs qui sont pertinents pour maîtriser les émissions gazeuses. La gestion améliorée des animaux et des effluents considérant les émissions de gaz devrait également améliorer la production d'un sous-produit organique valable au lieu des déchets des animaux.

À cette fin, des mesures d'émission extensives devraient être faites dans divers systèmes, montrant aux éleveurs l'effet d'une technique de gestion des émissions de gaz. Les principales contraintes dans ce cas-ci sont le coût, la simplicité, et la rapidité de la mesure. Le coût et la simplicité sont exigés de sorte que la plupart des techniciens et ingénieurs dans les filières de production animale, qui travaillent pour améliorer des techniques d'élevage, puissent utiliser de telles méthodes. La rapidité est importante parce que les éleveurs devraient voir instantanément le résultat. Beaucoup de mesures peuvent être

As livestock production is increasing at global scale, it should be increased without increasing its global emission. Therefore, more efforts should be done to develop techniques that reduce polluting gas emissions without pollution transfer. As farmer already manage well the complexity of animal and effluent systems in complex climatic, agronomic, and socio-economic environments, the addition of a new constraint only depend on the availability of indicators that are relevant to control gaseous emissions. Improved management of animals and effluents considering the gas emissions should also improve the production of a valuable organic by-product instead of an animal waste.

For this purpose, extensive emission measurements should be done in various systems, showing to the farmers the effect of a management technique of gas emissions. The main constraints in this case are the cost, the simplicity, and the rapidity of the measurement. Cost and simplicity are required so that most technicians and engineers in the livestock industry, who work to improve livestock management, could use such methods. Rapidity is important because the farmers should see instantaneously the result, and many measurements can be done in many different situations, so that the farmers can learn intuitively

<p>faites dans beaucoup de situations différentes, de sorte que les éleveurs puissent apprendre intuitivement comment contrôler leurs émissions de gaz, en se basant sur l'information ils peuvent percevoir quand ils gèrent leur système de production.</p> <p>Contraintes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - coût bas, rapidité des mesures (< une demi-journée), rapidité de calcul d'émission ; - répétitions de sorte que des différences significatives puissent être évaluées ; - simplicité de sorte qu'elle puisse être faite par des techniciens des filières de production animale ; - sensibilité pour des mesures différentielles entre deux systèmes (système témoin et système modifié). 	<p><i>how to manage gas emissions, from the information they can see, or feel, when they manage their farming system.</i></p> <p><i>Constraints :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>low cost, rapidity of measurements (< half day), rapidity of emission calculation;</i> - <i>repetitions so that significant differences can be evaluated;</i> - <i>simplicity so that it can be done by technicians of the livestock industry;</i> - <i>sensitivity for differential measurements between two systems (modified system and control).</i>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3.4 Usage scientifique pour comprendre le déterminisme des émissions (*scientific use to increase knowledge on emission mechanisms*)

<p>L'utilisation scientifique des mesures d'émission exige les méthodes qui sont précises (seuil de détection, sensibilité, biais) aux échelles de temps et d'espace des processus qui sont étudiés. La mesure d'émission peut être employée comme variable explicative ou en tant que variable dépendante. Dans le deuxième cas, elle concerne la plupart des études sur l'émission qui essaient de modeler l'émission ou de trouver des techniques de réduction sur la base d'une meilleure compréhension des mécanismes d'émission. Le premier cas, celui d'une variable de diagnostic, est moins commun à la ferme mais il pourrait se développer, parce que le temps de réponse des émissions aux modifications du système de production est court, par exemple pour améliorer la commande de la ventilation de bâtiment, ou comme indicateur du comportement animal ou de l'évolution de la litière.</p> <p>Les mesures d'émissions à des fins scientifiques peuvent être réalisées en conditions contrôlées ou en conditions commerciales. La difficulté principale des mesures d'émission dans les conditions commerciales est la reproductibilité des mesures. Par conséquent, la description du système devrait être aussi complète que possible (des caractéristiques des animaux, de l'alimentation, du bâtiment, du climat, de l'équipement, des opérations d'éleveurs, etc.). La contrainte principale des mesures d'émission en conditions contrôlées est la représentativité de l'expérience par rapport à des conditions commerciales. Les répétitions des deux types</p>	<p><i>The scientific use of emission measurements requires to choose methods that are accurate (detection level, sensitivity, bias) at the time and spatial scale of the processes that are studied. The emission measurement can be used either as independent or as dependent variable. In the second case, it concerns most studies on emission that try to model emission or to find reduction techniques on the basis of a better understanding of the emission mechanisms. The first case, of a variable for diagnosis, is less common on the farm but it could develop, because the response time of emissions to modifications of the farming system is short, e.g. to improve control of house ventilation, or as an indicator of animal behavior or evolution of the bedding.</i></p> <p><i>Emission measurements for scientific purposes are made either in controlled or in commercial conditions. The main difficulty of emission measurements when they are made in commercial conditions is the reproducibility of the measurements. Therefore, the description of the system should be as complete as possible (characteristics of animals, feed, building, climate, equipment, farmer operations, etc.). The main constraint of emission measurements, when they are made in controlled conditions, is the representativeness of the experiment regarding commercial conditions. Repetitions of both types of experiments are therefore necessary to develop</i></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

d'expériences sont donc nécessaires pour développer la connaissance qui s'appliquera à une diversité large des systèmes animaux.

Contraintes :

- méthodes d'observation continues ou discrètes ;
- diversité des méthodes pour différentes échelles spatiales (de l'échantillon d'effluent au niveau de la ferme) ;
- vérification de la reproductibilité des mesures et de la représentativité des conditions commerciales ;
- traçabilité des choix de site et des mesures pour les procédures de contrôle de qualité/assurance qualité.

knowledge that will be applicable to a wide diversity of animal systems.

Constraints :

- *either continuous or intermittent observation methods;*
- *diversity of methods for various spatial scales (from manure sample to farm level);*
- *checking reproducibility of measurements and representativeness of commercial conditions;*
- *traceability of site choice and measurements for QA/QC control procedures.*

3.5 Usage éducatif des mesures émissions (*educational use of emission measurements*)

Comme le recyclage, l'efficacité des intrants et la réduction des déchets deviendront de plus en plus importants, un nombre croissant de familles mettra en place sa propre gestion des effluents organiques., individuelle ou dans un cadre collectif. Les familles auront à gérer les produits organiques et réduiront leur masse et amélioreront leur stabilité. L'éducation devrait les informer sur les émissions potentiellement polluantes ou nocives. Des mesures d'émission simples, caractérisant la variabilité qui peut être observée dans les systèmes de recyclage organiques communs, pourraient avoir une importance croissante dans les programmes éducatifs.

Contraintes :

- applicable aux systèmes les plus simples et les plus représentatifs ;
- associée à la quantification de la réduction de masse ;
- expliquée dans le cas des diverses espèces de gaz (composés formés de C, H, O, N).

As recycling, nutrient efficiency, waste reduction will become more and more important, a growing number of families will carry on their own management of organic wastes, individually or within a social group. They will manage organic products and achieve mass reduction and organic stabilization. Education should make them aware on the potential to harmful emissions. Therefore simple emission measurements characterizing the variability that can be observed in common organic recycling systems, could have a growing importance in educational programs.

Constraints :

- *applicable to the most simple and representative systems*
- *related to the quantification of the mass reduction*
- *explain it with the various gas species (compounds based on C,H,O,N).*

4 Différentes techniques de mesure des émissions (*various techniques of emission measurements*)

4.1 Spécificité des approches requises pour les émissions des élevages (*specific approaches needed for livestock emissions*)

Une approche métrologique spécifique doit être mise en œuvre dans le secteur agricole. Certaines informations caractéristiques du système ne sont ni quantifiables ni qualifiables avec précision, d'où une limite supérieure à la précision de la connaissance des émissions. C'est le cas, par exemple, du paillage des animaux ou de la production d'herbe ingérée par des ruminants au pâturage, pour lesquels on ne peut définir avec précision les quantités mises en œuvre, les teneurs en matière sèche ou la répartition des éléments (C, N, P, K, etc.). C'est également le cas du climat local (températures, vent, pluie peuvent montrer de fortes variations sur de courtes distances), des dates, heures et réglages lors d'intervention des éleveurs. C'est enfin le cas des concentrations en gaz et poussières, qui ne peuvent être enregistrées en continu par les techniques actuelles, simultanément pour tous les polluants agricoles et poussières dans tous les lieux d'émission de tous les élevages.

En revanche, la croissance des animaux et l'évolution irréversible des effluents, contraignent fortement le système. Elles permettent d'améliorer la connaissance des flux en s'appuyant sur des informations de natures variées qui doivent nécessairement concorder. Il en résulte une limite inférieure à la précision de la connaissance des émissions. C'est pourquoi il paraît à la fois utile et réaliste de s'engager dans le développement de références métrologiques internationales pour la quantification des émissions gazeuses de l'élevage en bâtiment et du stockage des effluents. Ces références peuvent aider à apporter une information complémentaire aux règles de calcul des inventaires d'émission.

Si la littérature concernant les méthodes de quantification des émissions gazeuses est abondante, la connaissance de ces émissions gazeuses est loin de représenter la diversité des élevages de part le monde. C'est pourquoi les

A specific metrological approach must be implemented in the agricultural sector. Certain characteristics of the system are neither quantifiable nor qualifiable with precision. It results an upper limit of the precision for the knowledge of emissions. It is the case, for example, for animal bedding or for the grass ingestion by ruminants on a pasture, for which one cannot define with precision the quantities, the dry matter content or the element content (C, N, P, K, etc). It is also the case for the local climate in its local specificity (temperatures, wind, rain can show high variations at short distances), of the dates, hours and adjustments when the farmers manage the system. It is finally the case of the gas and dust concentrations, which cannot be recorded uninterruptedly by the current techniques, simultaneously for all agricultural pollutants and dust in all the places of emission of all the animal farms.

On the other hand, the growth of the animals and the irreversible evolution of manure, strongly force the system. Thus they make it possible to improve knowledge on the fluxes while being based on information of varied nature which must necessarily agree. It results in a lower limit of the precision for the knowledge of emissions. This is why it appears useful and realistic to engage in the development of international metrological references for the quantification of the gas emissions from animal houses and storage of manure. These references can help to provide complementary information to the rules for the calculation of emission inventories.

If the literature concerning the methods of quantification of the gas emissions is abundant, the knowledge of these gas emissions is far from representing the diversity of the animal farms of around the world. This is why the emission inventories are computed with a strong uncertainty with regard to the emissions of the animal farms. The research laboratories do not have the role of certifying the reality of the

inventaires d'émission sont assortis d'une forte incertitude en ce qui concerne les émissions des élevages. Les laboratoires de recherche n'ont pas pour mission de certifier la réalité des réductions d'émission, en conditions commerciales, pour tous les élevages et tous les procédés de réduction. A l'incertitude sur la connaissance des émissions s'ajoutent donc des doutes sur les possibilités réelles de certifier des réductions d'émission. Ces doutes résultent des incertitudes liées à l'efficacité d'une technique donnée selon l'élevage où elle est appliquée et les modalités de mise en œuvre. Ces incertitudes pourraient être en partie levées par le développement de procédures de référence pour la mesure des émissions, et l'amélioration des procédures à intervalles réguliers, dans le cadre de la normalisation.

emission reductions, in commercial conditions, for all the animal farms and all the processes of reduction. Thus, doubts about the real possibilities to certify emission reductions are added to the uncertainty on the knowledge of emissions. These doubts take into account the uncertainties related to a given technique depending on the animal farm where it is applied and the detailed practices of management. These uncertainties could be partly removed by the development of reference procedures for the measurement of the emissions, and the improvement of these procedures with regular intervals, within the framework of standardization

Dans tous les cas les méthodes pourront être différenciées d'une part par le nombre et la diversité des mesures effectuées, d'autre part par la durée et la continuité de la période de mesure.

In any case, the methods can be distinguished by the number and the diversity of measurements, the duration and continuity of the measuring period.

4.2 Méthodes utilisées en bâtiments d'élevage (Methods already in use for animal houses)

Les éléments ci-dessus montrent deux catégories de bâtiments d'élevage très différentes. D'un côté les bâtiments d'élevage avec ventilation naturelle, de l'autre ceux avec la ventilation mécanique. Les grandes différences dans la ventilation donnent des conditions très différentes pour le choix des techniques de mesure qui peuvent être employées. Pour les logements avec ventilation mécanique on peut employer la technique simple de la chambre dynamique tandis que pour les bâtiments avec ventilation naturelle on peut employer des méthodes micrométéorologiques ou des technologies de traceur. La plupart du temps les concentrations des gaz émis par les bâtiments d'élevage sont élevées et une large variété d'instruments de mesure peut être employée. Toutes les techniques devraient donner des résultats similaires une fois appliquées ensemble et elles devraient donner des résultats cohérents avec les principes de base de conservation de la masse et de l'énergie. Cependant, l'usage des techniques peut devenir difficile quand les animaux ont un accès extérieur, et quand ils peuvent boire et manger à l'extérieur du bâtiment, tout en déféquant à l'intérieur (cas des vaches laitières au pâturage qui sont dans le bâtiment durant la nuit). Une autre limite apparaît dans de grands bâtiments, quand une concentration en

From above one can extract that for animal housing there are two completely different environments. One animal houses with natural ventilation and one with forced ventilation. The large differences in air flow dynamics in the two systems are giving very different conditions for on the measuring techniques that can be used. For the housing with forced ventilation one may use the simple dynamic chamber technique whereas for housing with natural ventilation one may use either complex micrometeorological methods or tracer technologies. Mostly concentrations of gases emitted from the animal houses are relatively high and a wide variety of instruments for measuring gas emission may be used. All techniques should give similar results when applied together and they should give results conform to the basic principles of mass and energy conservation. However, the application of the techniques can become difficult when the animals have outdoor access, and when they can drink and eat outside the building, while defecating inside (case of grazing dairy cows that are in the building overnight). Another limit appears in large buildings, when a heterogeneous gas concentration can be explained by more air ventilation, less gas emission, or progressive gas enrichment when the air moves inside the

<p>gaz hétérogène peut être expliquée soit par plus de ventilation d'air, soit par moins d'émission de gaz, soit par l'enrichissement en gaz progressif quand l'air se déplace à l'intérieur du bâtiment.</p>	<p><i>building.</i></p>
<p>Pour les bâtiments d'élevage, le premier projet européen s'intéressant à l'émission de polluants s'est conclu par de nombreuses publications (Demmers et al., 1998 ; Wathes et al., 1998). Depuis les années 1990, les laboratoires concernés ont poursuivi leur activité de développement de méthodes de mesure et d'acquisition de références d'émission (Bouwman et al., 1997 ; Phillips et al., 2000 ; Phillips et al., 2001 ; Scholtens et al., 2004 ; Dore et al., 2004 ; Mosquera et al., 2005). Il ressort de ces travaux que, dans le cas des bâtiments en ventilation dynamique, la méthode la plus fiable de mesure du renouvellement d'air est l'usage d'un anémomètre placé à l'aspiration du ventilateur dans la gaine d'extraction ("fan-wheel anemometers"), tandis que dans le cas des bâtiments en ventilation naturelle, l'usage du traçage au SF₆ est recommandé (Demmers et al., 2000, 2001 ; Snell et al., 2003). Le choix des appareils de mesure des concentrations en gaz est également discuté (Phillips et al., 2001 ; Sommer et al., 2004). Ces méthodes de mesure en continu des émissions sont adaptées à la compréhension des mécanismes et à la comparaison de technologies développées pour réduire les émissions. Elles sont en revanche trop coûteuses pour être mises en œuvre sur un grand nombre de bâtiments. C'est pourquoi, des travaux ont été conduits visant à mettre au point des capteurs (Flint et al., 2000 ; Scholtens et al., 2003) ou des méthodologies simplifiées (Vranken et al., 2004 ; Pedersen et al., 1998 ; Li et al., 2000, 2001) pour la mesure des émissions d'ammoniac. Les méthodes présentées ci-dessus ont été pour partie appliquées en France dans le cas des élevages bovins (Dollé, 1998), porcins (Guingand et al., 1997 ; Guingand, 2000 ; Guingand et Granier, 2001 ; Ramonet et Robin, 2002 ; Hassouna et al., 2004 ; Robin et al., 2004) et avicoles (Guiziou et al., 2005) en s'appuyant essentiellement sur des mesures continues.</p> <p>En complément des techniques classiques, pour l'évaluation des émissions liées aux bâtiments, on recense également des méthodes indirectes permettant d'estimer les émissions à distance des sources. Dans ce dernier cas, les mesures de concentrations dans l'environnement associées à des modèles de dispersion (Gaussien, Lagrangien, Eulérien) permettent d'estimer les flux émis par une source isolée ou plusieurs</p>	<p><i>For the animal housings, the first European project concerned with pollutant emissions was concluded by many publications (Demmers et al., 1998; Wathes et al., 1998). Since the years 1990, the laboratories concerned continued the development of methods of measurement as well as the acquisition of references of emission (Bouwman et al., 1997; Philips et al., 2000; Philips et al., 2001; Scholtens et al., 2004; Gild et al., 2004; Mosquera et al., 2005). It comes out from this work that, in the case of the houses with dynamic ventilation, the most reliable method of measurement of ventilation rate is the use of an anemometer placed at the aspiration of the ventilator in the sheath of extraction ("fan-wheel anemometers"), while in the case of the houses with natural ventilation, the use of the tracing with the SF₆ is recommended (Demmers et al., 2000,2001; Snell et al., 2003). The choice of the measuring apparatus of the gas concentrations is also discussed (Philips et al., 2001; Sommer et al., 2004). These methods for continuous measurement of the emissions are adapted to the understanding of the mechanisms and to the comparison of technologies developed to reduce the emissions. But they are too expensive to be implemented on a great number of houses. This is why, projects were funded aiming at developing sensors (Flint et al., 2000; Scholtens et al., 2003) or simplified methodologies (Vranken et al., 2004; Pedersen et al., 1998; Li et al., 2000, 2001) for the measurement of ammonia emissions. Some of the methods presented above were applied in France in the case of the cattle farms (Dollé, 1998), swine farms (Guingand et al., 1997; Guingand, 2000; Guingand and Granier, 2001; Ramonet and Robin, 2002; Hassouna et al., 2004; Robin et al., 2004) and poultry (Guiziou et al., 2005) while being based primarily on continuous measurements.</i></p> <p><i>In complement of the traditional techniques, for the evaluation of the emissions related to the houses, there are also indirect methods allowing to measure the emissions remote from the sources. In this last case, measurements of concentrations in the environment associated with dispersion models (Gaussien, Lagrangien, Eulérien) make it possible to consider the fluxes emitted by an isolated source or several close</i></p>

sources proches. Le choix du modèle en fonction notamment du vent, de la topographie du site ou de la distance séparant les sources et la mesure est fondamental. Dans cette approche souvent nommée « modélisation inverse » le modèle de dispersion atmosphérique est utilisé pour calculer les coefficients de dispersion. Ceux-ci associés à la mesure de concentrations dans l'environnement proche du bâtiment permettent grâce à un traitement statistique adapté (régression linéaire multiple) de calculer les émissions des sources étudiées. Cette méthode impose donc des mesures en continu pour permettre de générer des populations de données autorisant une analyse statistique. Ce suivi en continu permet par ailleurs de déterminer les facteurs influant sur l'émission des sources et de tenir compte de différentes conditions climatiques.

sources. The choice of the parameters according to the wind, the topography of the site or the distance separating the sources and the measurement place is fundamental. In this so-called approach "reverse modeling" the atmospheric model of dispersion is used to calculate the dispersion coefficients. These coefficients, associated with the measurement of concentrations close to the animal house, allow thanks to a statistical treatment (multiple linear regression) to calculate the emissions of the studied sources. This method thus needs continuous measurements to make it possible to generate populations of data authorizing a statistical analysis. This continuous monitoring also makes it possible to determine the factors influencing the emission of the sources and to take account of various climatic conditions.

4.3 Méthodes utilisées au stockage d'effluents (*Methods already in use for manure stores*)

Pour les stockages d'effluents on doit utiliser des mesures basées sur des techniques micrométéorologiques ou sur des technologies de traceur si l'on veut caractériser l'émission de tout le stockage. Ainsi, les méthodes qui peuvent être employées pour les mesures exigent souvent des instruments chers et une bonne connaissance de la météorologie. Elles sont habituellement très laborieuses. De plus, des stockages d'effluents sont souvent placés près d'autres sources de gaz qui donnent un bruit de fond élevé pour le gaz étudié. Ceci est un problème qui doit souvent être surmonté en choisissant la méthode employée pour déterminer l'émission de gaz d'un stockage d'effluents.

Certaines méthodes ont été très employées pour les stockages d'effluents, tel que les chambres statiques ou dynamiques. Elles ne quantifient l'émission que sur une petite portion du stockage et peuvent perturber les conditions d'émission (vent plus faible). Mais elles peuvent être installées simultanément sur plusieurs stockages sur le même site expérimental. Elles peuvent également être employées dans le bâtiment d'élevage pour identifier la contribution spécifique de l'effluent.

For manure stores the environment forces the use of measuring technologies that are based on micrometeorological technologies or eventually tracer technologies, if the objective is to measure the emission of the complete store. Thus, the methods that can be used for the measurements are often demanding expensive instruments and a good knowledge of meteorology. They usually are very laborious. Further, manure stores are often placed near other sources of gases which give a high background concentration of the gas that is studied. This is a problem that often has to be overcome when choosing the method used to determine gas emission from a manure store.

Some methods have been widely used for manure stores, such as static or dynamic chambers. They measure only a small portion of the area and can disturb the emitting conditions (less wind). But they can be put simultaneously on various stores to compare treatments on the same experimental site. They can also be used within the animal house to identify the specific contribution of the manure.

Ces deux techniques (enceintes/chambres ; techniques micro-météorologiques) nécessitent l'analyse des concentrations en gaz et la mesure des flux d'air ou de la vitesse du vent. Selon le type de déjection, les enceintes/chambres sont

These two techniques (enclosures/chambers ; micrometeorological techniques) require the analysis of the gas concentrations and the measurement of air flux or the speed of the wind. According to the type of dejection, the

placées à la surface du stockage de déjections liquides (lisier) ou recouvrent le tas de déjections solides (fumier). En fonction des concentrations des gaz émis et des méthodes d'analyse associées, les enceintes sont (i) totalement hermétiques à l'atmosphère (enceintes statiques) afin d'augmenter les concentrations (ii) ouvertes sur deux extrémités (enceintes dynamiques, wind tunnel) permettant une ventilation (forcée) afin de rétablir des vitesses de vent au-dessus de la surface émettrice proches des conditions réelles. Les dimensions des enceintes sont établies en fonction de la surface émettrice à étudier et des contraintes techniques rencontrées sur les sites de mesures. Les grandes enceintes permettent d'intégrer aux mesures la variabilité spatiale des émissions et ainsi de réduire le nombre d'essais par rapport à des enceintes plus petites. Les enceintes statiques ont été utilisées pour la mesure des gaz à effet de serre (N_2O , CH_4 et CO_2) lors du compostage de déjections solides (Amon et al., 1998 ; Sommer et Møller, 2000 ; Hellebrand, 2001 ; Hao et al., 2001) mais les enceintes dynamiques ou les wind tunnel sont le plus souvent utilisés (Husted, 1994, Sommer et al., 1999 ; Dolle, 2000 ; Aneja et al., 2001 ; Guingand et al., 2002 ; Külling et al., 2003 ; Loyon et al., 2004). Les techniques micro-météorologiques associent l'analyse des concentrations atmosphériques des gaz et la mesure de paramètres météorologiques (profils de vent, température et humidité, rayonnement).

Les techniques micro-météorologiques permettent d'estimer les flux gazeux au stockage sans perturber, ni les conditions climatiques, ni les conditions d'émission des gaz en prenant en compte l'hétérogénéité du site et des sources polluantes. Néanmoins, la mise en œuvre de ces techniques est plus contraignante et leur précision est soumise aux conditions météorologiques. Pour le stockage, les travaux disponibles associent les techniques micro-météorologiques à la méthode du gaz traceur, généralement du SF_6 (Dore et al., 2004 ; Béline et al., 2004 ; Sneath et al., 2004) au bilan massique par intégration horizontale du flux (IHF) (Sommer, 1997 ; Khan et al., 1997 ; Brown et al., 2002 ; Rhode et al., 2002 ; Sharpe et al., 2002 ; Sommer et al., 2004). L'analyse des concentrations en NH_3 est réalisée suivant des techniques d'absorption par une solution acide (système de tube de diffusion ou de piège), d'analyse par spectroscopie infrarouge [à Transformée de Fourier (FTIR), différentielle par absorption optique (DOAS)] ou par chimiluminescence. Pour les gaz à effet de serre (CH_4 , CO_2 , N_2O) l'analyse se fait essentiellement par chromatographie gazeuse ou par

enclosures/chambers are placed on the surface of the storage of liquid dejections (slurry) or recover the solid heap of dejections (solid manure). According to the concentrations of the produced gas and associated methods of analysis, the enclosures are either (I) completely hermetic with the atmosphere (static enclosures) in order to increase the concentrations, or (II) open out of two ends (pregnant dynamic, wind tunnel) allowing a ventilation (forced) in order to restore speeds of wind above transmitting surface close relations of the real conditions. Dimensions of the enclosures are established according to emitting surface to the technical constraints met on the sites of measurements. The large enclosures make it possible to integrate into measurements the space variability of the emissions and thus to reduce the number of tests compared to smaller enclosures. The static enclosures were used for the measurement of greenhouse gases (N_2O , CH_4 and CO_2) during the composting of solid manure (Amon et al., 1998 ; Sommer et Møller, 2000 ; Hellebrand, 2001 ; Hao et al., 2001) but the dynamic enclosures or the wind tunnel are generally used (Husted, 1994, Sommer et al., 1999 ; Dolle, 2000 ; Aneja et al., 2001 ; Guingand et al., 2002 ; Külling et al., 2003 ; Loyon et al., 2004). The micrometeorological techniques associate the analysis of the atmospheric concentrations and the measurement of weather parameters (profiles of wind, temperature and moisture, radiation).

The micrometeorological techniques make it possible to consider the fluxes from storage without disturbing, neither the climatic conditions, nor the conditions of emission of gases by taking into account the heterogeneity of the site and of the polluting sources. Nevertheless, the implementation of these techniques is more constraining and their accuracy is subjected to the weather conditions. For storage, work available associates the micrometeorological techniques with the method of tracer gas, generally of SF_6 (Dore et al., 2004 ; Béline et al., 2004 ; Sneath et al., 2004) with the mass budget by integrated horizontal flux (IHF) (Sommer, 1997 ; Khan et al., 1997 ; Brown et al., 2002 ; Rhode et al., 2002 ; Sharpe et al., 2002 ; Sommer et al., 2004). The analysis of the NH_3 concentrations is carried out according to techniques of absorption by an acid solution (system of diffusion tube or trap), infra-red spectroscopy [with Fourier Transform (FTIR), or differential optical absorption (DOAS)] or by chemiluminescence. For greenhouse gases (CH_4 , CO_2 , N_2O) the analysis is done primarily by gas chromatography or infra-red absorption spectroscopy. The infra-red spectroscopy has the

spectroscopie d'absorption infrarouge. La spectroscopie infrarouge a l'avantage de pouvoir détecter simultanément l'ammoniac et les gaz à effet de serre. Phillips et al. (2001) ont synthétisé les différentes méthodes d'analyses existantes en précisant les gammes de mesures et les incertitudes associées. Cependant, les différents travaux de recherche indiquent très rarement les incertitudes de mesure lors de la mise en œuvre des techniques de prélèvement et d'analyse en conditions réelles. La précision des méthodes de prélèvement et d'analyse des concentrations dépend des conditions d'utilisation et pour certaines des conditions climatiques. Finalement, la comparaison à un défaut de bilan de masse observé sur le stock d'effluent est rarement effectuée.

Aussi, il est souvent difficile de comparer les résultats de la littérature pour analyser l'influence de la composition des déjections, des conditions climatiques, du mode de stockage, et des pratiques de l'éleveur. A titre d'exemple, les taux d'émission de l'ammoniac au cours du stockage de lisier de porc varie de 1,8 à 12 gN-NH₃.m⁻².j⁻¹ (De Bode, 1991; Sommer et al., 1993; Guingand, 2002; ...) tandis que ceux du méthane varient de 0,4 à 36 gC-CH₄.m⁻³.j⁻¹ (Husted, 1994, Zeeman, 1994, Safley et Westerman, 1988, Martinez et al., 2003). Dans ces résultats, il est difficile de différencier la part de variabilité de ces résultats due aux différentes méthodes de prélèvement/analyse utilisées, de celle due à la composition des déjections ou aux conditions de stockage ou climatiques. Il existe très peu d'inter-comparaison des méthodes de prélèvement/analyse appliquées au stockage. Par ailleurs les émissions sont potentiellement faibles et davantage soumises aux aléas climatiques que dans le cas des bâtiments.

C'est pourquoi nous privilégierons lors de la phase expérimentale pour le stockage, la comparaison des méthodes évaluées à une émission connue par le bilan de masse et le positionnement d'une fosse dans une serre ventilée.

advantage of being able simultaneously to detect ammonia and greenhouse gases. Phillips et al. (2001) synthesized the various existing methods of analysis by specifying the ranges of measurements and uncertainties associated. However, the various research tasks very seldom indicate uncertainties of measurement at the time of the implementation of the techniques of sampling and analysis in real conditions. The precision of the sampling methods and concentrations analysis depends on the conditions of use and, in some cases, on the climatic conditions. Finally, the comparison with a mass balance deficit observed on the manure stock is seldom carried out.

Thus, it is often difficult to compare the results of the literature to analyse the influence of the composition of the dejections, the climatic conditions, the mode of storage, and the management practices. For example, the rates of ammonia emissions during the storage of pig slurry vary from 1,8 to 12 gN-NH₃.m⁻².j⁻¹ (De Bode, 1991; Sommer et al., 1993; Guingand, 2002; ...) while those of methane vary from 0,4 to 36 gC-CH₄.m⁻³.j⁻¹ (Husted, 1994, Zeeman, 1994, Safley and Westerman, 1988, Martinez et al., 2003). In these results, it is difficult to differentiate the part of variability due to the various methods of sampling /analyzes, from the part due to the composition of the dejections or the conditions of storage or the climate. There exists very little intercomparison of methods of sampling/analyzes applied to storage. In addition the emissions are potentially weaker and more subjected to climatic variability than in the case of the houses.

This is why, for the experimental phase of storage in the present project, the measuring methods will be compared to the mass balance as reference, and all an experimental tank will be placed in a ventilated greenhouse.

4.4 Mesure directe de la ventilation (*direct ventilation measurement*)

L'émission (F) du bâtiment d'élevage est calculée à partir de :

Emission (F) from the animal house is calculated from:

$$F = (NH_{3,o} - NH_{3,i})v$$

où $NH_{3,o}$ et $NH_{3,i}$ sont les concentrations en NH_3 moyennes dans la sortie et l'entrée d'air, respectivement, et v est le volume d'air traversant le bâtiment au cours de la période de prélèvement. L'exactitude des méthodes dépend de la stabilité de la ventilation, de la variabilité spatiale du NH_3 et des gradients de concentration quand il y a plusieurs entrées et sorties d'air différentes, des différences de température, humidité et pression d'air entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment qui modifient la densité de l'air et affectent la différence entre débit massique d'air entrant et sortant.

Cette méthode est employée couramment dans la production porcine parce qu'il y a habituellement seulement une ou deux sorties d'air par pièce, et elles peuvent être équipées de ventilateurs avec hélice débitométrique.

Résumé :

- continue ou ponctuelle ;
- incertitude faible si les températures, humidité et pression de l'air sont mesurées et si l'on peut vérifier l'égalité des débits d'entrée et de sortie d'air et que leur variabilité spatiale de concentration est faible.

where $NH_{3,o}$ and $NH_{3,i}$ are the mean NH_3 concentrations in the outlet and inlet air, respectively, and v is the volume of air flowing through the building over the sampling period. The accuracy of the methods depends on the stability of the ventilation, on the spatial variability of NH_3 and the concentration gradients when there are many different inlets or outlets, and on the differences of temperature, moisture and pressure of air between the inside and the outside of the house which modify the density of the air and affect the difference between the mass ventilation entering or outgoing the house.

This method is widely used in pig production because there is usually only one or two outlets per room, and they can be equipped with fan-wheel anemometers.

Summary:

- continuous or intermittent;
- low uncertainty provided the temperatures, air moisture and pressure are observed, and it is possible to check that the ventilation rate at the air inlet and at the air outlet are equal, and the spatial variability of the gas concentration is low in both the inlet and the outlet.

4.5 Mesure indirecte de la ventilation (*indirect ventilation measurement*)

4.5.1 Bilan de masse (mass balance)

C'est une méthode peu coûteuse et robuste développée pour réduire le risque d'un biais dans l'évaluation de ventilation. Elle est basée sur la connaissance de la perte de carbone par le système. Les concentrations en NH_3 et en CO_2 sont mesurées à l'intérieur de la salle et à l'extérieur. Puis le rapport des gradients de concentration est multiplié par la perte de carbone pour déduire l'émission d'ammoniac. On fait de même est fait pour l'eau pour estimer l'incertitude du résultat.

Résumé :

- discret
- incertitude faible si l'effluent est bien connu et si les rapports entre gradients de concentration varient peu, haut si la composition en effluent est

This is a low-cost and robust method developed to reduce the risk of a bias in ventilation estimate. It is based on the knowledge of carbon loss by the system. The concentrations of NH_3 and CO_2 are measured inside the room and outside. Then the ratio of the concentration gradients is multiplied by the carbon loss to deduce the ammonia emission. Same is done for the water to estimate the uncertainty of the result.

Summary:

- discrete
- uncertainty low if manure is well known and if the ratio of the concentration gradients are stable, high if manure composition is variable or if concentration gradients vary strongly during the

variable ou si les gradients de concentration varient fortement au cours de la période d'élevage	<i>rearing period</i>
- coût bas	- <i>low cost</i>
- rapidité si les données d'élevage sont déjà enregistrées	- <i>rapidity provided the farm data are already registered</i>

4.5.2 Production de chaleur (heat production)

<p>Les gradients de température et d'humidité de l'air peuvent être employés pour calculer le taux de ventilation du bâtiment car les animaux produisent de la chaleur latente et de la chaleur sensible. Trois évaluations du taux de ventilation peuvent être déduites si les sources d'énergie non animales sont connues ou négligeables : la chaleur totale, la chaleur sensible, la chaleur latente. Quand les trois évaluations convergent, le taux de ventilation peut être considéré comme fiable.</p> <p>Cependant, la plupart des connaissances sur les productions de chaleur concerne les productions animales des pays d'Europe ou d'Amérique du nord. Par conséquent, quand le métabolisme animal est différent de celui de ces animaux (taux de croissance, poids adulte, etc.) alors, les modèles de production de chaleur et de production CO₂ ne seront pas précis.</p> <p>Résumé :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ponctuel ou continu (évaluations horaires) - incertitude faible si les productions de chaleur sont bien connues, forte sinon (par exemple productions de chaleur de l'effluent ou variations dues à l'activité des animaux fortes et non prises en compte) - coût bas - possibilité de contrôles intermédiaires lors du calcul 	<p><i>As the animals produce latent and sensible heat, the gradient of temperature and humidity can be used to calculate the ventilation rate of the house. Three estimates of ventilation rate can be deduced provided all not animal energy sources are known or negligible: total heat, sensible heat, latent heat. When all three estimates give similar results, the ventilation rate can be considered as reliable</i></p> <p>.</p> <p><i>Now, most heat production knowledge concerns animal productions in northern European countries and northern America. Therefore, when the animal metabolism is different from those animals (growth rate, adult weight, etc.) then, the heat production models and the CO₂ production will not be accurate.</i></p> <p><i>Summary:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>discrete or continuous (hourly estimates)</i> - <i>uncertainty low if heat productions are well known, high in the other cases (for example if the manure heat productions are not known or if the variations due to animal activity are high and can not be taken into account)</i> - <i>low cost</i> - <i>possibility to introduce intermediate checkings in the calculation process</i>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4.5.3 Utilisation d'un gaz traceur (release of a tracing gas)

<p>Il s'agit d'une méthode coûteuse en temps et en consommables. Lorsque du SF₆ est utilisé, il faut considérer que c'est un gaz à fort pouvoir réchauffant. Son utilisation doit par conséquent être strictement limitée aux cas où l'usage du traceur est nécessaire. Dans l'hypothèse extrême où six systèmes de mesure en continu par traçage seraient utilisés en permanence en France (trois dispositifs par les Instituts Techniques, un par les Chambres d'Agriculture, un par le CEMAGREF et un par l'INRA), l'impact</p>	<p><i>It is an expensive method, time and consumable consuming. When SF₆ is used, it should be added that it is a gas with a very high global warming potential. Its use must consequently be strictly limited to the cases where the use of the tracer is necessary. On the extreme assumption where six systems of continuous measurement with tracing gas would be used permanently in France (three devices by the Instituts Techniques, one by Chambres d' Agriculture, one by the CEMAGREF and one by the INRA), the polluting impact would</i></p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

polluant resterait négligeable par rapport à l'incertitude d'estimation de l'émission de N₂O par les bâtiments d'élevage en France. C'est pourquoi nous continuons à privilégier cette technique pour l'instant, en raison de sa fiabilité dans les bâtiments en ventilation naturelle. Il est probable que dans quelques années l'usage du SF₆ devienne superflu en raison du développement d'autres traceurs ou d'autres méthodes plus performantes.

L'équation de calcul du débit d'air par traçage est la suivante :

remain negligible compared to the uncertainty of the estimate of the emission of N₂O by the animal housings in France. This is why we continue to privilege this technique for the moment, because of its reliability in naturally ventilated buildings. It is probable that in a few years the use of the SF₆ becomes superfluous because of the development of other tracers or other more powerful methods.

The equation of calculation of the ventilation with a tracing is the following one:

$$Q_{air, trac}(t_n) = \left(\frac{F(t_n)}{C_{SF_6,i}^v(t_n) - C_{SF_6,e}^v(t_n)} \right) - \left(\frac{V_{bat} \times \frac{(C_{SF_6,i}^v(t_n) - C_{SF_6,i}^v(t_{n-1}))}{(t_n - t_{n-1})}}{C_{SF_6,i}^v(t_n) - C_{SF_6,e}^v(t_n)} \right)$$

où Q_{air, trac}(t_n) est le débit d'air mesuré par traçage au temps t_n (en m³/heure.bâtiment), F(t_n) est le débit de gaz traceur injecté (en ml/s), C_{SF₆,i}^v(t_n) et C_{SF₆,e}^v(t_n) sont les concentrations volumiques en gaz traceur de l'air intérieur et extérieur au temps t_n (en ppm, ou plus précisément en ml SF₆/m³ air humide, valeur indiquée par l'analyseur de gaz), C_{SF₆,i}^v(t_{n-1}) est la concentration au pas de temps précédent, l'intervalle (t_n-t_{n-1}) est fixé à 10 minutes en sorte de réduire l'effet de l'incertitude de mesure des concentrations en gaz traceur sur l'écart de concentration durant la période de décroissance des concentrations, V_{bat} est le volume d'air intérieur du bâtiment (en m³/bâtiment).

Le premier terme de l'équation correspond à la phase de dosage et on vérifie qu'il s'annule lors de la phase de décroissance (F(t_n)=0), le second terme correspond à la phase de décroissance, il devient négligeable lorsque la concentration en gaz traceur est stable (second terme inférieur à 5% du premier terme quand dosage et ventilation sont constant). Il est utile de combiner les deux termes et de tenir compte des concentrations extérieures en gaz traceur car la grande dimension du bâtiment d'élevage et sa forte ventilation entraînent des changements de concentration dans l'air entrant dans le bâtiment. Il est également utile de calculer les débits après des tests sur les concentrations, et d'introduire le traitement des données manquantes, et l'agrégation des résultats sur une période.

where Q_{air, trac}(t_n) is the air flow measured by tracing at time t_n (in m³/heure.bâtiment), F(t_n) is the tracer gas output injected (in ml/s), C_{SF₆,i}^v(t_n) and C_{SF₆,e}^v(t_n) are tracer gas volumic concentrations of the air inside and outside at time t_n (in ppm, or more precisely in ml SF₆/m³ humid air, value indicated by the gas analyzer), C_{SF₆,i}^v(t_{n-1}) is the concentration of the previous time step, the chosen interval (t_n - t_{n-1}) is 10 minutes in order to reduce the effect of uncertainty on the measurement of the tracer gas concentrations on the variation of concentration during the period of concentration decrease, V_{bat} is the volume of air inside of the house (in m³/bâtiment).

The first term corresponds to the phase of dosing the tracing gas and it can be checked that it is cancelled during the phase of concentration decrease (F(t_n)=0), the second term corresponds to the phase of decrease, it becomes negligible when the tracer gas concentration is stable (second term lower than 5% of the first term when ventilation and dosing are constant). It is useful to combine the two terms and to take account of the tracer gas concentrations outside the house because the high size of the animal house and its high ventilation induce modification of the concentration in the inlet air of the animal house. It is also useful to calculate the ventilation after checking the concentrations, introducing a treatment of the missing concentrations, and to aggregate the results during a time sequence.

<p>Résumé :</p> <ul style="list-style-type: none"> - applicable à tout type de bâtiment avec ventilation naturelle ou mécanique - faible incertitude si suffisamment de gaz traceur est utilisé (gradient significatif), et si les processus d'émission sont peu variables - expensive, polluting when SF₆ is used - possibilité de contrôles intermédiaires lors du calcul 	<p>Summary:</p> <ul style="list-style-type: none"> - applicable to any kind of building with natural or forced ventilation - uncertainty low if enough gas is released (high gradient), and if emission processes are stable - expensive, polluting when SF₆ is used - possibility to introduce intermediate checkings in the calculation process
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4.5.4 Modèle statistique (statistical model)

<p>Les concentrations sont mesurées environ 4 fois par an à la ferme. Les observations sont transformées en émission annuelle employant un modèle statistique qui est paramétré en fonction du système d'élevage. Cette méthode a été testée avec succès dans des élevages de porcs (Vranken et al., 2004).</p> <p>Résumé :</p> <ul style="list-style-type: none"> - mesure ponctuelle des concentrations, enregistrement continu des températures, de la ventilation et du poids des animaux - incertitude basse si les processus qui conduisent aux émissions du système sont bien connues, forte si le modèle d'émission n'est pas représentatif - coût bas 	<p><i>The concentrations are measured around 4 times per year on the farm. The observations are transformed into a yearly emission using a statistical model that is parameterized as a function of the farming system. This method has been successfully tested in pig housing (Vranken et al., 2004).</i></p> <p>Summary:</p> <ul style="list-style-type: none"> - discrete measurement of gas concentrations, continuous recording of temperatures, ventilation, and of animal weight - uncertainty low if the processes that explain the system emissions are well known, high if the emission model is not representative - low cost
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4.6 Chambres de mesure (enclosures)

<p>Les chambres de mesure sont beaucoup employées dans des études sur le terrain (Sommer, 2001). Elles sont placées à la surface de l'effluent. Dans les chambres statiques l'air ne traverse pas l'espace libre au-dessus de l'effluent. Dans les chambres dynamiques, l'air est renouvelé à l'aide de ventilateurs ou de pompes. Les chambres ont été employées parce qu'elles sont portables, polyvalentes, relativement simples et ont une bonne sensibilité. Elles permettent un nombre de mesures qui ne pourrait pas être atteint avec des approches micrométéorologiques conventionnelles. De plus, l'augmentation de concentration en gaz qui se produit dans l'espace libre permet que les chambres détectent des flux</p>	<p><i>Enclosures are much used in field studies (Sommer, 2001). The enclosures are chambers placed on the manure surface with no air flow through the head-space, i.e., static chambers, or they may be dynamic chambers with lids through which the air is exchanged by means of ventilators or pumps. Chambers have been used because they are portable, versatility, relative simple and highly sensitivity. They permit measurements in numbers that could not be contemplated with conventional micrometeorological approaches. Moreover, the large increase in gas concentration that occurs in the head-space means that chambers can detect fluxes that are 100 times smaller than can be</i></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

100 fois plus faibles que ce que peuvent détecter les techniques micrométéorologiques (Denmead, 2008).

detected by micrometeorological techniques (Denmead, 2008).

4.6.1 Chambre statique (static chambers)

Le flux (F) est calculé à partir du taux d'accroissement de concentration en gaz dans la chambre après que le système ait été fermé :

The flux (F) is calculated from the rate of increase in gas concentration in the enclosure just after the system has been closed:

$$F = (V/A) d\chi / dt$$

où V est le volume de l'espace libre, A est la surface émettrice à l'intérieur de la chambre, χ est la concentration en gaz et t est le temps. L'augmentation de la concentration en gaz (CO_2 , N_2O ou CH_4) est souvent mesurée par GC. Pour la mesure NH_3 la méthode n'est pas précise si le gradient de concentration avec l'air extérieur ne varie pas significativement (McGarry et al., 1987). De telles chambres peuvent être employées quand le flux d'émission de gaz est contrôlé par le milieu émetteur, comme c'est le cas pour N_2O et CH_4 et CO_2 . Elles sont peu représentatives et peu précises quand le flux d'émission de gaz est contrôlé par les conditions climatiques au-dessus de la surface, comme c'est le cas pour NH_3 .

where V is the volume of the head-space, A is the area of emitting surface enclosed by the chamber, χ is gas concentration and t is time. The increase in gas concentration (CO_2 , N_2O or CH_4) is often measured by GC. For NH_3 measurement the method is not accurate when the concentration gradient with outside air does not vary significantly (McGarry et al., 1987). Such chambers can be used when the gas emission rates are controlled by the emitting surface, as is the case for N_2O and CH_4 and CO_2 . They are hardly representative and accurate when the gas emission rates are controlled by the climatic conditions above the emitting surface, as is the case for NH_3 .

Résumé :

- discret ou continue
- faible incertitude si la variabilité spatiale de la surface émettrice est faible, et si la chambre ne modifie pas les conditions de l'émission

Summary:

- discrete or continuous
- uncertainty low if spatial variability is low, and if the chamber does not modify the emission conditions

4.6.2 Chambre dynamique ou tunnel ventilé (dynamic chambers or wind tunnels)

Les chambres dynamiques ont été employées pour mesurer l'émission NH_3 du lisier stocké et du fumier stocké. L'air est aspiré (ou soufflé) à travers la chambre, et le flux d'émission NH_3 est déterminé par l'enrichissement en NH_3 du courant d'air. Dans des études de laboratoire la surface émettrice dans les chambres est généralement environ 0.01-0.04 m² et les chambres sont fermées sans interruption (Sommer et Ersbøll, 1996 ; Sommer et Jacobsen, 1991). Le tunnel ventilé décrit par Lockyer (1984) est un exemple d'une grande chambre dynamique ouverte, couvrant une superficie d'environ 1 m², a été employé dans plusieurs études (Sommer et al., 1993 ; Sommer et Jensen, 1994). Elle utilise un ventilateur pour aspirer l'air au-dessus de la surface émettrice. L'émission (f) du secteur est calculée à partir de :

Closed dynamic chambers have been used to measure NH_3 emission from stored slurry and also stored solid manure. Air is drawn through the chamber, and the rate of NH_3 emission is determined from the NH_3 enrichment of the air stream. In laboratory studies the emitting surface in the chambers is generally about 0.01–0.04 m² and the chambers are closed continuously (Sommer and Ersbøll, 1996; Sommer and Jacobsen, 1991). The wind tunnel system described by Lockyer (1984) is an example of a large dynamic, open chamber covering a surface area of about 1 m² has been used in a number of studies (Sommer et al. 1993; Sommer and Jensen, 1994;). It employs a fan to draw air over the treated area. Emission (F) from the area is calculated from:

$$F = (NH_{3,o} - NH_{3,i})v$$

où $NH_{3,o}$ et $NH_{3,i}$ sont les concentrations en NH_3 dans la sortie et l'entrée d'air, respectivement, v est le volume d'air traversant le tunnel au cours de la période de prélèvement. Un recouvrement moyen de NH_3 entre 74 et 90% a été trouvé pour les tunnels ventilés (Sommer et al., 1991 ; van der Weerden et al., 1996). On suggère de vérifier l'efficacité du piégeage de NH_3 des tunnels ventilés de façon régulière pour éviter des erreurs dans la mesure.

Comme discuté ci-dessus, les émissions des petites surfaces couvertes par des chambres pourraient être plus élevées que celles de grandes surfaces ou plus faibles. Ryden et Lockyer (1985) ont prouvé que l'émission NH_3 mesurée avec une soufflerie ajustée sur la vitesse du vent à 10 cm à l'extérieur était 5% plus forte que l'émission mesurée avec la technique micrométéorologique du bilan de masse. Espagnol et al. (2008) ont montré que l'émission NH_3 mesurée par une chambre faiblement ventilée pouvait être négligeable par rapport à la perte de masse d'une fosse à lisier de grande dimension.

Résumé :

- discret ou continu
- incertitude basse si l'émission est assez forte de sorte que le gradient de la concentration en gaz soit exactement observé et si l'émission est déterminée davantage par le milieu émetteur que par les conditions climatiques

where $NH_{3,o}$ and $NH_{3,i}$ are the NH_3 concentrations in the outlet and inlet air, respectively, and v is the volume of air flowing through the tunnel over the sampling period. Average NH_3 recovery of between 74 and 90% has been found for wind tunnel systems (Sommer et al., 1991; van der Weerden et al., 1996). It is suggested that the NH_3 trapping efficiency of wind tunnel systems should be checked on a regular basis to avoid errors in measurement.

As discussed already, emissions from the small plots covered by chambers might be higher than those from a large plots, or lower. Ryden and Lockyer (1985) showed that NH_3 emission measured with a wind tunnel adjusted to the wind speed at 10 cm height in the open was 5% higher than the emission measured with the micrometeorological mass balance technique. Espagnol et al. (2008) shown that the NH_3 emission observed with a dynamic chamber with a low air speed could be negligible compared to the mass balance deficit of a large slurry pit.

Summary:

- discrete or continuous
- uncertainty low if emission is high enough so that the gradient of gas concentration is accurately observed, and if the emission is determined more by the emitting surface than by the climatic conditions

4.7 Méthodes micrométéorologiques basées sur le bilan de masse (Micrometeorological mass balance methods)

Ce sont probablement les techniques les plus couramment employées pour mesurer les émissions NH_3 des sources diffuses mais elles peuvent également être employées pour l'émission CO_2 , N_2O et CH_4 des stockages d'effluents. Cette technologie n'affecte pas les conditions d'émission de la source. Les études d'intercalibration ont prouvé que les différentes techniques de bilan de matière donnent des résultats similaires (Schjoerring et al., 1992 ; Sommer et al., 1995 ; Sommer et al., 2004).

These are probably the most widely used techniques for measuring NH_3 emissions from diffuse sources but can also be used for CO_2 , N_2O and CH_4 emission from manure stores. This technology does not affect the emission conditions of the source. Intercalibration studies have shown that different mass balance techniques give similar results (Schjoerring et al., 1992; Sommer et al., 1995; Sommer et al. 2004).

4.7.1 Intégration horizontale des flux (integrated horizontal flux (IHF) methods)

Cette méthode considère que la perte de NH₃ d'une surface est égale à la différence entre la quantité de NH₃ exportée hors de la surface par le vent et la quantité apportée à elle (Denmead et al., 1977 ; Denmead, 1983 ; Wilson et al., 1983). Elle calcule la densité de flux moyenne de NH₃ de la surface, E , à partir de la différence entre le flux horizontal du NH₃ reçu sous le vent et celui reçu au vent :

This method equates the loss of NH₃ from the surface with the difference between the amount of NH₃ carried off the plot by the wind and the amount carried on to it (Denmead et al., 1977; Denmead, 1983; Wilson et al., 1983). It calculates the average surface flux density of NH₃ in the surface, E , from the difference in the horizontal fluxes of NH₃ across downwind and upwind boundaries:

$$E = \frac{1}{X} \int_{z_0}^{z_p} \bar{u} (\chi_d - \chi_u) dz$$

là où X est le fetch (la distance parcourue par le vent à travers la parcelle de terrain), u est la vitesse moyenne du vent horizontale, et χ_d et χ_u sont les concentrations en NH₃ atmosphériques sous le vent arrière et au vent. La hauteur d'intégration z_p est la hauteur à laquelle la concentration NH₃ retrouve le niveau de base de l'atmosphère au vent. Il convient de noter que l'intégrale dans l'équation précédente est en termes de valeurs instantanées d' u et des concentrations NH₃. L'intégrale a été évaluée avec des vitesses du vent moyennes et des concentrations moyennes. Ceci néglige les limites turbulentes implicites dans l'équation de transport, et conduit à une surestimation du flux réel par 5-15% selon la géométrie (Raupach et Legg, 1984 ; Leuning et al., 1985 ; Wilson et Shum 1992). Dans la plupart des études, on utilise des surfaces de forme circulaire et la prise des mesures « sous le vent » au centre de la surface. Ainsi, le vent souffle toujours vers le centre indépendamment de la direction de vent et le fetch sera toujours identique, à savoir, le rayon de la surface. Des rayons de 3.5 à 40 m ont été utilisés (Gordon et al., 1988 ; Beauchamp et al., 1978).

where X is the fetch (the distance travelled by the wind across the plot), u is horizontal wind speed, and χ_d and χ_u are the downwind and upwind atmospheric NH₃ concentrations. The integration limit z_p is the height at which the NH₃ concentration is at background level. It should be noted that the integral in previous equation is in terms of instantaneous values of u and the NH₃ concentrations. The integral has been evaluated with mean wind speeds and mean concentrations. This neglects turbulent terms implicit in the transport equation, Eq. (26), and results in an overestimation of the true flux by 5–15% depending on the geometry (Raupach and Legg, 1984; Leuning et al., 1985; Wilson and Shum 1992). In most studies, circular plots and making the “downwind” measurements at the plot centre are used. The wind will always blow towards the centre regardless of wind direction and the fetch will always be the same, viz., the plot radius. Radii from 3.5 to 40 m have been employed (Gordon et al., 1988; Beauchamp et al., 1978).

Une grande simplification de la technique pour les surfaces circulaires suit des développements de Wilson et al. (1982) et Denmead (1983), prouvant que pour un rayon et une rugosité donnés, il existe une hauteur particulière (ZINST) de la mesure où la densité de flux horizontale est dans un rapport fixe à la densité de flux verticale, indépendamment de la stabilité atmosphérique. L'émission peut ainsi être déduite des mesures de la vitesse du vent et de la concentration NH₃ atmosphérique (χ_d, χ_u) à une seule hauteur au-

A large simplification in technique for circular plots follows from developments by Wilson et al. (1982) and Denmead (1983), showing that for a given surface roughness and plot radius, there exists one particular height (ZINST) of measurement where the horizontal flux density is in a fixed ratio to the vertical flux density, regardless of atmospheric stability. The emission can thus be inferred from measurements of wind speed and atmospheric NH₃ concentration (χ_d, χ_u) at a single height above the ground (Wilson et al., 1983). The flux F is calculated from:

dessus de la surface (Wilson et al., 1983). Le flux F est calculé à partir :

$$F = \frac{\bar{u} \times \bar{\chi}}{Z}$$

où \bar{u} et $\bar{\chi}$ sont la vitesse du vent moyenne et la concentration NH_3 moyenne, respectivement, mesurées à ZINST. Le terme Z est le flux horizontal normalisé ($\bar{u}\bar{\chi}/F_0$), qui est donné sous forme de monogrammes pour différentes valeurs des rayons de la surface et différentes rugosités de celle-ci par Wilson et al. (1982). Cette méthode permet une économie considérable dans le travail et l'appareillage, avec des résultats comparables à ceux obtenus avec la méthode IHF décrite ci-dessus. Cette approche a été rendue encore plus simple par le développement des échantillonneurs passifs qui mesurent le flux horizontal directement (Leuning et al., 1985 ; Sherlock et al., 1995). Ceux-ci n'exigent aucune puissance, aucune pompe, aucun anémomètre, aucune acquisition de données. Un échantillonneur simple monté à ZINST peut renvoyer le flux NH_3 moyen de la surface pour des périodes de 1 jour à plusieurs semaines. Cette méthode est cependant limitée aux cas où l'atmosphère est dépourvue d' NH_3 (ce n'est pas le cas de CO_2 , CH_4 et N_2O) et où la surface est circulaire.

Résumé :

- discret ou continu
- coût bas

where \bar{u} and $\bar{\chi}$ are the mean wind speed and mean NH_3 concentration, respectively, measured at ZINST. The term Z is the normalized horizontal flux ($\bar{u}\bar{\chi}/F_0$), which is given in the form of monograms for different surface roughness and plot radii by Wilson et al. (1982). The method offers considerable savings in labour and equipment, with results comparable to those obtained with the IHF method outlined above. This approach has been made even simpler by the development of passive samplers that measure the horizontal flux directly (Leuning et al., 1985; Sherlock et al., 1995). These require no power, no pumps, no anemometers, no data-loggers. A single sampler mounted at ZINST can return the mean NH_3 flux from the treated plot over periods from 1 day to several weeks. This method is however limited to the cases where the atmosphere is free of NH_3 (it is not the case for other gases such as CO_2 , CH_4 or N_2O) and where the surface is circular.

Summary:

- discrete or continuous
- low cost

4.7.2 Profils périmétriques (perimeter profile method)

La méthode des profils périmétriques est une autre méthode de bilan de matière qui utilise quatre mâts placés perpendiculairement entre eux à la périphérie d'une source diffuse (Schjoerring et al., 1992). Des rangées d'échantillonneurs de flux (Ferm, 1991) sont montés par paires sur des mâts autour de la frontière d'un secteur expérimental circulaire. Les différences de flux horizontaux de chaque paire de tubes, l'un pointé vers l'intérieur, l'autre vers l'extérieur, sont déterminées séparément pour chacune des hauteurs de mesure sur chaque mât. Le flux vertical de NH_3 est alors déterminé en additionnant pas à pas ces différences de flux horizontaux. Cette technique est laborieuse mais a l'avantage d'être peu exigeante d'un

The perimeter profile method is another mass balance method which employs four masts placed perpendicular to each other around the perimeter of a diffuse source (Schjoerring et al., 1992). Arrays of flux samplers (Ferm, 1991) are mounted in pairs on masts around the boundary of a circular experimental area. The horizontal fluxes of the inward and outward pointing tubes are determined separately for each of several heights on each mast. The vertical flux of NH_3 is then determined by stepwise summation of the difference between the inward and outward facing horizontal fluxes. This technique is laborious but has the advantage that there is little demand for a homogeneous environment around the surface or inside it.

environnement homogène autour de la surface ou à l'intérieur de celle-ci.

Denmead et al. (1998) décrivent une technique quelque peu semblable dans laquelle de l'air est prélevé à plusieurs hauteurs tout le long de chaque bordure. Elle est conçue en particulier pour les situations dans lesquelles il y a des sources ponctuelles dispersées, telles que les pâturages où le NH₃ est émis à partir de sources de bouses ou d'urine dispersées.

Résumé :

- continu
- adapté à de petites surfaces de émission

Denmead et al. (1998) describe a somewhat similar technique in which air is sampled at several heights along the full length of each boundary. It is designed particularly for situations in which there are scattered point sources, such as grazed pastures where NH₃ is emitted from scattered dung and urine patches.

Summary:

- continuous
- suited to small emitting surfaces

4.7.3 Inversion d'un modèle de dispersion Lagrangien stochastique (Backward Lagrangian stochastic dispersion model)

Ce modèle permet de prévoir l'émission de n'importe quelle source à partir des mesures faites en un point de la vitesse du vent et de la concentration, sous le vent de la source (Flesch et al., 1995). Par conséquent, il peut être appliqué aux bâtiments d'élevage, aux stockages d'effluents, ou aux fermes. La géométrie de la source émettrice et l'endroit du poste de mesure relativement à la source peuvent être tout à fait arbitraires, mais doivent être connus. Le modèle calcule la trajectoire des particules dans l'air à rebours à partir de l'endroit des mesures et vers la source. Il utilise les émissions de gaz simulées par ordinateur (environ 10.000) pour rapporter la densité de flux de la surface émettrice F_0 aux concentrations moyennes aux hauteurs de mesure et aux distances sous le vent de la source.

Les informations exigées comme variables d'entrée sont z_0 , la rugosité, \bar{u} la vitesse moyenne du vent, une variable caractérisant la stabilité de l'atmosphère (stable : peu de vent, température croissante avec la hauteur au-dessus de la surface ; instable : peu de vent, température décroissante avec la hauteur ; neutre : vent fort, peu de variation de température avec la hauteur)

et $\overline{\chi_{g,z}}$ le gradient de concentration en gaz par rapport à l'atmosphère non perturbée, à une hauteur particulière z et à une distance particulière sous le vent de la source. Les solutions ont la forme :

This model allows predictions of the strength of any surface source from one-point measurements of wind speed and concentration at any location downstream (Flesch et al., 1995). Therefore, it can be applied to animal houses, manure stores, or farms. The geometry of the emitting area and the location of the measuring point relative to the source can be quite arbitrary, but must be known. The model calculates trajectories of air parcels backward in time from the sensor location to the source. It employs computer-simulated gas releases (about 10,000) to relate the surface flux density F_0 to mean concentrations developed at specified heights and distances downwind.

Required input information is z_0 , the roughness, mean wind velocity \bar{u} , a variable describing the atmospheric stability (stable: no wind, increasing temperature with height above the emitting surface; unstable: no wind, decreasing temperature with height, neutral: high wind, no temperature variations with height) and gas

concentration $\overline{\chi_{g,z}}$ in excess of background at one particular height z and distance downwind. Solutions have the form:

$$F_0 = \overline{nu_z \chi_{g,z}}$$

où n est un coefficient calculé pour la situation particulière par le modèle. Cette méthode diffère de l'approche avec une seule hauteur de mesure (ZINST) parce qu'elle couvre n'importe quelle géométrie (surfaces non circulaires) et des mesures peuvent être faites à n'importe quelle hauteur sous le vent, mais la stabilité doit être connue. Des exemples de son utilisation sont donnés par McGinn et Janzen (1998).

Divers principes peuvent être employés pour modéliser la dispersion mais les modèles stochastiques Lagrangiens de dispersion semblent mieux adaptés aux sources agricoles.

Les facteurs d'émission avec un modèle ne devraient pas être employés dans d'autres modèles pour déterminer des concentrations en polluant sous le vent des sources (Faulkner et al., 2007). Par exemple, les modèles de dispersion Gaussiens utilisent des équations de diffusion pour calculer les concentrations en gaz dans l'air du panache sous le vent de la source. Price (2004) a montré que les modèles Gaussien et Lagrangien calculaient des champs semblables de concentration. Cependant, les émissions prévues par la dispersion stochastique Lagrangienne étaient 10 fois supérieures à la prévision du modèle Gaussien, alors que seule la modélisation Gaussienne était reconnue par l'administration aux États-Unis. Loubet (2000) a prouvé que la modélisation Lagrangienne était mieux adaptée aux échanges à courte distance autour des sources agricoles où les sources et les puits interagissent.

Résumé :

- continu
- incertitude basse en conditions atmosphériques appropriées et si les caractéristiques de surface sont connues

where n is a coefficient calculated for the particular situation by the model. This method differs from the single height (ZINST) approach because it caters for any geometry (i.e. non circular areas) and measurements can be made at any height downwind, but the stability needs to be known. Examples of its use are given by McGinn and Janzen (1998).

Various principles can be used in dispersion modeling but Lagrangian stochastic dispersion seems better adapted to agricultural sources.

Emission factors developed using one model should not be used in other models to determine downwind pollutant concentrations (Faulkner et al., 2007). For example, Gaussian dispersion modeling uses diffusion equations to calculate the air concentrations in the plume downwind from the source. Price (2004) showed that Gaussian and Lagrangian model predicted similar concentration fields. However, the emission rate predicted by Lagrangian stochastic dispersion was 10-fold the prediction of the Gaussian model, and only the Gaussian model was recognized by U.S. regulatory authorities. Loubet (2000) showed that Lagrangian modeling was better adapted to short range exchanges around agricultural sources where sources and sinks interact.

Summary:

- continuous*
- uncertainty low in appropriate atmospheric conditions and provided the surface characteristics are well-known*

5 Bilan de l'utilisation des méthodes par les partenaires (*Results of the uses of the methods by the partners*)

5.1 Bâtiments d'élevage (*Animal houses*)

Tableau 1. Méthodes utilisées par les partenaires pour la mesure des émissions d'ammoniac, méthane et protoxyde d'azote en bâtiments d'élevage (*Methods used by the partners for measuring ammonia, methane or nitrous oxide from animal houses*).

Category of method	Source of gas emission (animal, manure, building type)	Restrictions	Gas /Gas measuring device	pro's (for usage 1-5 ^(a))	cons (against usage 1-5 ^(a))	References, or Partner
Tracer technique	Pig houses, slurry channels, poultry, dairy cows	Observation of many buildings	IR gas measuring devices: Ammonia, Carbon Dioxide, Nitrous oxide, Methane Innova 1312, or 1412	usage: 1,4 continuous,	cost, SF ₆ pollution, small number of buildings	SDU, Kai et al. 2006 INRA-Rennes, IFIP, M3-Biores
dispersion model	Livestock houses, compost piles	emissions (emissions minus depositions is observed)	passive tubes for NH ₃	net emissions	cost if realized over long periods and large areas, detection level and background for GHG	INERIS, SDU INRA-Grignon,
direct ventilation measurement	pig, poultry	naturally ventilated buildings	any NH ₃ sensor	reliability, continuity, low cost	naturally ventilated buildings	M3-Biores, IFIP
mass balance / concentration ratios	poultry, cattle, pig	outdoor access, when feed and water input and effluent output are	Innova 1312, or 1412 associated to T& RH observations	reliability, low cost, adapted to naturally ventilated houses	intermittent measurements can be not representative of true variability	INRA-Rennes, ITAVI, IE

		difficult to assess				
heat production	poultry, cattle, pig	high ventilation and small gradient	any NH ₃ and GHG sensors, associated to T, RH, and CO ₂ observations	reliability, low cost, adapted to naturally ventilated houses	intermittent measurements can be not representative of true variability, knowledge of manure production	INRA-Rennes, ISU, EMBRAPA, CA Bretagne
statistical model	pig	naturally ventilated houses	Innova 1312, or 1412	reliability, continuity, low cost	naturally ventilated buildings, reference values for emission measurements	M3-Biores
Static/dynamic chamber	poultry	high heterogeneity of emitting area, condensation of water inside the chamber	Innova 1312, or 1412	small detection level, low cost	chamber can highly reduce ammonia emission (low air speed)	SDU, INRA-Rennes

^(a) 1 : regulatory (for emission factors); 2 : certification ; 3 : technical improvements ; 4 : scientific ; 5 : education

5.2 Stockages d'effluents (Manure stores)

Tableau 2. Méthodes utilisées par les partenaires pour la mesure des émissions d'ammoniac, méthane et protoxyde d'azote au stockage d'effluents (Methods used by the partners for measuring ammonia, methane or nitrous oxide from animal manure stores).

Category of method	Source of gas emission	Gas measuring device	Gases	pro's (for usage 1-4 ^(a))	cons (against usage 1-4 ^(a))	References, Partner
Dynamic chamber	Solid manure, large scale, Liquid manure, lab scale Liquid manure, pilot scale	Foto Acoustic gas monitor, Gas Chromatographs Active denuders Gas washing bottles	Nitrous oxide Ammonia Methane	small detection level, low cost	chamber can highly reduce ammonia emission (low air speed) and modify evolution of the surface during long periods heterogeneity of the surface	Sommer et al. 2007 Hansen et al. 2006, Møller et al. 2004 Osada et al. 2001 Olesen et al. 1993 SDU CEMAGREF IFIP INRA Rennes
Perimeter technology	Liquid manure, pilot scale and full scale solid manure, pilot	Gas Chromatographs Ferm tubes	Methane Ammonia	non intrusive	high cost	SDU Khan et al. 1997 Petersen 1998 Sommer et al. 1996

	scale					Sommer 1997
Wind tunnel	Liquid manure, pilot scale Solid manure	Gas washing bottles Active denuders Gas chromatographs	Ammonia	comparison of technologies in standard conditions	representativity of the measurements	Sommer et al. 1991 Sommer et al. 1993 Sommer and Dahl 1999 SDU CEMAGREF
Static chamber	Solid manure, pilot scale Liquid manure pilot scale	Gas chromatographs	Methane and nitrous oxide	small detection level, low cost	chamber can highly reduce ammonia emission (low air speed)	Sommer and Møller 2000 Sommer et al. 2000 Sommer 2001 SDU, INRA Rennes
Micromet technology, Backward Lagrangian stochastic dispersion model.	Solid manure pilot scale	Leuning samplers IR analyser Gas chromatographs	Ammonia Methane and nitrous oxide	non intrusive	high cost, detection level	Sommer et al. 2004 SDU
tracer gas	Liquid manure pilot and full scale	Foto Acoustic gas monitor, Gas Chromatographs	ammonia and GHG	non intrusive, continuous measurements	SF ₆ pollution, wind direction, high cost	CEMAGREF INRA-Rennes

^(a) 1 : regulatory (for emission factors); 2 : certification ; 3 : technical improvements ; 4 : scientific

6 Applicabilité des méthodes (*Applicability of the methods*)

6.1 Mesures continues en bâtiments d'élevage (*Continuous measurements in animal houses*)

Le bâtiment est situé dans une zone plate, sans obstacle majeur autour du bâtiment et sans autres sources d'ammoniac ou de particules (Figure ci-dessous). Ces conditions facilitent la comparaison des résultats par mesure directe, à l'intérieur du bâtiment, et par mesure indirecte, par modélisation inverse.

The house is located in a flat area, without major obstacle around the house and without other sources of ammonia or particles (Figure below). These conditions facilitate the comparison of the results obtained either by direct measurement, inside the house, or by indirect measurement and reverse modelling.



Figure 2. Aperçu général du bâtiment (general outlook of the poultry house)

La période d'élevage s'est déroulée de novembre 2008 à janvier 2009 dans des conditions hivernales typiques (Figure).

The period of animal rearing began in November 2008, and ended in January 2009 with typical winter conditions (Figure).

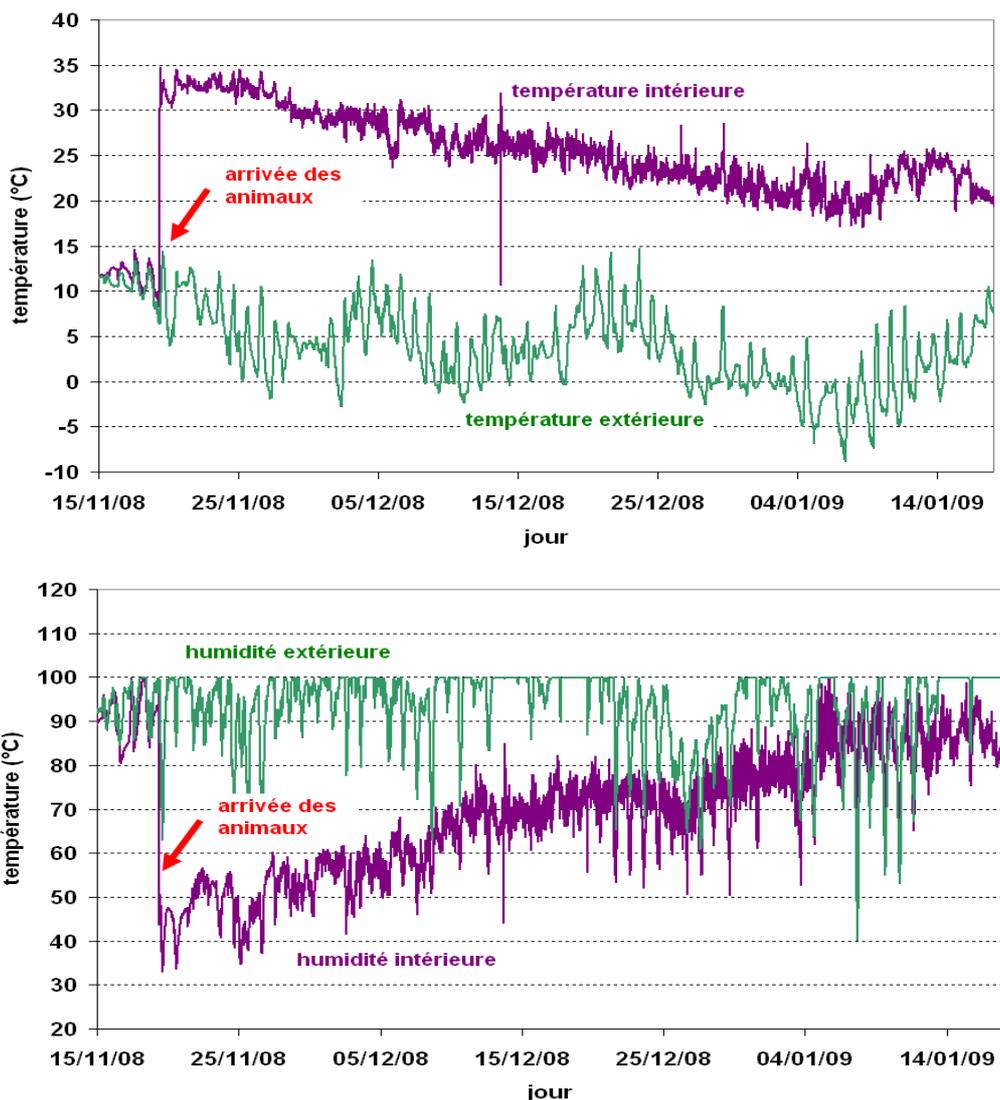
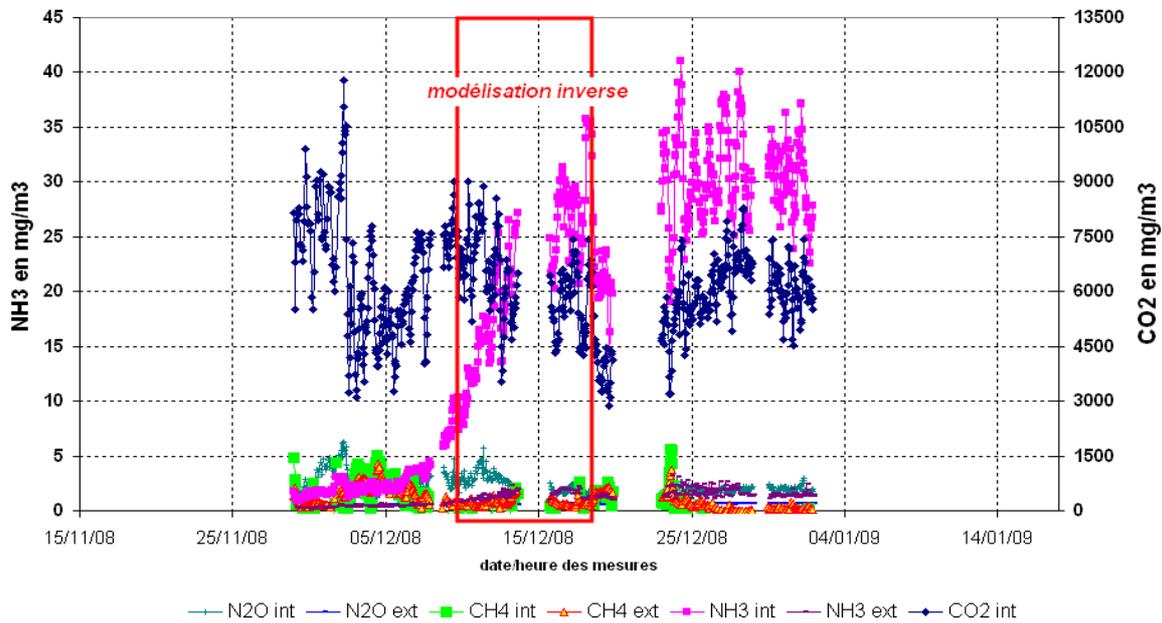


Figure 3. Conditions climatiques durant la période de mesure (Climatic conditions during animal rearing)

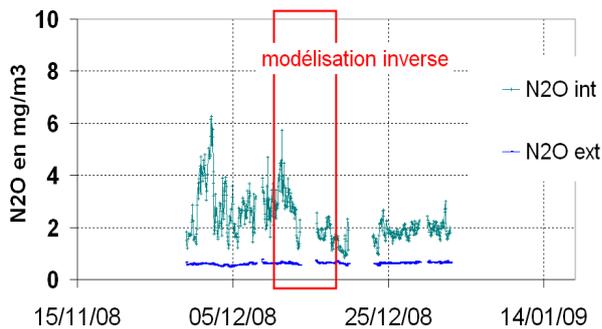
Les mesures de concentration en gaz intérieures ont été associées aux mesures extérieures. Les premières étaient destinées à une mesure d'émission par traçage, après brassage de l'ambiance ; les secondes à une mesure d'émission par modélisation inverse. Des mesures manuelles de température, humidité et teneur en gaz ont complété les enregistrements automatiques. A l'extérieur des mesures de concentrations en poussières ont également été réalisées.

Measurements of inside gas concentration were associated with outside measurements. The first were intended for an emission measurement by tracing, after mixing of inside air; seconds with an emission measurement by reverse modeling. Manual measurements of temperature, moisture and gas concentrations were made to control the automatic recordings. Outside measurements of concentrations of dusts were also realized.

[NH3] croissant sur la période d'échantillonnage



[N2O] sur la période d'échantillonnage



[CH4] sur la période d'échantillonnage

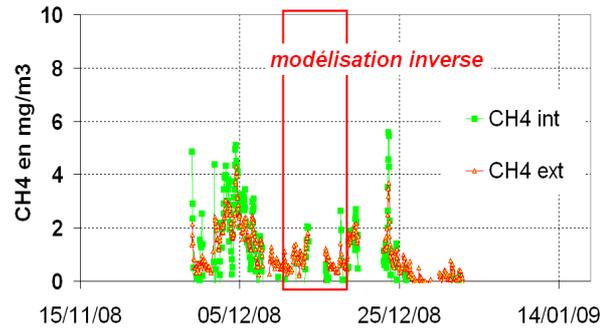


Figure 4. Concentrations en gaz à l'intérieur du bâtiment (Gas concentrations inside the building)

A l'intérieur du bâtiment les principaux gaz émis ont été l' NH_3 et le CO_2 . Un gradient de N_2O a été clairement constaté et il a diminué avec l'augmentation de NH_3 . Les gradients de CH_4 n'ont pas été clairement constatés.

Inside the house the principal produced gas were NH_3 and the CO_2 . A gradient of N_2O was clearly noted and it decreased with the NH_3 increase. The gradients of CH_4 were not clearly noted.

6.2 Mesures discontinues par modèle gaussien et tubes passifs distribués autour du bâtiment d'élevage (Discontinuous measurements with gaussian model and passive samplers distributed around the animal house)

Une campagne à l'aide de tubes passifs a été réalisée afin de valider la possibilité d'utiliser des

Passive samplers (diffusion tubes) have been set up around a chicken barn in order to validate the

modèles Gaussiens pour déterminer les flux d'ammoniac émis. Ces tubes passifs fournissent une concentration moyenne sur la période d'exposition.

use of Gaussian method to assess ammonia fluxes. These passive samplers give a single concentration value (mean concentration during time of exposure).



Figure 5. Niveaux de concentration en ammoniac et rose des vents (ammonia levels and wind direction)

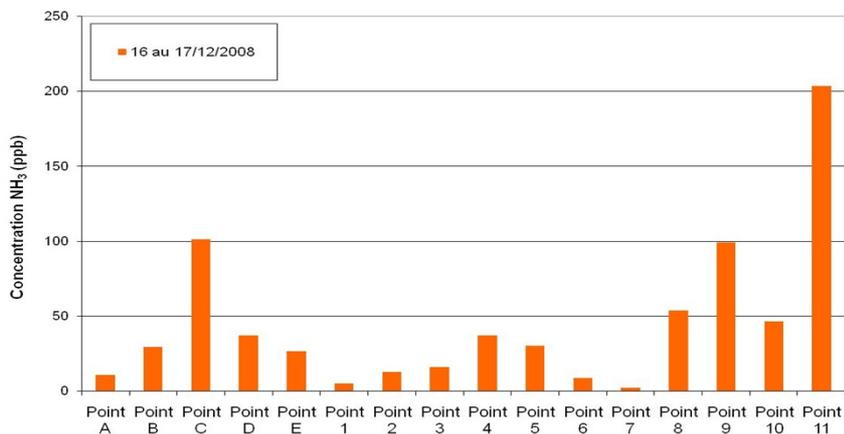


Figure 6. Concentration moyenne en ammoniac mesurée sur 24h (NH₃ concentrations as 24h average)

De manière à évaluer à la fois le bruit de fond et Based on local wind conditions, background

<p>l'impact des émissions d'ammoniac, les tubes passifs ont été positionnés de part et d'autre du bâtiment d'élevage :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 11 tubes ont été placés dans la zone majoritairement impactée par les émissions. Un tube à 5 m, afin d'évaluer les concentrations à proximité du bâtiment, quatre à 25 m sur toute la longueur du bâtiment, trois à 50 m et trois à 100 m. Ce positionnement devrait permettre d'évaluer le gradient de concentration en ammoniac sur la zone impactée. - 5 tubes ont été placés de l'autre côté du bâtiment, hors vent : un à 10 m au niveau de la haie, deux à 30 m et deux à 50 m pour évaluer les concentrations en cas de vents contraires. <p>Trois séries de tubes ont été réalisées sur des périodes de 7 jours pour deux séries et une série sur une période de 24 heures. Les séries réalisées sur 7 jours sont intéressantes pour évaluer les niveaux moyens de concentrations autour du bâtiment. Mais face à l'instabilité des vents en terme de direction, seule la série sur 24 heures s'est révélée exploitable car elle permet d'isoler les tubes ayant été de manière la plus stable possible sous les vents du bâtiment.</p> <p>Les niveaux de concentration mesurés ainsi que la rose des vents correspondante sont présentées ci-dessus.</p>	<p><i>concentrations and impact from the barn have been investigated by positioning different samplers at specific locations around the barn:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>11 samplers have been positioned downwind from the barn at distances of 5 meters (1 tube), 25 meters (4 tubes), 50 meters (3 tubes) and 100 meters (3 tubes). This pattern has been designed to assess concentrations gradients around the barn,</i> - <i>5 tubes have been positioned upwind from the barn at distances of 10 meters (1 tube), 30 meters (2 tubes) and 50 meters (2 tubes).</i> <p><i>Three series of tubes have been collected on some 7 days periods for two series and one series over one 24 hours period. The series carried out over 7 days are interesting to evaluate the mean levels of concentrations around the house. But considering the instability of the wind direction, only the series over 24 hours appeared exploitable because it makes it possible to isolate the tubes having been in the most stable possible way on the leeward side of the house.</i></p> <p><i>Concentration levels and wind rose are presented in the above figures.</i></p>
<p>La zone d'étude a été modélisée de manière à reproduire les conditions des essais:</p> <ul style="list-style-type: none"> - position et dimensions du poulailler, - position et hauteur des tubes passifs, - données météorologiques. <p>Le poulailler a été modélisé sous la forme d'une source surfacique ou linéaire. En appliquant à cette source un flux d'émission arbitraire unitaire, le programme ADMS fournit les concentrations moyennes en chacun des emplacements des tubes.</p> <p>Compte tenu du fait que le flux émis n'est pas constant (ouverture/ fermeture des volets), nous avons sélectionné les tubes ayant été les plus fréquemment sous les vents du poulailler.</p> <p>Le ratio entre les concentrations modélisées en</p>	<p><i>The barn and its surroundings have been modelled in order to represent trial conditions:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>location and dimensions,</i> • <i>location and height of sampling for each sampling point,</i> • <i>meteorological data.</i> <p><i>Barn has been modeled as a surface source or linear source. Based on an arbitrary unit flux, ADMS model produced mean ammonia concentration for each single sampling point.</i></p> <p><i>Due to the fact that ammonia flux from the barn is not constant (opening / closing of shutters), passive samplers that have been the most of the time downwind from the barn have been selected.</i></p> <p><i>Ratio between modeled and measured concentrations is proportionnal to the emitted flux:</i></p>

ces emplacements et les mesures réelles est alors inversement proportionnel au flux réel émis:

$$\text{Flux émis} = (\text{conc. Mesurée} / \text{conc. Modélisée}) * \text{flux unitaire}$$

De cette manière, nous obtenons pour la série de tubes "24h" réalisée du 16/12/2008 10h00 au 17/12/2008 10h00 le flux suivant: **69 ± 18 mg/s**.

Le passage en source linéaire ou surfacique ne modifie pas les valeurs des flux correspondants.

$$\text{Emitted Flux} = (\text{Measured conc.} / \text{modeled conc.}) * \text{unit flux}$$

*According to this calculation, 24 hours samples gave an estimation of the global ammonia flux of about **69 ± 18 mg/s**.*

Shifting from linear to surface source did not change the modeled flux.

6.3 Mesures continues par modèle BLS (Lagrangien) et analyseur NH₃ ou particules sous le vent du bâtiment d'élevage (*Continuous measurements with BLS modelling and NH₃ analyser or particle counters placed leeward of the animal house*)

6.3.1 Cas des gaz (Case of gases)

Positionnées à 60 mètres sous les vents du bâtiment, les mesures dynamiques de NH₃ permettent de suivre en continu la concentration de ce composé à l'air ambiant. Même si les niveaux de concentrations mesurés sont faibles, les résultats obtenus montrent que lorsque l'analyseur est sous les vents du bâtiment, le rapport signal/bruit de fond obtenu est très bon (Figure ci-dessous). Ils devraient permettre l'évaluation du flux d'ammoniac par modélisation inverse avec les modèles Lagrangiens qui exigent des conditions atmosphériques homogènes.

Located at 60 meters away from the barn, dynamic ammonia measurements allowed to monitor the outside ammonia concentration. Though concentration levels are low, results tend to show that the signal-to-noise ratio is correct when sampling downwind from the building (Figure below). They should allow the estimate of the ammonia fluxes per reverse modelling with the Lagrangian models which require homogeneous weather conditions.

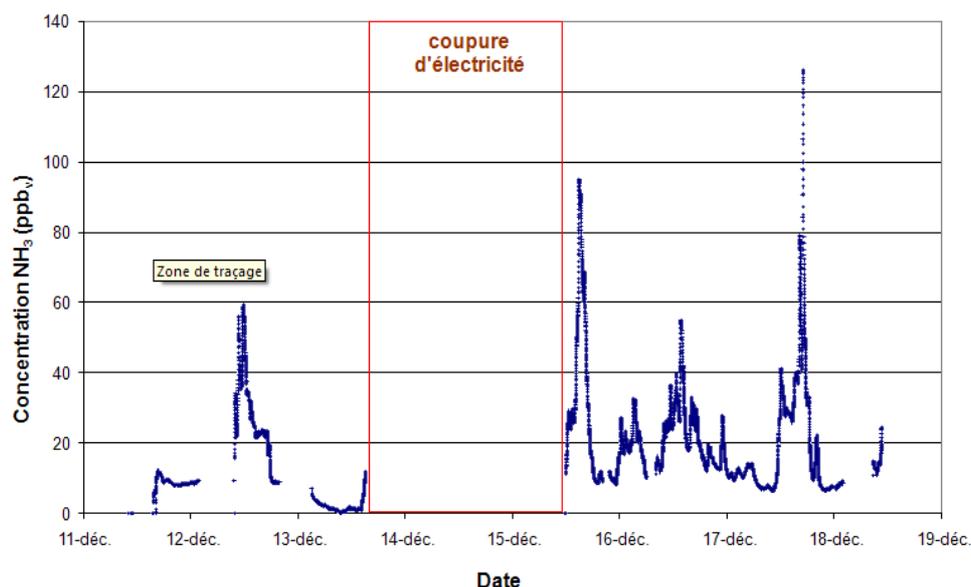


Figure 7. Concentrations en NH_3 à 60m sous les vents du bâtiment (NH_3 concentrations 60m downwind from the building)

Ces mesures, associées aux relevés météorologiques correspondants (direction et vitesse du vent, température, etc.) peuvent de ce fait être utilisées afin d'estimer le flux d'ammoniac par la méthode BLS. L'avantage de ce type de montage est de permettre de suivre les évolutions temporelles du flux émis pour éventuellement identifier les phases ou périodes émettrices.

En effet, le flux émis par le bâtiment n'est pas constant et varie en fonction du gradient de température intérieur/extérieur (régulation de l'ouverture des volets), de l'activité des animaux, etc.

La zone d'étude a été modélisée de manière à reproduire les conditions des essais:

- position et dimensions du poulailler,
- position et hauteur de l'analyseur photoacoustique,
- position et hauteur capteur météo + données météorologiques.

Ammonia fluxes emitted from the barn can be assessed using BLS method based on meteorological and ammonia measurements. The advantage here is to be able to determine the dynamic evolution of emitted flux.

Ammonia emitted flux is not constant and vary due the temperature difference between in and out of the barn, animal activity, etc.

The entire studied zone has been modeled to reproduce:

- *position and dimensions of the barn,*
- *position and height of sampling of the photoacoustic sampler,*
- *position and height of the met station.*

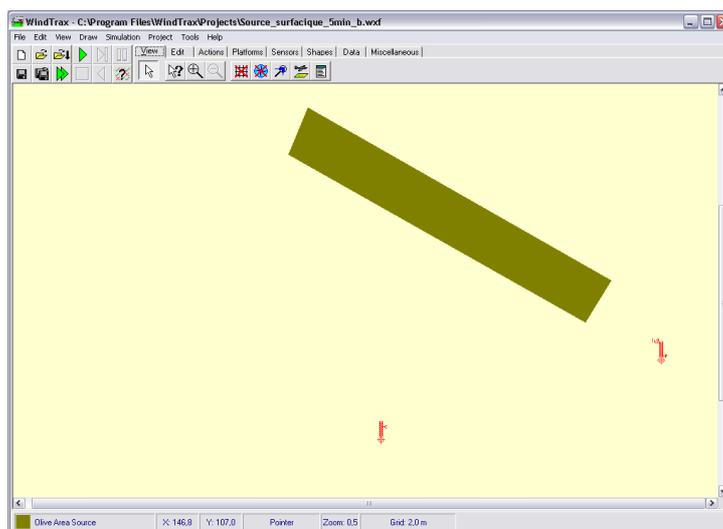


Figure 8. Reconstruction du bâtiment et des instruments sous WindTrax (windtrax model)

Le bâtiment a été considéré comme une source surfacique unique et homogène. Il est cependant à noter que le bâtiment était en réalité séparé à la moitié de manière à isoler les femelles des mâles.

Après avoir sélectionné uniquement les périodes où l'analyseur était sous les vents du bâtiment, les données dynamiques de l'analyseur photoacoustique (1 pt/min) et de la station météo ont été moyennées sur 15 minutes (concentration en NH_3 / vitesse du vent / direction du vent / température). Ces valeurs ont été ensuite intégrées au modèle BLS « WindTrax » qui fournit pour chaque couple (concentration ammoniac / conditions météo) la valeur de flux correspondante. Les résultats des flux ainsi obtenus sont présentés dans la figure suivante.

Chicken barn has been considered as a unique and homogenous source. In fact, females and males were separated and this could change emission homogeneity.

After having selected the only periods of time where the analyzer was downwind from the barn (based on wind direction measurements), 15 minutes mean data have been computed using dynamic ammonia measurements (1 point/min) and met station data. These data have then been introduced in Windtrax which modeled an ammonia flux for each ammonia concentration / wind data pair. Results are presented in the next figure.

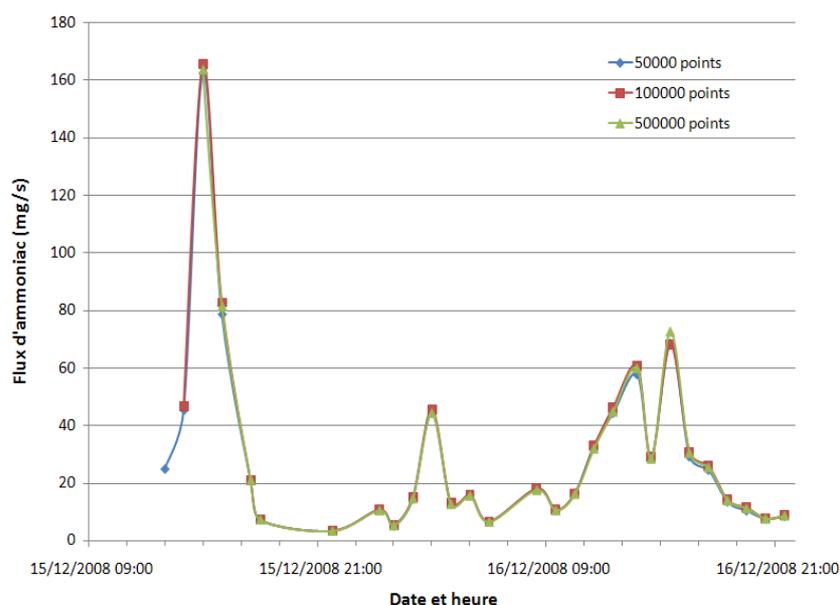


Figure 9. Evolution temporelle du flux de NH₃ émis (NH₃ emission)

Sur la journée du 16 au 17 décembre, les flux obtenus avec la méthode BLS sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus par modélisations classique à l'aide du modèle ADMS, mais légèrement plus faibles (27 ± 20 mg/s par rapport à 69 ± 18 mg/s. indiqués ci-dessus).

From December 16th to 17th 2008, ammonia fluxes modeled by BLS method are comparable to the ones determined using a Gaussian model and passive samplers, but slightly weaker: (27 ± 20 mg/s compared to 69 ± 18 mg/s. given above).

6.3.2 Cas des particules (Case of particles)

La problématique des particules revêt un intérêt grandissant ces dernières années, avec un accent posé particulièrement sur les PM10 et PM2,5. Dans le cas des bâtiments d'élevage, la problématique « particules » est relativement complexe. Il faut en effet bien distinguer les particules dites « primaires », c'est à dire émises par la source directement sous forme de particules (poussières issues des céréales, de la litière, desquamation des animaux, etc.), des particules secondaires, émises par la source sous forme de gaz mais pouvant générer une réaction avec d'autres gaz conduisant à la formation d'aérosols secondaires (cas de l'ammoniac).

De le cadre de ces travaux, seules les particules « primaires » ont été analysées.

Six compteurs de particules ont été mis en place autour du bâtiment et disposés de la manière suivante :

Particles are of great concern, especially PM10 and PM2,5. In the case of animal housings, particles subject is complex.

Care has to be taken to distinguish between primary particles (i.e. emitted directly as a particle from the barn) and secondary particles (emitted as gas but that can react and form aerosols).

During this campaign, only primary particles has been investigated.

Six particle counters have been set up around the barn and located as shown in the following figure:



Figure 10. Positionnement des compteurs de particules (position of particle counters)

Au regard des roses des vents moyennes des mois de décembre passés, le compteur de particules OS2476 a été positionné en tant que « référence ». Il a été installé dans une zone non exposée aux émissions du bâtiment ; cet emplacement de mesure a permis d'évaluer en permanence les niveaux de bruit de fond de l'air ambiant.

Les cinq autres compteurs ont été placés de manière à quadriller la zone impactée par les particules, en considérant l'orientation du vent de Nord à Nord-Est. Les instruments ont été installés à 20, 40 et 60 m dans l'axe perpendiculaire au bâtiment, de manière à bien évaluer le gradient de concentration existant.

L'ensemble des mesures collectées lors de cette campagne montre que l'impact des émissions du bâtiment sur son proche environnement est faible et concerne majoritairement les TSP et PM 10, c'est à dire les classes granulométriques importantes. Si cet impact est mesurable, il reste cependant très faible par rapport aux variations dues aux autres sources et mesurées par le bruit de fond.

Ainsi, à titre d'exemple, sur la courbe du suivi des PM10, on peut distinguer certaines périodes où certains analyseurs présentent des résultats supérieurs aux autres (de par leur positionnement

According to the wind rose of the past December months, particle counter n°OS2476 has been positioned as a "reference" point, i.e. to measure the background concentration.

The five other instruments have been positioned to try to measure the impact of the barn and assess the concentration gradient downwind from it. They have been therefore positioned at distances of 20, 40 and 60 meters away from the barn.

Data acquired during this campaign tend to show that the impact from the barn on particles concentrations is weak and concerns mainly TSP and PM10. If measurable, this impact is weak compared to the variations caused by other sources and characterized by background concentration.

As an example, in the PM10 chart, some specific periods of time can be identified where some instruments are recording higher concentrations than others due to their respective position and wind direction:

sous les vents du bâtiment):

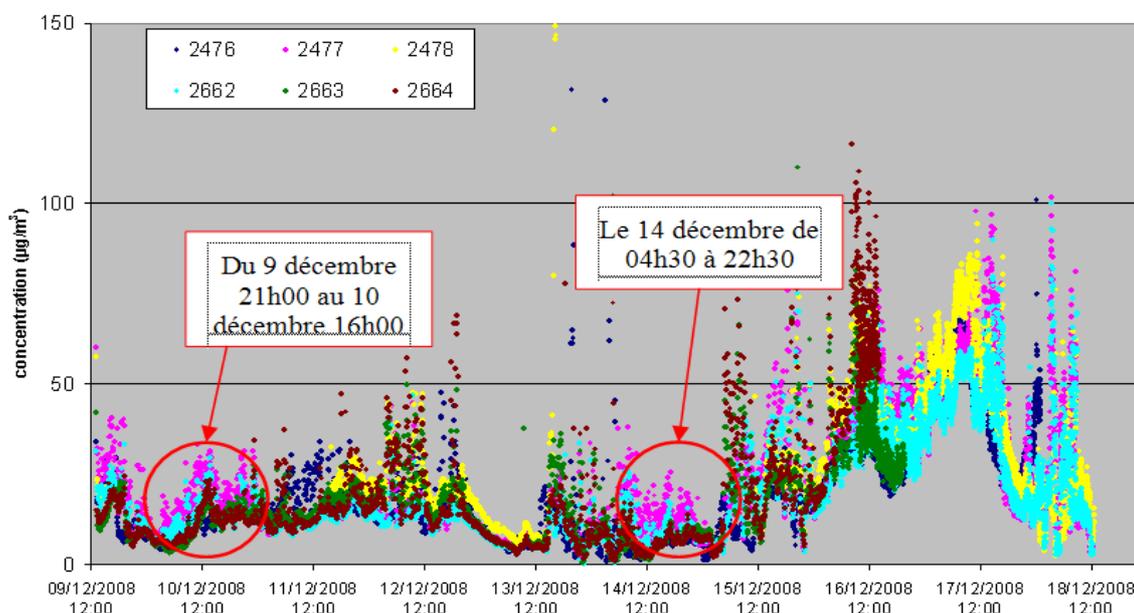


Figure 11. Suivi des concentrations en PM10 (PM10 monitoring)

Sur cet exemple et au regard des données météorologiques (vents de secteur N-NW), les compteurs 2477 et 2662 correspondent bien ici aux seuls instruments situés sous les vents du bâtiment.

Il est de plus très intéressant de noter que l'instrument 2476, représentant le témoin « bruit de fond », enregistre la plupart du temps des concentrations très proches de celles des autres instruments. Ceci démontre que l'apport du bâtiment aux niveaux de concentrations en particules dans l'air ambiant est relativement faible. Cela est particulièrement notable pour les journées des 16 et 17 décembre où les concentrations importantes mesurées par le compteur référence sont similaires à celles des autres compteurs.

La réglementation française porte sur les concentrations en particules PM10 à l'air ambiant. Ces dernières sont calculées et moyennées à partir des résultats de différentes stations de mesure spécifiquement positionnées (station de fond rurale, péri urbaine, urbaine, trafic, etc.). Les valeurs limites et guides ne sont de ce fait pas directement transposables à une situation de proximité de sources (ici le bâtiment d'élevage), mais sont uniquement fournies à titre de comparaison.

For the specific periods highlighted above and according to the corresponding met data (wind from N-NW), particles counters 2477 and 2662 are indeed the ones situated downwind from the barn.

Moreover, it is interesting to note that counter 2476 (reference or « background ») is always recording concentration levels very comparable with the others. This tends to demonstrate that impact from the barn on particles concentration levels is relatively weak. This is clearly noticeable from December 16th to 17th, when even if high, concentrations are comparable between all the instruments.

French legislation on particles levels is only dealing with PM10 concentrations. These are calculated using data from different measuring stations (Rural, urban, trafic, etc.). Therefore, limits are not directly transposable to this situation (close to a source), but are just given as a comparison.

Expressed as an annual mean, PM 10 limit is 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (with an objective at 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Exprimée en moyenne annuelle, la concentration limite réglementaire en PM 10 est de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (avec un objectif de qualité de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Le seuil de recommandation et d'information est fixé à $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ exprimée en moyenne sur 24 heures. Le seuil d'alerte est quant à lui fixé à $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, exprimé en moyenne sur 24 heures.

Si l'on considère les gradients de concentration existant autour du bâtiment d'élevage, on aboutit à la représentation suivante:

Information limit is at $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 hours mean) and alert limit is at $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 hours mean).

Considering concentration gradients around the barn, the following figure can be obtained:

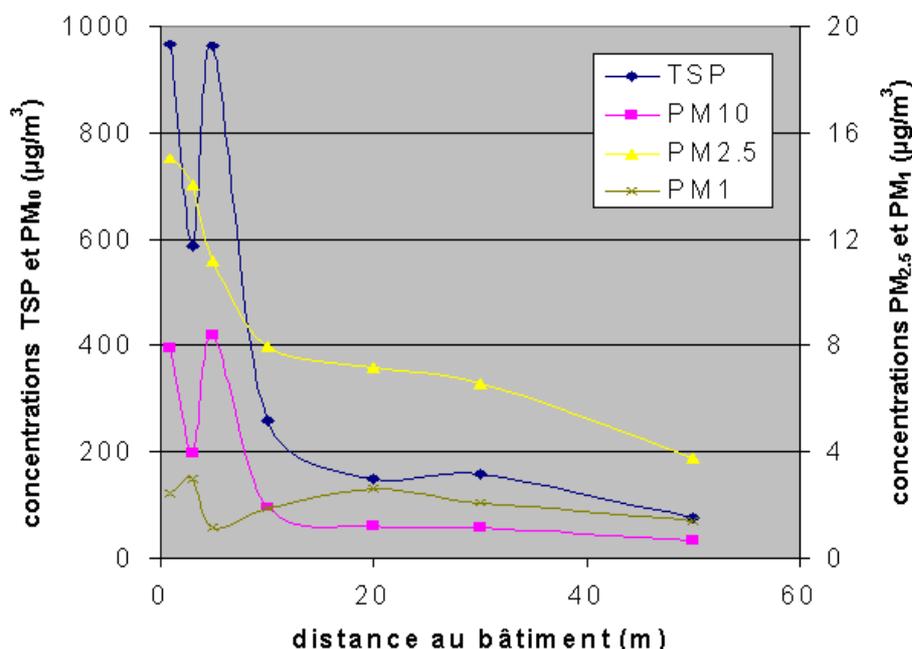


Figure 12. Gradients de concentration en particules (observed particle concentrations)

D'après la représentation ci-dessus, on note que l'influence des émissions du bâtiment sur les concentrations en PM1 et PM2,5 est très faible voir inexistante. Si l'influence sur les concentrations en PM10 et TSP est plus nettement détectée, la zone impactée par les émissions est limitée à 10 mètres environ autour du bâtiment.

D'après les valeurs réglementaires présentées ci-avant, il apparaît que les concentrations en PM10 mesurées dans le proche environnement du bâtiment d'élevage lors de cette expérimentation sont sensiblement comparables aux valeurs réglementaires. De plus, l'apport du bruit de fond aux concentrations mesurées est souvent majeur, c'est à dire que plus de 80 % des particules PM10 mesurées ont une origine extérieure au bâtiment

According to the chart above, impact of emissions from the barn on PM1 and PM2,5 concentration levels is very weak. If measurable, impact on PM10 and TSP is stronger but is restricted to a very short distance from the building.

PM10 concentration levels measured during this campaign appear to be in agreement with french national limits. Moreover, background is most of the time representing ca. 80 % of the concentration levels measured around the barn. This tend to show that a great proportion of particles have a other origin.

Based on these results, it is possible to consider

d'élevage.

On peut donc considérer que les flux de particules émis par le bâtiment sont composés majoritairement de particules de taille supérieure à $10\mu\text{m}$ mais que l'influence de ces émissions est très limitée.

Compte tenu de ces résultats, les flux de poussières n'ont pas été déterminés par modélisation inverse.

that particles emitted by the barn are particles with a great size ($> 10\mu\text{m}$) and that impact from thses emission is limited in space.

Reverse modelling has therefore not been conducted on these results.

6.4 Mesures continues à l'intérieur du bâtiment d'élevage (Continuous measurements inside the animal house)

6.4.1 Mesure du débit d'air (ventilation measurement)

Les mesures comportait un enregistrement de température, d'hygrométrie et de concentrations en gaz en plusieurs points du bâtiment.

Le débit d'air a été calculé par traçage. A plusieurs reprises au cours du lot d'animaux, nous avons utilisé un gaz traceur (SF_6) injecté à dose constante, l'absence de dérive de l'injection étant contrôlée en estimant le débit régulièrement par décroissance de la concentration. Ces périodes ont été complétées par une mesure de la ventilation par traçage avec les productions théoriques de chaleur et de CO_2 des poulets élevés sur litière.

Temperature, hygrometry and gas concentrations were continuously recorded in several points of the house.

The ventilation was calculated by tracing. Several time during the batch of animals, we used a tracing gas (SF_6) injected with constant dose and controlled by the concentration decrease method. These periods were completed with ventilation measurements achieved with tracing based on the theoretical productions of heat and CO_2 of chickens raised on litter.

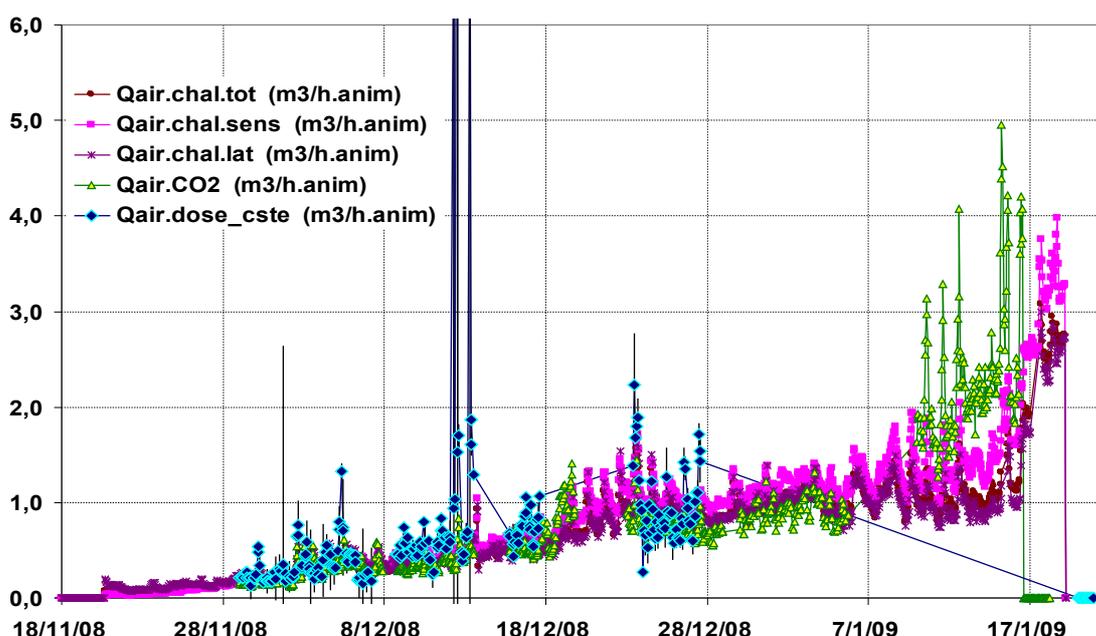


Figure 13. Débit de renouvellement d'air observé durant la période d'élevage par plusieurs méthodes de traçage (ventilation observed with different tracing methods)

Les résultats sont présentés ci-dessus. Ils montrent une bonne concordance générale des calculs mais des différences importantes, supérieures à 50% de la valeur maximale, si l'on regarde une période de quelques heures en particulier.

Cette bonne concordance montre une bonne connaissance des productions de chaleur des animaux et de leur litière dans le cas de cet élevage.

The results are presented above. They show a general agreement of calculations but with important differences, higher than 50% of the maximum value, if one looks at some periods of a few hours in particular.

This good agreement shows that heat productions by the animals and their manure were well-known in this case.

6.4.2 Cas des gaz (Case of gases)

La figure ci-dessous montre les émissions d'ammoniac mesurées par traçage soit avec le gaz traceur, soit avec la production de chaleur totale.

The figure below shows the results of ammonia emissions measured by tracing either with tracing gas, or with the production of total heat.

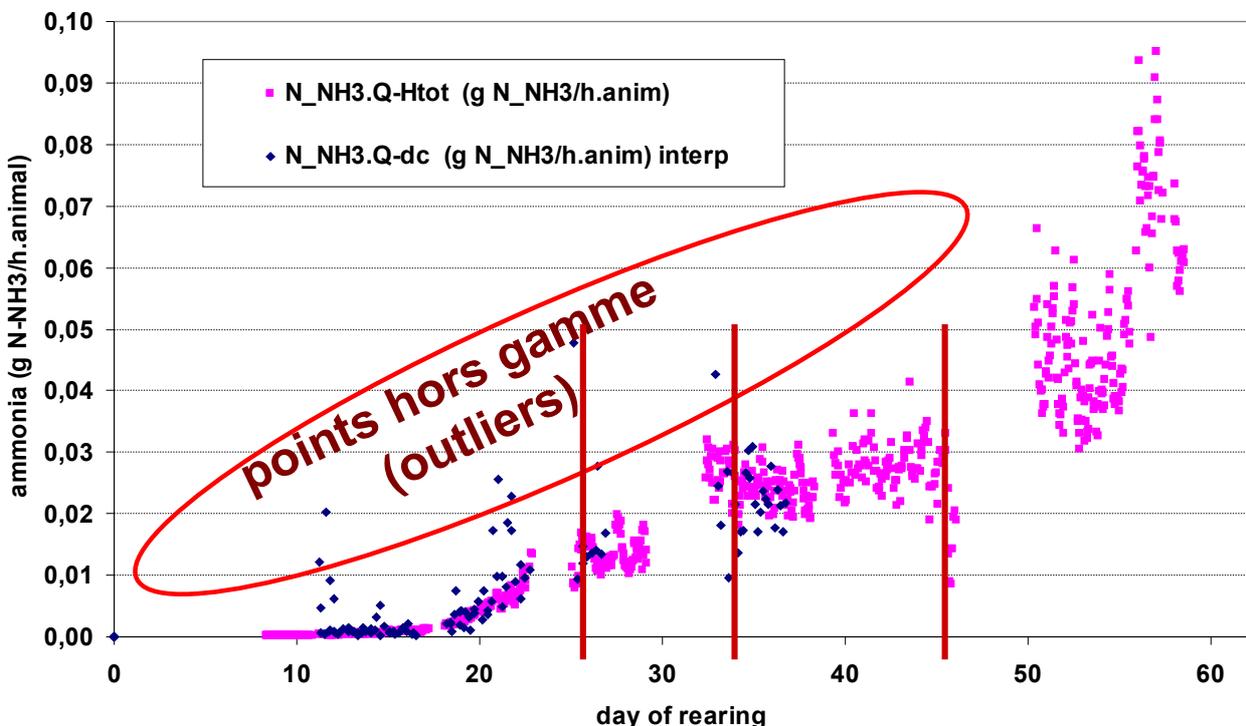


Figure 14. Emissions d'NH₃ mesurées par traçage avec la chaleur totale [Htot] ou par traçage au SF₆ [dc : dose constante] ; les barres verticales indiquent les jours de mesure ponctuelle de l'émission (NH₃ emissions measured by tracing with total heat production [Htot] or by tracing with SF₆ [dc : constant dose]; bars indicate the days of

intermittent measurements

La figure ci-dessous montre les émissions d'ammoniac mesurées par traçage soit avec le gaz traceur, soit avec la production de chaleur totale.

On constate que le traçage au SF₆ peut générer des données aberrantes. Ces points s'expliquent par le régime turbulent de la ventilation naturelle avec certains pas de temps où soit la concentration intérieure décroît fortement, soit le point extérieur reçoit une bouffée d'air intérieur.

Ce phénomène est moins fréquent avec le traçage par la production de chaleur totale.

Ces différences montrent l'importance de combiner différentes méthodes pour améliorer la fiabilité des mesures d'émissions.

The figure below shows the results of ammonia emissions measured by tracing either with tracing gas, or with the production of total heat.

The results show that the tracing with the SF₆ can generate outliers. These points can be explained by the turbulent regime of natural ventilation where during some time step, either the inside concentration strongly decrease, or the outside point receives a large eddy of inside air.

This phenomenon is less frequent when using tracing with the total heat production of the animals.

These differences show the importance to combine various methods to improve the reliability of emission measurements.

6.5 Comparaison des émissions mesurées par différentes méthodes (*comparison of emissions measured by different methods*)

6.5.1 Cas des mesures continues (*Case of continuous measurements*)

La figure ci-dessous compare les émissions d'ammoniac, mesurées par traçage soit avec le gaz traceur, soit avec la production de chaleur totale, aux émissions mesurées par modélisation inverse.

The figure below shows the ammonia emissions measured by tracing either with tracing gas, or with the production of total heat, and compare them to the emissions measured by reverse modelling.

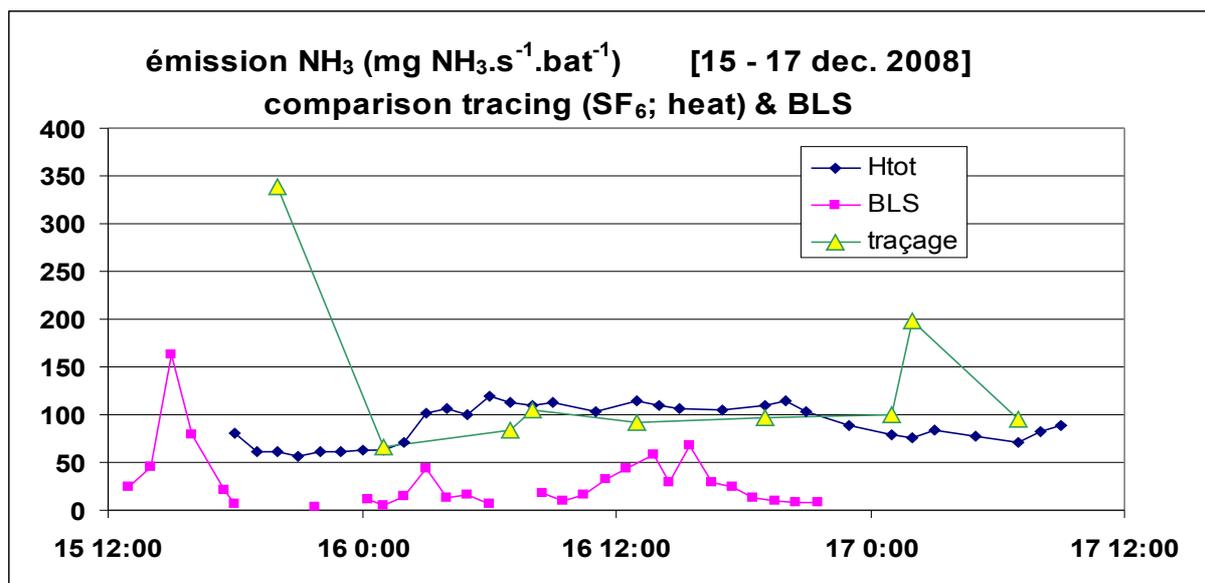


Figure 15. Comparaison des émissions mesurées par méthodes directe et indirecte (comparison of emissions measured by direct measurements or by reverse modelling)

L'émission donnée par la modélisation inverse étaient déjà basse (27 ± 20 mg/s prévu par la méthode BLS comparé à 69 ± 18 mg/s. prévu par le modèle d'ADMS). Elle est encore inférieure aux émissions mesurées avec les méthodes directes (environ 100 mg/s).

Plusieurs raisons peuvent expliquer ces différences :

- les dépôts d'ammoniac à l'extérieur du bâtiment, mais en hiver, l'activité réduite de la végétation peut difficilement expliquer la baisse de 80%,
- la sensibilité des évaluations de modélisation inverse aux paramètres du modèle déduits des conditions météorologiques et de la configuration du site,
- un biais dans des mesures directes de la ventilation, ayant induit une sous-évaluation des émissions de gaz,
- la calibration des mesures d'ammoniac, la calibration des constructeurs ayant été utilisée, tandis que les capteurs n'ont pas été homogénéisés et raccordés aux étalons nationaux.

Par conséquent, la confrontation de ces évaluations au bilan de matière du bâtiment d'élevage, ou l'application de la modélisation inverse à un gaz inerte, sont nécessaires pour évaluer la fiabilité de ces mesures.

The emission given by the BLS method were already low (27 ± 20 mg/s compared to 69 ± 18 mg/s. estimated by ADMS model). It is even lower than the emissions measured with direct methods (around 100 mg/s).

Several reasons can explain these differences:

- ammonia sinks outside the house, but in winter, the low activity of vegetation can hardly explain the 80% decrease,
- sensitivity of reverse modelling estimates to the model parameters deduced from meteorological conditions and site configuration,
- bias in direct estimates of the ventilation resulting in an over estimate of gas emissions,
- calibration of ammonia measurements, as constructor calibrations were used but all sensors were not homogeneized and referenced to national standards.

Therefore, the confrontation of these estimates to the mass balance of the animal house, or the application of reverse modelling to an inert gas are necessary to evaluate the reliability of these measurements.

6.5.2 Cas des mesures discontinues (Case of intermittent measurements)

Dans les bâtiments en ventilation naturelle, des mesures intermittentes de concentration en gaz peuvent être interpolées en utilisant le bilan de masse du bâtiment d'élevage, observé ou déduit de références nationales.

Dans le cas actuel, les bilans de masse du carbone, de l'azote, et de l'eau ont été observés (intrants d'alimentation, de gaz, d'eau et d'animaux ; sorties des animaux et de l'effluent).

Nous avons choisi 3 jours de la mesure intermittente comme indiqué par Ponchant et al. (2008). Les jours choisis sont indiqués sur la figure ci-dessus (barres verticales).

Le tableau ci-dessous donne les résultats de la comparaison pour l'eau, le carbone et l'azote.

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 ce résultat, il convient de s'assurer que le seuil de détection de la méthode permet effectivement de détecter cette valeur. Ce seuil de détection dépend essentiellement de la mesure des concentrations intérieures et extérieures en CH₄. Il conviendrait donc de contrôler sa valeur négative par un autre équipement de mesure, basé sur un principe différent de celui utilisé ici (absorption dans l'infra-rouge thermique).

L'écart entre les trois 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 mais n'avons pas vérifié le raccordement des différents appareils entre eux. La mesure par le bilan de masse est sensible à une erreur sur le compteur d'entrée d'eau, la mesure par le traçage à la production de chaleur est sensible à la calibration des thermohygromètres, la mesure par la méthode simplifiée est sensible à la calibration de l'analyseur de gaz.

In naturally ventilated buildings, intermittent measurements can be interpolated using the mass budget of the animal house, either observed or deduced from national references.

In the present case, the mass balance of carbon, nitrogen, water, and phosphorus were monitored (inputs of feed, gas, water and animals; outputs of animals and manure).

We chose 3 days of intermittent measurement as indicated by Ponchant et al. (2008). The chosen days are plotted in the above figure.

The table below gives the results of the comparison for water, carbon and nitrogen.

The carbon emissions measured by tracing with the total heat production are very close to the mass balance deficit. One can deduce from it that the ventilation estimated by tracing was close to the true value of ventilation.

The methane loss observed is slightly negative (methane sink). Before using this result, it is advisable to make sure that the detection level of the method makes it possible indeed to detect this value. This detection level depends primarily on the measurement of the inside and outside concentrations in CH₄. It would thus be advisable to control its negative value by another measuring equipment, based on a principle different from that used here (absorption in thermal infra-red).

The difference between the three measurements of water emission is very high. These differences can be explained by problems of sensor calibration. We used the calibration of the manufacturers but did not check the connection of the various equipment between them. The measurement by the budget of mass is sensitive to an error on the water flowmeter, the measurement by tracing with the total heat production is sensitive to the calibration of the thermohygrometers, the measurement by the simplified method is sensitive to the calibration of the gas analyzer.

Tableau 3. 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 (Comparison of the emissions measured by the intermittent method [concentration ratio] with the emissions measured by tracing with the total heat production [Htot] and with the deficit of the mass budget)

kg /house	Mass budget	Htot continuous /tracing	Conc. 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

La comparaison des valeurs pour l'azote montre que le défaut de bilan d'azote est largement supérieur aux émissions observées par les autres méthodes. Comme la ventilation est bien estimée (cf. bilan de carbone), seules des concentrations deux fois plus élevées en NH₃ et N₂O pourraient expliquer une émission plus élevée. Le contrôle des concentrations en NH₃ par des tubes Dräger a montré que ce n'était pas le cas. En revanche, une perte d'azote sous forme N₂ est possible compte tenu du caractère humide, aéré et riche en azote et en carbone du fumier, favorable aux transformations par nitrification et dénitrification. Nous retenons donc l'hypothèse d'une émission de N₂ voisine de la moitié du défaut de bilan d'azote.

Les émissions d'NH₃ mesurées par la méthode continue ou la méthode simplifiée donnent des valeurs similaires, confirmant les observations de Ponchant et al. (2008).

En revanche 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 qui est très élevé par rapport aux données habituelles de la littérature. 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.

The comparison of the values for nitrogen shows that the nitrogen mass balance deficit is largely higher than the emissions observed by the other methods. As ventilation is well estimated (cf budget of carbon), only concentrations of NH₃ and N₂O twice higher could explain a higher emission. The control of the NH₃ concentrations by Dräger tubes showed that it was not the case. On the other hand, a nitrogen loss in form N₂ is possible taking into account the character wet, aerated and rich in nitrogen and carbon of the solid manure, favorable to transformations by nitrification and denitrification. We thus retain the assumption of a N₂ emission close to half of the nitrogen mass balance deficit.

The emissions of NH₃ measured by the continuous method or by the simplified method give similar values, confirming the observations of Ponchant et al. (2008).

On the other hand the emission measurements of N₂O are very different. The simplified method underestimates by 90% the emission observed by the continuous method. The emission of N₂O measured by the continuous method is close to 60% of the NH₃ emission, which is very high compared to the usual data of the literature. The observation of the concentrations during the rearing period shows that the choice of the days of measurement for the simplified method leads to a bias: the periods with strong emission, at the beginning and at the end of the batch, were not sampled. Consequently, in the situations presenting a risk of increased emission of N₂O the sampling strategy of the batch must be checked by continuous measurements.

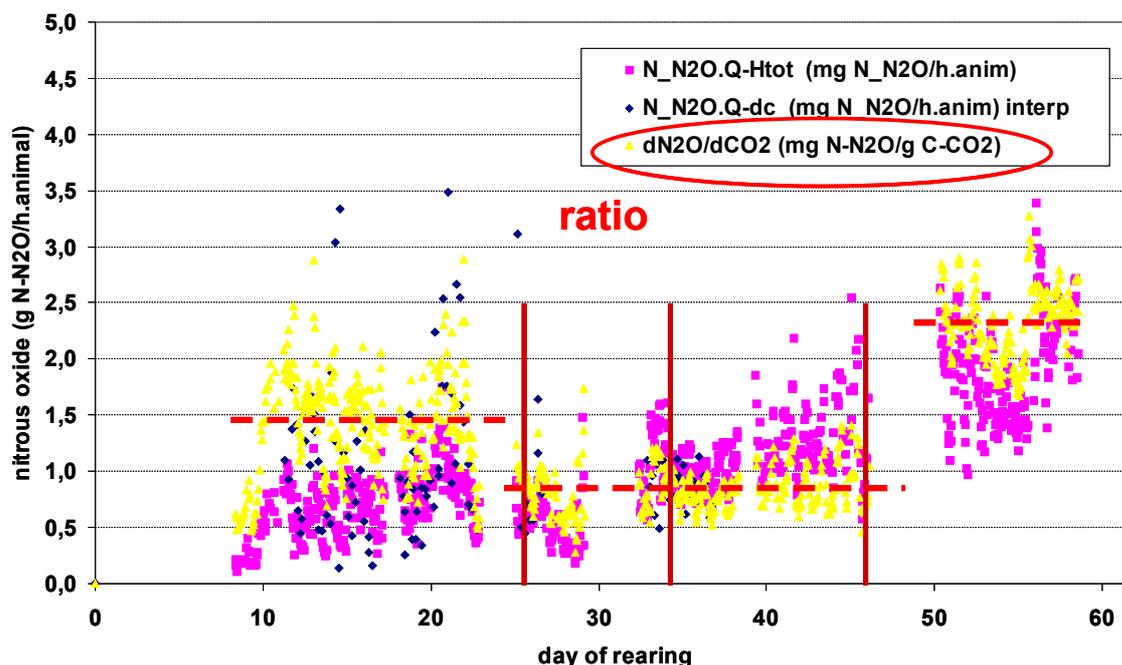


Figure 16. Emissions de N₂O mesurées par traçage avec la chaleur totale [Htot] ou par traçage au SF₆ [dc : dose constante] ; les barres verticales indiquent les jours de mesure ponctuelle de l'émission ; les pointillés horizontaux indiquent la valeur moyenne du rapport $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{N}_2\text{O}$ pour trois périodes (N₂O emissions measured by tracing with total heat production [Htot] or by tracing with SF₆ [dc : constant dose]; bars indicate the days of intermittent measurements; dotted line indicates the average of the $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{N}_2\text{O}$ ratio for three periods)

6.6 Mesures continues au stockage d'effluents (Continuous measurements in manure stores)

6.6.1 Dispositif expérimental (Experiment)

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.

The period of storage experiment began in June and ended in September 2009, under wet and stormy climatic conditions at the beginning, warmer at the end of the experimentation.

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

Measurements carried on two pits (Figure below), one exposed to the bad weather, characterized by tracing, the other under a plastic greenhouse ventilated with a flow known with accuracy.

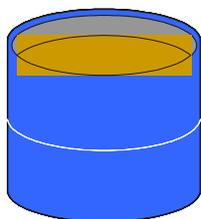
Les deux fosses étaient équipées de chambres dynamiques de mesure et un bilan de masse a

The two pits were equipped with dynamic chambers and a budget of mass was carried out

été réalisé sur chacune.

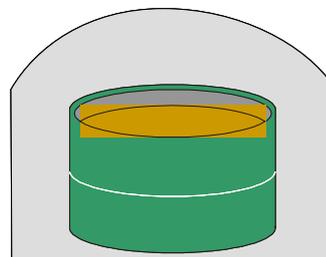
on each one.

Fosse extérieure



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

Fosse abritée



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

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 17. Caractéristiques des deux fosses (characteristics of both tanks)

6.6.2 Comparaison des mesures d'émissions (Comparison of emission measurements)

Sur la fosse extérieure, les mesures d'émissions d'ammoniac n'ont été possibles qu'avec la chambre dynamique. La mesure par traçage n'a pas été possible en raison d'un seuil de détection un peu élevé sur l'ammoniac et d'un environnement émetteur d'ammoniac (site d'élevage).

La comparaison des mesures par chambre et traçage est possible sur le méthane (Figure ci-dessous). On constate 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 (Hassouna et al., 2010) montrant que l'émission d'ammoniac de la chambre est très sensible à la vitesse d'air à la surface du lisier, dans la chambre.

On the outside tank, measurements of ammonia emission were only possible with the dynamic chamber. The measurements by tracing were not possible because of a detection level a little high on ammonia and CO₂ and because of an environment with other ammonia emissions (as most animal farms).

The comparison of measurements by chamber and tracing is possible on methane (Figure below). One notes at the same time a difference in order of magnitude of measurements (chambre < tracing) and a difference in dynamics (increase in the emission measured by the chamber, stability of the emission observed by tracing). This result confirms other work (Hassouna et al., 2010) showing that the ammonia emission of the chamber is very sensitive at the speed of air on the surface of the slurry, in the chamber.

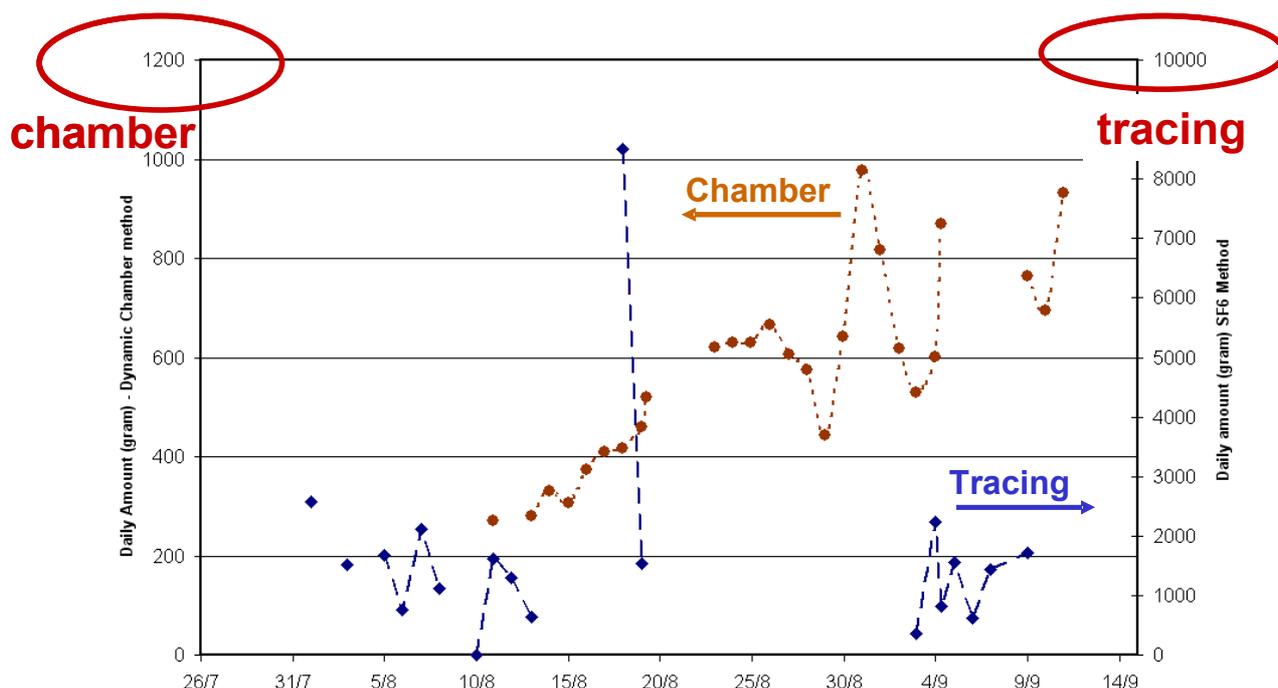


Figure 18. Emissions de CH₄ de la fosse extérieure (CH₄ emission of outside tank)

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

On the covered tank, the observation of the NH₃ and water emissions shows, like in the case of the tracing, periods where measurements are interrupted. These periods correspond to failures of the system. These failures can occur in most experiments for accidental reasons (storm) or technical (inappropriate direction of the wind for the tracing).

Dans le cas présent les interruptions ont lieu alors que les émissions varient fortement. Il en résulte une forte sensibilité de l'émission calculée pour toute la période au choix d'algorithme pour l'interpolation des données.

In this case the interruptions take place whereas the emissions strongly vary. It results from it a strong sensitivity of the emission calculated for all the period to the choice of algorithm for the interpolation of the data.

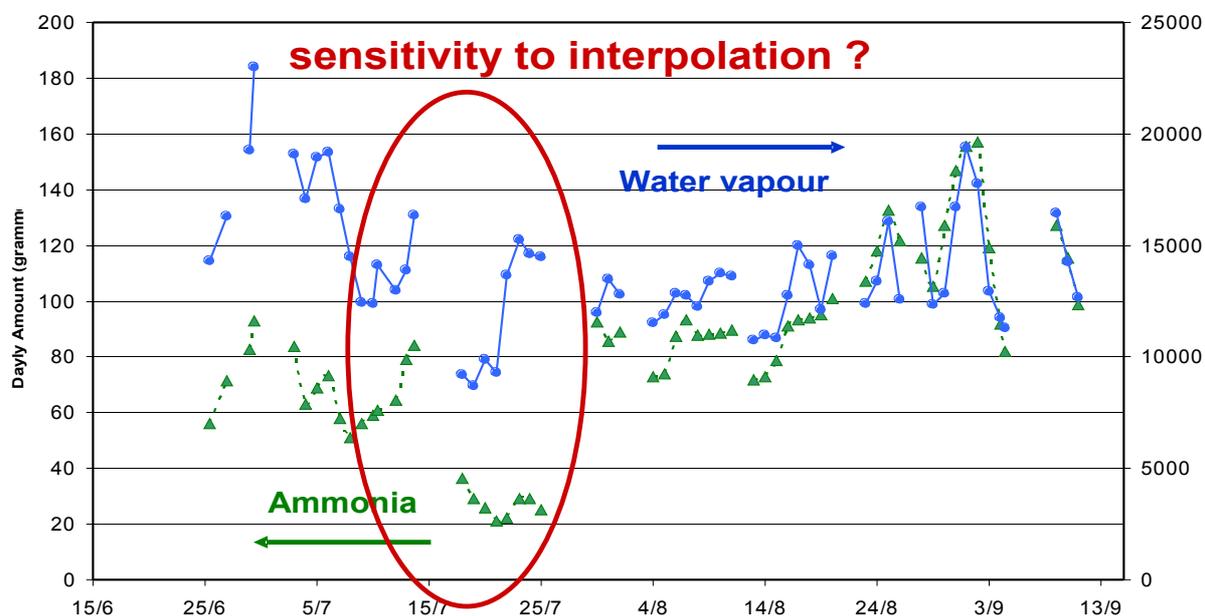


Figure 19. Emissions de NH_3 et d'eau de la fosse abritée (water and NH_3 emissions of covered tank)

La comparaison des émissions aux déficits des bilans de masse pour l'eau, le carbone et l'azote (tableaux ci-dessous) montre que l'émission d'ammoniac mesurée par la chambre est toujours inférieure au déficit d'azote. Dans le cas présent, l'hypothèse de transformations par nitrification et dénitrification proposée pour le fumier, est difficile à accepter pour le lisier pour trois raisons : (i) l'azote s'accumule sous forme ammoniacale lors du stockage, (ii) l'oxygène diffuse très lentement dans la masse de lisier, (iii) l'émission de N_2O est deux ordres de grandeur inférieure à l'émission ammoniacale. Par ailleurs l'effet de la vitesse d'air dans la chambre sur les émissions de NH_3 , N_2O , CH_4 , CO_2 est significatif et particulièrement élevé sur l'émission ammoniacale (Hassouna et al., 2010). Enfin, l'effet de la vitesse d'air sur l'émission ammoniacale est confirmé par des mesures en laboratoire utilisant une solution ammoniacale (projet ES-WAMAR). Par conséquent, nous retenons l'hypothèse d'un biais expérimental important, pouvant dépasser 90% de l'émission ammoniacale « vraie », dû au dispositif d'observation constitué par la chambre lorsque la vitesse d'air y est faible.

The comparison of the emissions to the deficits of the mass balance of water, carbon and nitrogen (tables below) shows that the ammonia emission measured by the chamber is always lower than the nitrogen deficit. In this case, the assumption of transformations by nitrification and denitrification suggested for solid manure, are difficult to accept for the slurry for three reasons: (i) nitrogen accumulates in ammoniacal form during storage, (ii) oxygen diffuses very slowly in the slurry mass, (iii) the emission of N_2O is two orders of magnitude lower than the ammonia emission. In addition the effect the speed of air in the chamber on the emissions of NH_3 , N_2O , CH_4 , CO_2 is significant and particularly high on the ammonia emission (Hassouna et al., 2010). Lastly, the effect of air speed on the ammonia emission is confirmed by measurements in laboratory using an ammoniacal solution (project ES-WAMAR). Consequently, we retain the assumption of an important experimental bias, being able to exceed 90% of the "true" ammonia emission, due to the observation method consisting in a chamber where air speed is too low.

**Tableau 4. Comparaison des émissions au bilan de masse pour la fosse extérieure
(Comparison of the emissions with the deficit of the mass budget for the outside tank)**

	Depth = 1,400 m		Depth = 1,279 m		Difference (final-initial) (kg)	Measurements by chamber (kg)	Measurement by tracer gas (kg)
	Composition	Mass	Composition	Mass			
	Initial (g/kg)	(kg)	Final (g/kg)	(kg)			
Total		9250		8450	800	430	
H ₂ O	928	8589	960	8117	471		
Dry matter	71,5	661	39,4	333	329		
Organic matter	51,6	477	24,3	205	272	120 *	444 *
Total N	5,54	51,2	4,04	34,1	17,11	2 **	
Organic N	2,44	22,6	1,22	10,3	12,26		
Ammoniacal N	3,1	28,7	2,82	23,8	4,85		

* As methane and CO₂ assuming carbon is 50% of organic matter

** As ammonia: emissions of all other forms of nitrogen gas considered negligible

**Tableau 5. Comparaison des émissions au bilan de masse pour la fosse couverte
(Comparison of the emissions with the deficit of the mass budget for the covered tank)**

	Depth = 1,400 m		Depth = 1,185 m		Difference (final-initial) (kg)	Measurements by chamber (kg)	Measurement by tent (kg)
	Composition	Mass	Composition	Mass			
	Initial (g/kg)	(kg)	Final (g/kg)	(kg)			
Total		13470		11400	2070	1097	
H ₂ O	938	12634	958	10919	1715		
Dry matter	62,1	836	42,2	481	355		
Organic matter	44,2	595	26,1	297	298	840*	
Total N	5,01	67,5	4,38	49,9	17,5	6,4 **	
Organic N	1,99	26,8	1,18	13,4	13,3		
Ammoniacal N	3,02	40,7	3,2	36,5	4,2		

* As methane and CO₂ assuming carbon is 50% of organic matter

** As ammonia: emissions of all other forms of nitrogen gas considered negligible

Dans le cas de l'eau et du carbone, l'émission *In the case of water and carbon, the emission can*

peut être inférieure ou supérieure au déficit observé du bilan de masse. Dans ce cas deux groupes d'hypothèses sont retenues pour expliquer ces écarts : (i) la calibration des appareils et le raccordement entre eux et aux étalons nationaux, (ii) une incertitude sur le bilan liée à l'analyse de l'eau et du carbone du lisier qui est rendue difficile par la forte proportion du carbone minéral et de l'eau liée à la matière organique.

be lower or higher than the observed deficit of the mass balance. In this case two groups of assumptions can explain these variations: (i) the calibration of sensors and connection between them and to national standards, (ii) an uncertainty on the mass balance related to the analysis of the water and the carbon of the slurry which is made difficult by the high proportion of mineral carbon and of water bounded to the organic matter.

6.6.3 Développement d'un modèle basé sur des mesures intermittentes d'ammoniac (Development of an intermittent model of ammonia emission of slurry tanks)

Les mesures de concentration en NH_3 et le débit de la serre ont permis de développer un modèle de calcul de l'émission utilisant la température de l'air et la température du lisier au voisinage de la surface (figure ci-dessous).

Une tentative similaire pour modéliser l'émission de CH_4 ou de CO_2 a montré par analyse statistique des corrélations que les variables observées (températures et humidité de l'air, températures du lisier) n'étaient pas suffisantes pour « expliquer » ces émissions.

Measurements of NH_3 concentration and of the ventilaton of the greenhouse made it possible to develop a model of the emission (Figure below) using the temperature of the air and the temperature of the slurry in the vicinity of surface.

A similar attempt to model the emission of CH_4 or CO_2 showed by statistical analysis of the correlations that the variables observed (temperatures and moisture of the air, temperatures of the slurry) were not sufficient to "explain" these emissions.

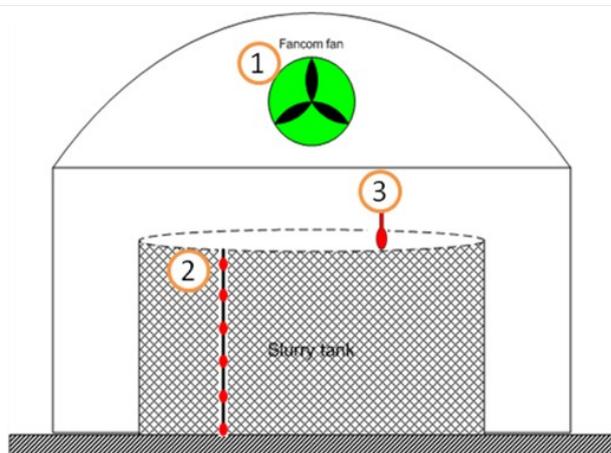


Figure 20. The tank cover facilitated with: (1) Fancom fan with a calibrated 'Fancom Exavent®' ventilation rate sensor measured ventilation rates with an accuracy of 45m³/h. (2) array of temperature sensors to measure slurry temperature at different depths. (3) Temperature and humidity sensor to measure near surface air temperature and humidity

La figure ci-dessous présente les observations utilisées pour élaborer le modèle.

The figure below presents the observations used to implement and calibrate the model.

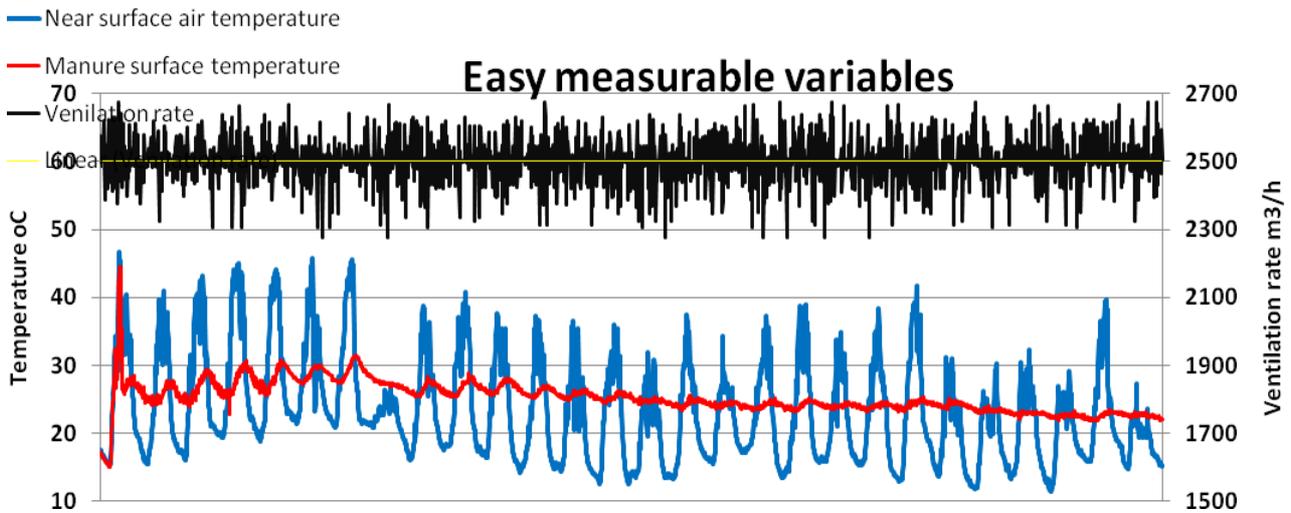


Figure 21. Les variables "faciles" à observer : débit de ventilation, température de l'air près de la surface de lisier et température de surface du lisier (The easy measurable variables : ventilation rate, near slurry surface air temperature and slurry surface temperature)

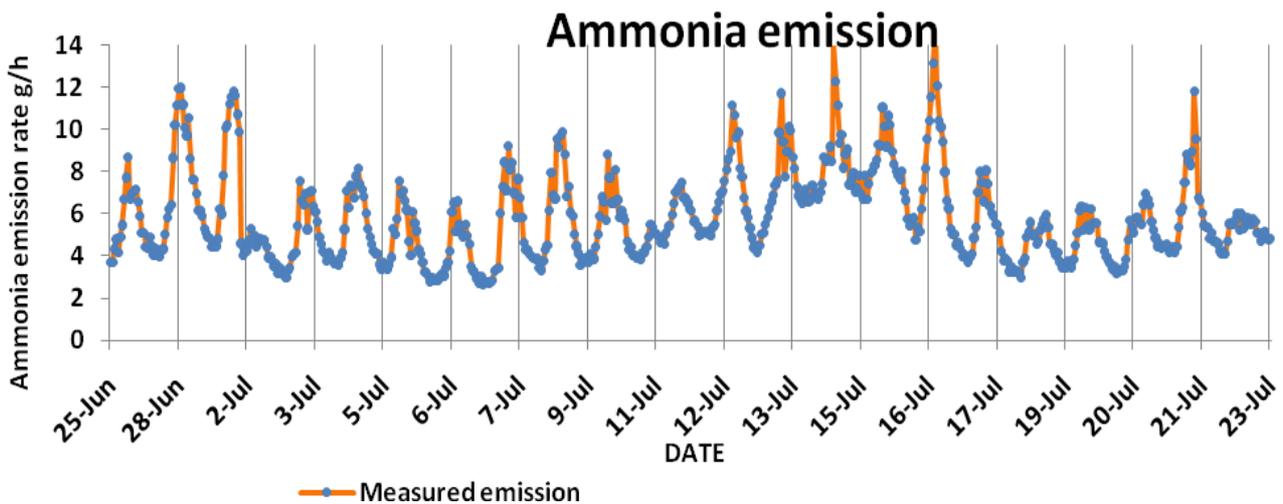


Figure 22. L'émission d'ammoniac (The ammonia emission rate)

La figure ci-dessous présente le protocole d'usage de la méthode de mesures intermittentes pour estimer l'émission d'ammoniac d'une fosse à lisier sur une certaine période de temps, basée sur des mesures continues de variables faciles à mesurer. Ce protocole comporte la validation et la recalibration des paramètres du modèle en utilisant un nombre limité de journées coûteuses de mesure de l'émission d'ammoniac.

Avec les données des cinq premiers jours, on calcule un modèle statistique simple, représenté par l'équation ci-dessous qui rapporte l'émission mesurée d'ammoniac aux variables facilement mesurables les mieux corrélées (température de

The Figure below represents a protocol for using intermittent measurements method for estimating ammonia emission over a certain time period based on continuous measurements of the easy measurable variables. That with validating and retuning the model parameters using limited days of the expensive ammonia measurements.

With the data of the first five days, a simple statistical model, represented by the equations below was calculated that relates the measured ammonia emission to the related easy measurable variables (near slurry

l'air près de la surface de lisier ; température de surface de lisier). Ce modèle statistique simple a été employé pour estimer l'émission d'ammoniac des autres jours, employant les données des variables relatives au cours de la période de temps. Pour la validation du procédé, des mesures continues de l'émission d'ammoniac ont été employées comme données de référence. La figure suivante montre comment le calibrage initial et retuning sont combinés.

surface air temperature and slurry surface temperature). This simple statistical model was used to estimate the ammonia emission over all other days, using the data of the related variables over the whole time period. For validation of the procedure, continuous measurements of ammonia emission were used as reference data. The next figure illustrates how initial calibration and retuning are combined.

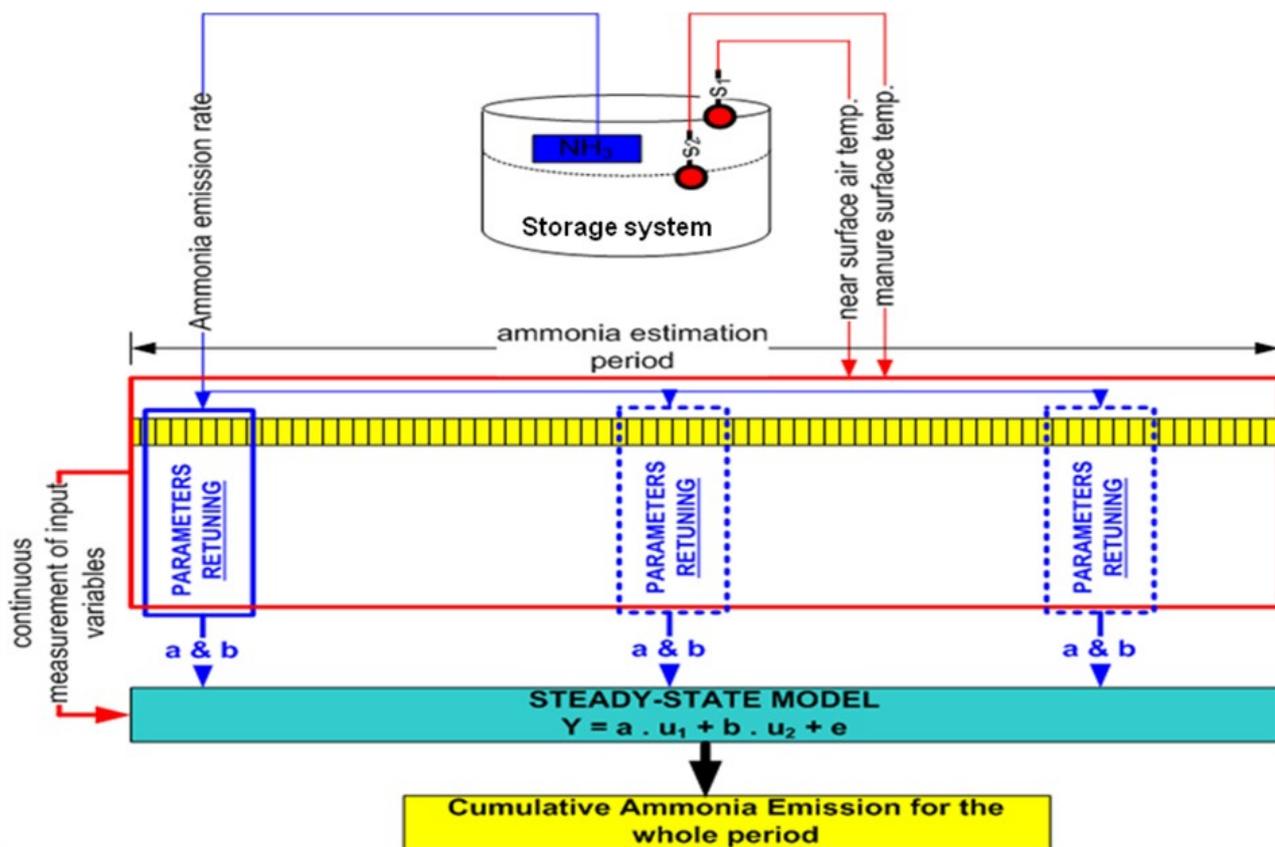


Figure 23. Schematic representation showing the intermittent measurement method to estimate the ammonia emission from slurry storage over a certain period. S1 and S2 are temperature sensors; NH₃ is the ammonia emission sensor; u1 and u2 are near slurry surface air and slurry surface temperatures, respectively; a and b are the model parameters.

Le modèle linéaire qui résulte de cette approche est illustré dans la figure ci-dessous. Il décrit bien l'émission d'ammoniac des cinq premiers jours et a un R² supérieur à 0.84 (A). Des mesures d'émission d'ammoniac d'une autre journée ont été employées pour recalibrer les paramètres du modèle (B). Les résultats de validation ont prouvé que les paramètres du modèle n'ont pas changé de manière significative après cette recalibration.

The resulting linear regression model illustrated in the figure below described the ammonia emission quite well from the first five days and had a R² of at least 0.84 (A). Ammonia emission data of one day was used later to retune the model parameters (B). The validation results showed that the model parameters did not change significantly after retuning.

Le modèle a été employé pour simuler l'émission

d'ammoniac de toute la période. L'émission mesurée d'ammoniac du réservoir de stockage pour un mois était environ 3.4 kilogrammes et l'émission prévue d'ammoniac était environ 3.1 kilogrammes. L'erreur de prédiction de l'émission d'ammoniac (avec un intervalle de confiance à 95% pour une distribution normale) était meilleure que 9% (C).

The model was used to simulate the ammonia emission from the whole period. The measured ammonia emission from the storage tank for one month was about 3.4 kg and the predicted ammonia emission was about 3.1 kg. The error of the predicted ammonia emission (with certainty of 95% under the normal distribution) was better than 9% (C).

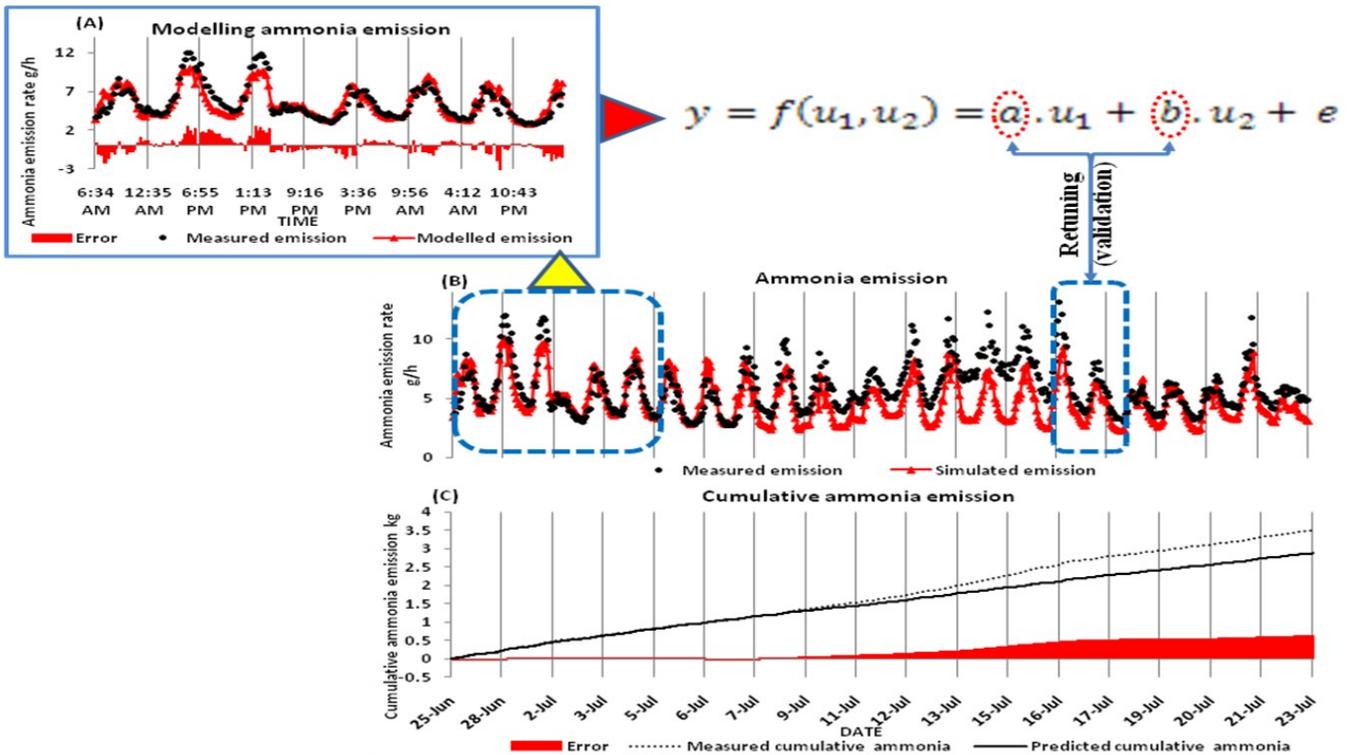


Figure 24. An example of a modelled ammonia emission from manure storage system. (A) Modelled days of ammonia emission. (B) Simulation of ammonia emission for 30 days based on the method of intermittent measurements. (C) Presents the cumulative predicted and measured ammonia emission from the manure storage.

Le modèle donnent donc des résultats satisfaisants pour l'émission d'ammoniac mais non pour les émissions de GES.

La limite de cette approche, basée sur la recalibration régulière des paramètres du modèle, vient de la nécessité périodique d'une mesure d'émission d' NH_3 qui soit une mesure de référence. Les comparaisons de méthodes ci-dessus ont montré qu'il n'y avait pas d'accord entre les méthodes. Les chambres dynamiques présentent un bon potentiel d'utilisation (coût faible, souplesse de mise en oeuvre) mais leur adaptation à la mesure des émissions d'ammoniac à la surface des lisiers n'est pas achevée.

The model thus gives satisfactory results for the ammonia emission but not for the emissions of GHG.

The limit of this approach, based on the regular recalibration of the parameters of the model, comes from the periodic need for an emission measurement of NH_3 that should be a reference measurement. The above comparisons of methods showed that there was no agreement between the methods. The dynamic chambers have a good potential of use (low-cost, flexibility) but their adaptation to the measurement of the ammonia emissions on the surface of the slurries is not completed.

6.6.4 Calcul de l'incertitude (Uncertainty calculation)

Le projet a comporté des mesures sur une fosse expérimentale, remplie de lisier de porc d'engraissement, placée dans une serre équipée d'une ventilation mécanique. Les mesures ont été conduites dans la Station Experimentale de Romillé, France. La couverture a été équipée d'un ventilateur, avec un diamètre de 35 cm, ayant un débit de ventilation maximum de 2600 m^3/h , placé près du sommet de la serre. La concentration en ammoniac, le débit de ventilation, et les données de température de l'air extrait ont été enregistrés sans interruption (chaque heure) pendant trois mois consécutifs.

Les mesures sont notées ER (g hr^{-1}) pour l'émission d'ammoniac, V_T ($\text{m}^3 \text{hr}^{-1}$) pour la ventilation totale, T_e ($^\circ\text{C}$) 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 $u(T_e)$ $^\circ\text{C}$, l'incertitude standard sur le débit de ventilation $u(V_T)$ $\text{m}^3 \text{hr}^{-1}$, 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 : $u(T_e) = 0.2$ $^\circ\text{C}$; $u(V_T) = 45$ $\text{m}^3 \text{hr}^{-1}$; $u(C) = 0.12$ ppmv.

L'incertitude relative $u(ER)/ER$ est montrée dans la prochaine figure, et elle peut être calculée à partir de l'équation suivante :

The project involved measurements from covered experimental tank filled with fattening pig slurry. The tank was totally covered with a mechanically ventilated cover. The measurements were conducted in the National Pig Experimental Station of Romillé, France. The cover was equipped with a fan with a diameter of 35 cm with max ventilation rate of 2600 m^3/h and placed near the top of the cover. Ammonia concentration, ventilation rate, and exhaust air temperature data were collected continuously (every one hour) for three consecutive months.

The measurements are figured for ammonia emission by ER g hr^{-1} , total exhaust ventilation rate by V_T $\text{m}^3 \text{hr}^{-1}$, temperature of the exhaust air by T_e $^\circ\text{C}$, ammonia concentration by C ppmv.

The standard uncertainty in exhaust air temperature $u(T_e)$ $^\circ\text{C}$, standard uncertainty in ventilation rate $u(V_T)$ $\text{m}^3 \text{hr}^{-1}$, and standard uncertainty in the ammonia concentration $u(C)$ ppmv are calculated from the standard deviation of the exhaust air temperature T_e , total ventilation rate V_T , and ammonia concentration in the exhaust C , respectively.

From the measurements: $u(T_e) = 0.2$ $^\circ\text{C}$; $u(V_T) = 45$ $\text{m}^3 \text{hr}^{-1}$; $u(C) = 0.12$ ppmv.

The relative uncertainty $u(ER)/ER$ is shown in the next figure, and can be calculated from the following equation:

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

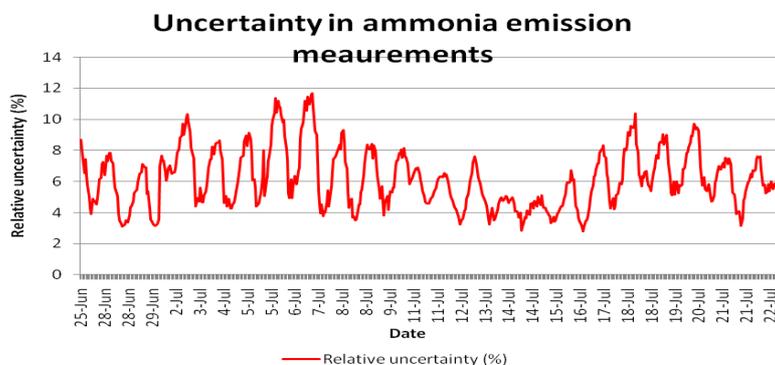


Figure 25. Relative uncertainty in ammonia emission measurements during one month

On constate que la procédure ne fait pas intervenir la représentativité du dispositif dans le calcul (ex.: problème de vitesse d'air dans la chambre omis dans le calcul) et qu'elle ne fait pas intervenir le besoin éventuel d'interpoler des valeurs au cours d'une période sans observations (ex. : quel algorithme d'interpolation lorsque les observations sont très variables ?).

Or on a vu que ces deux points induisaient des erreurs importantes. Par conséquent, la procédure actuellement mise en oeuvre est incomplète pour estimer la "vraie" valeur de l'incertitude associée à une mesure d'émission en élevage.

It is noted that the procedure does not utilize the representativeness of the device in calculation (e.g.: problem of air speed inside the chamber omitted in the calculation) and it does neither utilize the possible need to interpolate values during one period without observations (e.g.: which algorithm of interpolation when the observations are very variable?).

However it was seen that these two points induced important errors. Consequently, the procedure currently implemented is incomplete to estimate "the true" value of uncertainty associated with an emission measurement in an animal farm.

6.7 Mesures en conditions contrôlées (Measurements in controlled conditions)

Les mesures en conditions contrôlées ont été réalisées à l'Université de Louvain (M3-Biores) et à l'Université de Liège.

Dans le premier cas l'objectif était d'évaluer la sensibilité de la mesure par traçage à une hétérogénéité du renouvellement d'air. Dans le second, l'objectif était de comparer des capteurs passifs d'ammoniac (tubes Radiello, identiques à ceux utilisés à l'extérieur du bâtiment lors de l'expérimentation présentée ci-dessus) à un capteur photoacoustique (Innova, considéré ici comme capteur de référence).

Measurements in controlled conditions were carried out in Université of Leuven (m3-Biores) and in Université of Liege.

In the first case the objective was to evaluate the sensitivity of the measurement by tracing to a heterogeneity of ventilation rate. In the second, the objective was to compare ammonia passive sensors (Radiello tubes, identical to those used outside the house during the experimentation presented above) with a photoacoustic sensor (Innova, considered here as sensor of reference).

L'évaluation de la méthode par traçage a été

The evaluation of the tracing method was carried

réalisée dans des conditions de ventilation longitudinale, dans un caisson isotherme de 1,5m x 2m. Le débit d'air était mesuré par écart de pression autour d'un orifice calibré. Le traceur utilisé était du CO₂, mesuré sur 36 points toutes les 10 secondes environ. La méthode de traçage utilisée était la méthode par décroissance.

Les résultats montrent que, selon la position du point d'échantillonnage, l'écart entre la mesure par traçage et la mesure de référence peut atteindre 86%. En conséquence, la mesure de la ventilation par traçage ne peut être considérée comme juste que si l'homogénéité de la concentration en traceur est quantifiée durant toute la période de mesure (échantillonnage multipoint).

out under conditions of longitudinal ventilation, in an isothermal box of 1,5m X 2m. The air flow was measured by variation of pressure at both sides of a calibrated opening. The tracer used was CO₂, measured on 36 points every 10 seconds approximately. The method of tracing used was the method of concentration decrease.

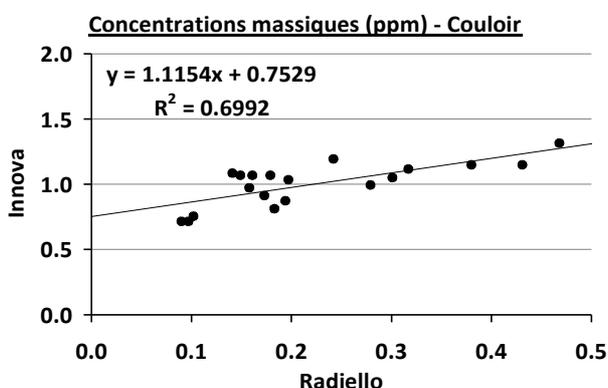
The results show that, according to the position of the point of sampling, the difference between the measurement by tracing and the measurement of reference can reach 86%. Consequently, the measurement of the breakdown by tracing can be regarded as correct only if the homogeneity of the concentration in tracer is quantified during all the period of measurement (multipoint sampling).

L'évaluation des capteurs passifs a été réalisée dans 3 salles d'élevage de truies, avant l'arrivée des animaux, durant l'élevage et après le départ des animaux. L'émission a été calculée en utilisant pour les deux types de mesure les mêmes valeurs de ventilation mesurées par une hélice (technique « free impeller » considérée comme précise dans les salles en ventilation mécanique).

Les concentrations ont varié de 0,09 à 2,37 mg NH₃/kg air. Les capteurs passifs ont tendance à sous estimer la concentration par rapport au capteur photoacoustique mais la différence reste faible, voisine de 10%. Il en résulte une faible différence dans l'émission calculée, également inférieure d'environ 10% (Figure ci-dessous). En conséquence, les capteurs passifs peuvent être utilisés pour quantifier une émission à condition de disposer d'une estimation robuste du renouvellement d'air.

The evaluation of the passive sensors was carried out in 3 rooms with sows as reared animals, before the arrival of the animals, during the animal rearing and after the departure of the animals. The emission was calculated using the two types of concentration measurement and the same values of ventilation measured by a propeller (technical "free impeller" regarded as precise in the rooms in mechanical ventilation).

The concentrations varied from 0,09 to 2,37 mg NH₃/kg air. The passive sensors had a tendency to under estimating the concentration compared to the photoacoustic sensor but the difference remained weak, close to 10%. It resulted in a weak difference in the calculated emission, also lower by approximately 10% (Figure below). Consequently, the passive sensors can be used to quantify an emission on the condition of having a robust estimate of ventilation rate.



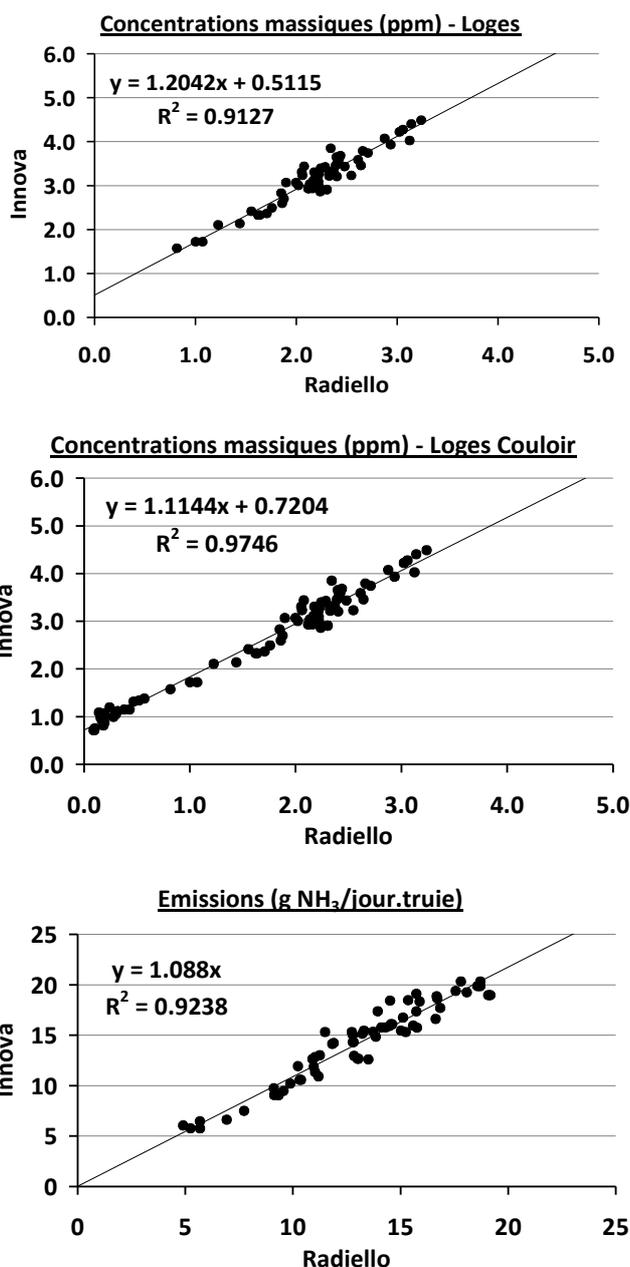


Figure 26. Corrélations entre les deux méthodes de mesure (correlation between the two types of concentration measurement)

6.8 Applicabilité dans différents pays (*Applicability in some countries*)

6.8.1 Développement des procédures (*Implementation of the procedures*)

Les procédures décrites dans les paragraphes suivants ont été élaborées à l'issue d'échanges entre les différents partenaires du présent projet.

The procedures described in the following paragraphs were elaborate after exchanges between the partners of this project.

Ces développements ont ainsi permis des échanges d'expérience et des transferts de compétence entre ceux-ci.

Les échanges en France avaient commencé au cours des projets ayant conduit au présent travail. Ce projet a permis de les poursuivre et de les compléter par des échanges internationaux en Europe, Amérique du Nord et du Sud, Asie. Ils devraient continuer dans les années à venir afin d'harmoniser les méthodes sur le plan international et de les mettre en œuvre en routine.

These developments thus allowed experience sharing and transfers of competence between those.

The exchanges in France had started during previous projects having led to the present work. This project made it possible to continue them and to supplement them by international exchanges in Europe, North and South America, Asia. They should continue in the next years in order to harmonize the methods on the international plan and to implement them in routine.

6.8.2 Applicabilité en France (Applicability in France)

Actuellement les mesures d'émission décrites dans ce document, méthodes continues et méthodes discontinues, sont pratiquées par les quelques organismes de R&D impliqués dans ce projet. L'IFIP est l'un de ces organismes à vocation nationale, chargé d'acquérir et de transférer des éléments techniques auprès des acteurs de la filière porcine.

Currently the emission measurements described in this document, continuous methods and discontinuous methods, are practiced by the few organizations of R & D implied in this project. The IFIP is one of these organizations with national vocation, charged to acquire and transfer from the technical elements near the actors with the porcine chain.

A l'IFIP les thématiques environnementales prennent, depuis quelques années, une importance croissante dans l'activité de l'institut tant par le nombre d'études qui y sont consacrées mais aussi par la spécialisation de ces études.

L'importance de la maîtrise des méthodologies de mesures prend alors toute sa dimension et il apparaît dès lors indispensable d'identifier les méthodologies adaptées aux mesures envisagées mais aussi à leurs contextes de réalisation.

Dans un premier temps, le travail de synthèse réalisé dans le cadre de ce projet permet ainsi aux ingénieurs de l'IFIP de déterminer l'ensemble des méthodes disponibles sur une thématique ciblée.

Dans un deuxième temps, la rédaction de procédure de référence par méthode conduit à une meilleure maîtrise de leurs utilisations. La diffusion de ces procédures permet aux ingénieurs de l'IFIP impliqués dans différentes thématiques comme l'environnement et le bâtiment, d'appliquer des méthodologies identiques conduisant à des résultats exploitables par les uns et les autres.

Cette possibilité de transfert de données, soit dans l'objectif d'augmenter le nombre de données disponibles, soit de comparer des résultats acquis dans des études différentes, ne se limite pas à la

With the IFIP the environmental issues have taken, for a few years, an increasing importance in the activity of the institute so much by the number of studies which are devoted there but also by the specialization of these studies.

The importance of the control of methodologies of measurements takes all its dimension then and it consequently appears essential to identify the methodologies adapted to measurements considered but also to their contexts of realization.

Initially, the synthesis realized within the framework of this project thus makes it possible to the engineers of the IFIP to determine all the methods available on a targeted set of themes.

In the second time, the drafting of reference procedures leads to a better control of their uses. The diffusion of these procedures allows the engineers of the IFIP implied in various sets of themes like the environment and the house, to apply identical methodologies leading to useable results by all and sundry.

This possibility of transfer of information, either in the objective to increase the number of available data, or to compare results achieved in different studies, is not limited to the sphere of the institute. Indeed, the majority of the studies carried out by the IFIP bases itself on an analysis of the international literature. The comparison of the

sphère de l'institut. En effet, la majorité des études engagées par l'IFIP se base sur une analyse de la littérature internationale. La comparaison des données acquises dans les différentes publications avec les données acquises par l'institut nécessite une parfaite connaissance des méthodologies appliquées. La généralisation des procédures de références aux différentes équipes impliquées dans les thématiques environnementales et plus particulièrement sur le dossier des émissions gazeuses pourra ainsi permettre une analyse objective et complète des données acquises. Ce volet est essentiel pour des structures à faible moyen comme l'IFIP. En effet, l'exploitation de la littérature internationale et son applicabilité aux conditions nationales devrait permettre à l'IFIP de centrer ses études sur des thématiques non encore étudiées par d'autres équipes et ainsi permettre une réponse de meilleure qualité aux exigences techniques et économiques des acteurs de la filière porcine française.

data gathered in the various publications with the data gathered by the institute requires a perfect knowledge of methodologies applied. The generalization of the reference procedures to the various teams implied in the environmental sets of themes and more particularly on the file of the gas emissions will be able to thus allow an objective and complete analysis gathered data. This shutter is essential for structures with limited resource like the IFIP. Indeed, the exploitation of the international literature and its applicability in the national conditions should make it possible the IFIP to center its studies on sets of themes not yet studied by other teams and thus to allow an answer of better quality to the technical and economic requirements of the actors of the French porcine chain.

Les Chambres d'Agriculture de Bretagne ont regroupé à l'échelle régionale leurs structures de R&D initialement mise en place dans chaque Département. L'activité de mesure des émissions gazeuses se développe depuis une quinzaine d'années.

The Agricultural Chambers of Brittany gathered with the regional scales their structures of R & D initially installed in each Département. The activity of gas emissions measurements develops since about fifteen years.

Initialement pratiquée dans les stations expérimentales, afin de caractériser des procédés de réduction d'émissions ammoniacales et de mieux connaître tous les termes des bilans de masse, elle se développe aujourd'hui en élevage. Ce développement a deux objectifs : mieux connaître les émissions des élevages, valider en conditions commerciales les réductions d'émission observées en station expérimentale.

Initially practiced in the experimental stations, in order to characterize ammonia emitted by equipment or practices for emission reduction and to better know all the terms of the mass budgets, it develops today in animal farm. This development has two objectives: to better know the emissions of the animal farms, to validate in commercial conditions the emission reductions observed in experimental station.

Pour ce second objectif, des mesures en continu sont mises en oeuvre, à travers des enregistrements en continu des concentrations en élevage sur des périodes de 15 jours, couplés à des enregistrements de température et d'hygrométrie, et à une calibration initiale de la ventilation destinée à estimer la ventilation à partir de l'écart entre température observée et température de consigne. Les productions de chaleur des animaux sont utilisées pour contrôler les données horaires et les bilans de masse pour contrôler les valeurs par période de mesure.

For this second objective, continuous measures are recorded, through periods of 14 days, coupled to records of temperature and hygrometry, and with an initial calibration of ventilation intended to estimate ventilation starting from the difference between temperature observed and temperature of instruction. The productions of heat of the animals are used to control the hourly data and the mass budgets to control the values per period of measurement.

Les Lycées Agricoles de Bretagne sont également impliqués dans une recherche de progrès en matière de maîtrise des émissions gazeuses en élevage. Compte tenu de la très

Les Lycées Agricoles of Brittany are also implied in a progress as regarding the gas emissions in animal farms. Taking into account the very low availability of the personnel present in these

faible disponibilité du personnel présent en élevage, les conditions se rapprochent de celles d'un élevage commercial. C'est dans cette perspective que l'application de base de données présentée en annexe a été développée : la double contrainte d'un très grand nombre de bâtiments à caractériser, de disposer de très peu de temps par bâtiment, oblige à utiliser au maximum les connaissances déjà disponibles en élevage (typologies des bâtiments, animaux, aliments, effluents, litières).

animal farms, the conditions approach those of a commercial animal farm. It is from this point of view that the basic application of data presented in appendix was developed: the double constraint of a very great number of houses to be characterized, to have very little time by house, obliges to use the maximum knowledge already available in animal farm (typologies of the houses, animals, feeds, manure, litters).

Les programmes développés au cours de ce projet sont en cours de dépôt auprès de l'APP (Agence de Protection des Programmes) via l'INRA. L'objectif est une diffusion libre de ces programmes. Afin que les utilisateurs privés potentiels puissent également les utiliser pour leurs propres développements commerciaux, il est envisagé une licence libre dite « non contaminante » c'est-à-dire permettant indifféremment le développement ultérieur de programmes commerciaux ou libres.

The programs developed during this project are in the course of deposit at the APP (Agence de Protection des Programmes) via INRA. The objective is a free diffusion of these programs. A free license known as "noncontaminant", i.e. indifferently allowing the later development of commercial or free programs, is preferred so that the potential private users can also use them for their own commercial developments.

6.8.3 Applicabilité en Belgique et Grande Bretagne (Applicability in Belgium and United Kingdom)

En Belgique, on distingue les bâtiments d'élevage selon que l'on peut y connaître avec précision l'émission d'ammoniac ou non.

In Belgium, one distinguishes the animal housings according to whether one can know with accuracy the ammonia emission there or not.

Dans le second cas, on trouve les bâtiments en ventilation naturelle et les bâtiments en ventilation mécanique mais ne disposant pas de capteur de ventilation.

In the second case, one finds the houses in natural ventilation and the houses in mechanical ventilation but without sensor of ventilation.

Dans le premier cas on trouve une nouvelle génération de bâtiments à ventilation mécanique, où les cheminées d'extraction sont équipées de capteurs de ventilation et de capteurs d'ammoniac. Ces capteurs sont reliés au boîtier de régulation et ce dernier permet d'enregistrer, outre la température, l'hygrométrie et la ventilation, l'émission ammoniacale du bâtiment.

In the first case one finds a new generation of houses with mechanical ventilation, where the chimneys of extraction are equipped with sensors of ventilation and ammonia sensors. These sensors are connected to the regulation box and this last makes it possible to record, in addition to the temperature, the hygrometry and ventilation, the ammonia emission of the house.

Dans ces conditions, l'augmentation du nombre de bâtiments à ventilation mécanique et avec un équipement de mesure de la ventilation et de la concentration en ammoniac permettra de progresser dans la connaissance des émissions nationales et permettra aux éleveurs de réduire progressivement leurs émissions ammoniacales.

Under these conditions, the increase in the number of animal houses equipped with mechanical ventilation and continuous measurement of ventilation and ammonia concentration, will make it possible to progress in the knowledge of the national emissions and will make it possible to the farmers to gradually reduce their ammonia emissions.

En Grande Bretagne pour les émissions d'ammoniac et de GES, de même qu'en Belgique pour les émissions de GES, on n'envisage pas la

In the United Kingdom for the emissions of ammonia and GHG, as well as in Belgium for the emissions of GHG, the characterization of the

caractérisation des émissions dans un grand nombre de bâtiments.	<i>emissions in a great number of animal houses is not considered as an important issue.</i>
------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------

6.8.4 Applicabilité aux U.S.A. (Applicability in the U.S.A.)

<p>Les U.S.A. sont parmi les premiers producteurs et exportateurs de viande de la planète. A ce titre, la connaissance des émissions de gaz des productions animales fait partie des priorités de l'USDA-NIFA (National Institute of Food and Agriculture). Ainsi le groupe « Ag Air Quality Task Force » a pour objectif la standardisation des modes d'expression des émissions, des méthodes de mesure et de transformation des données, des méthodes d'optimisation des systèmes de production concernant la réduction des émissions.</p> <p>Les bâtiments d'élevage sont souvent des unités de grande taille. La priorité a été mise sur la qualité des mesure à travers un plan d'assurance de la qualité des observations.</p> <p>Ainsi des critères de choix des équipements, de conception des dispositifs de mesure, de calibration des capteurs ont été proposés.</p>	<p><i>The U.S.A. is among the first producers and meat exporters in the world. For this reason, the knowledge of the gas emissions of the livestock productions belongs to the priorities of the USDA-NIFA (National Institute of Food and Agriculture). The group "Ag Air Quality Task Force" aims at the standardization of the modes of expression of the emissions, of the methods of measurement and transformation of the data, of the methods of mitigation.</i></p> <p><i>The animal housings are often units of big size. The priority was put on the quality of measurement through a plan of quality assurance of the observations.</i></p> <p><i>Thus selection criteria of the equipment, of design of the devices of measurement, calibration of the sensors were proposed.</i></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

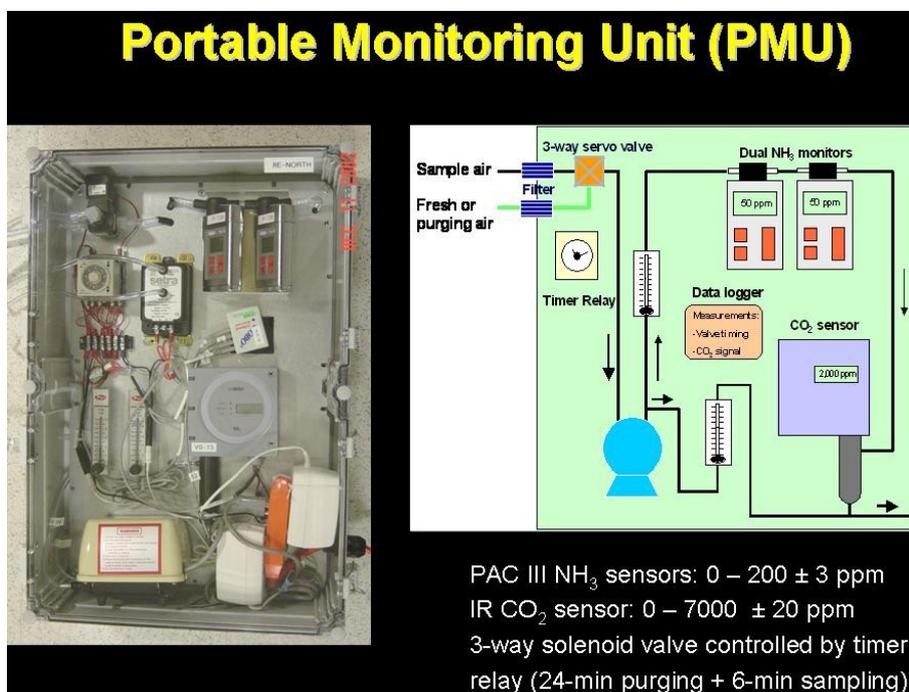


Figure 27. Système autonome de mesure des émissions d'ammoniac (Portable Monitoring Unit of ammonia emissions)

Un système de mesure automatique a été mis au point (figure ci-dessus), basé sur la mesure en	<i>An automatic system of measurement was developed (figure above), based to the continuous</i>
-----------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------

continu des concentrations de CO₂ et NH₃. Il permet de mesurer l'émission d'ammoniac en se basant sur une estimation de la ventilation déduite de la production de CO₂ par les animaux.

Le bilan de masse est également utilisé pour s'assurer que l'ordre de grandeur des pertes gazeuses est correctement estimé.

Aujourd'hui des projets sont en cours pour acquérir des facteurs d'émission dans un grand nombre de bâtiments d'élevage. Toutefois, des méthodes qui permettraient la mesure en routine dans les élevages ou une estimation des pertes gazeuses au stockage des effluents, notamment liquides, permettraient de progresser.

measurement of the concentrations of CO₂ and NH₃. It makes it possible to measure the ammonia emission while being based on an estimate of the ventilation deduced from the production of CO₂ by the animals.

Mass budget is also used to make sure that the order of magnitude of the gas losses is correctly estimated.

Today projects are on going to acquire emission factors in a great number of animal housings. However, the methods which would allow routine measurements in the animal farms or an estimate of the gas losses during the storage of manure, in particular liquid, would allow further progress.

6.8.5 Applicabilité au Brésil (Applicability in Brasil)

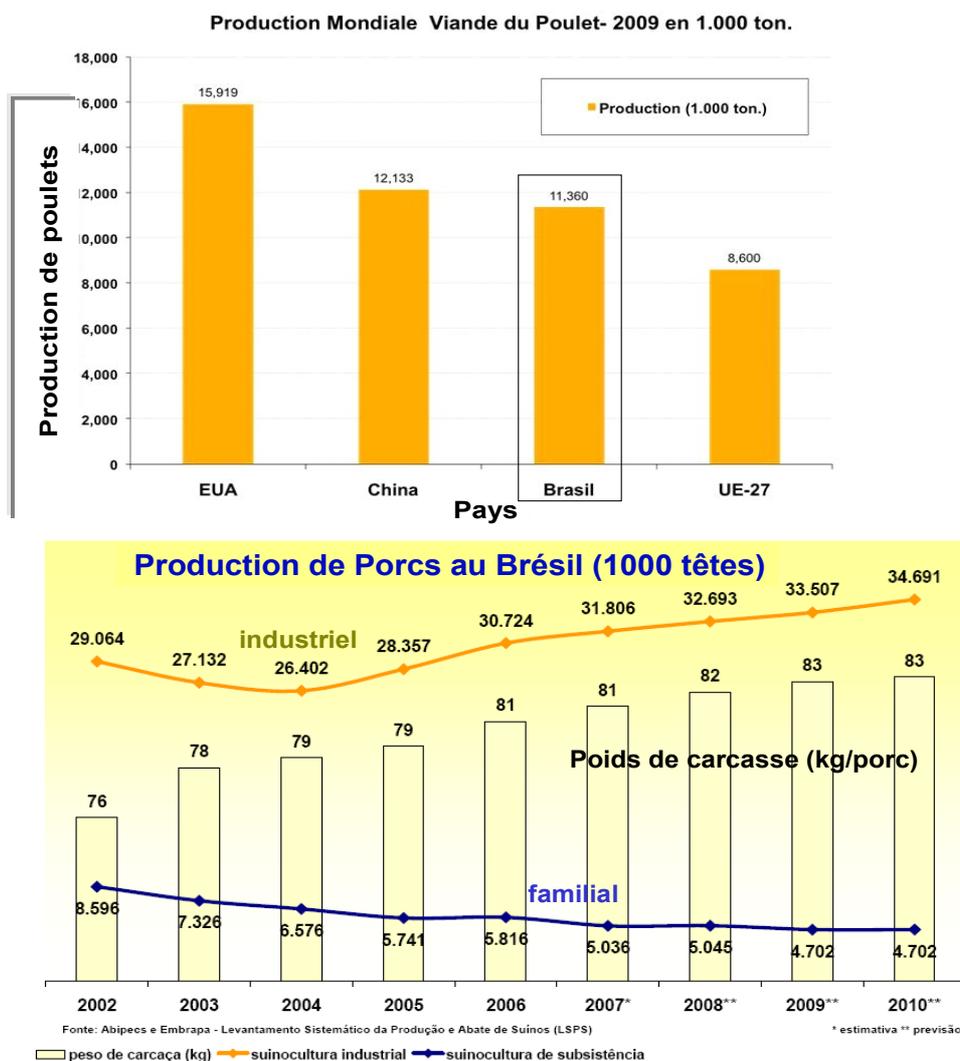


Figure 28. Productions avicoles et porcines au Brésil (Poultry and pig productions in Brasil)

Avec 33 millions de porcs, le cheptel porcin du Brésil représente environ un tiers du cheptel de l'Europe (15) et le double du cheptel français (figure ci-dessus). Pour la production avicole en revanche, le Brésil produit et exporte davantage que l'Europe (27).

With 33 million pigs, the pig herd of Brazil represents approximately a third of the livestock of Europe (15) and the double of the French livestock (figure above). For the poultry production on the other hand, Brazil produced and exports more than Europe (27).

Distribution géographique de la production de poulets

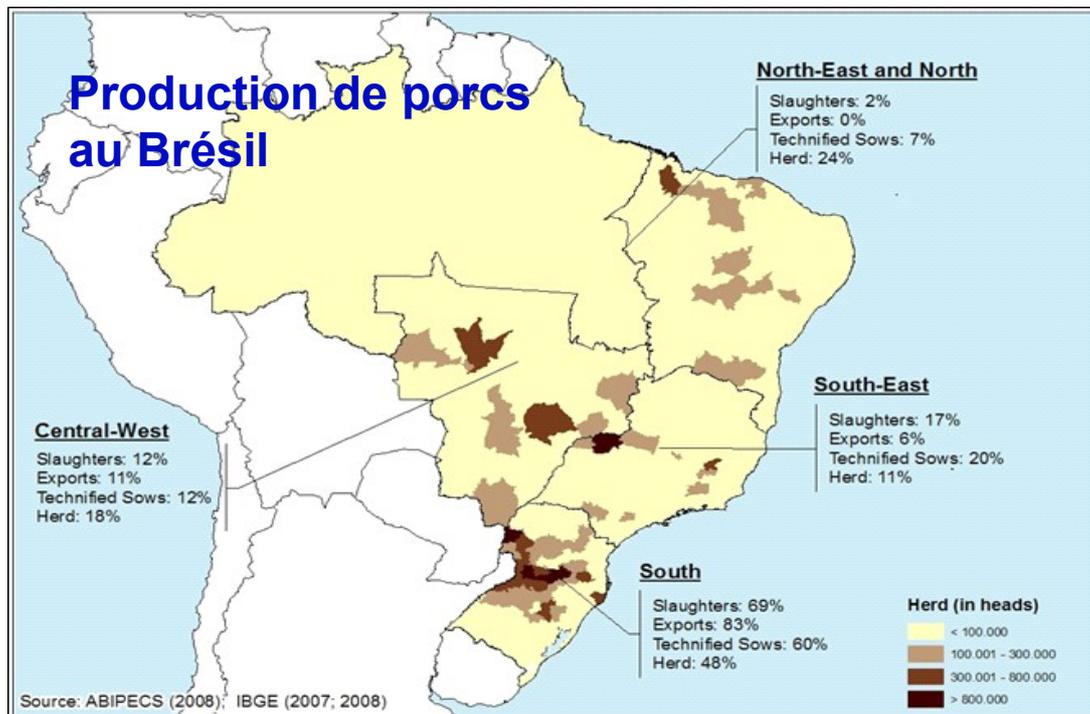
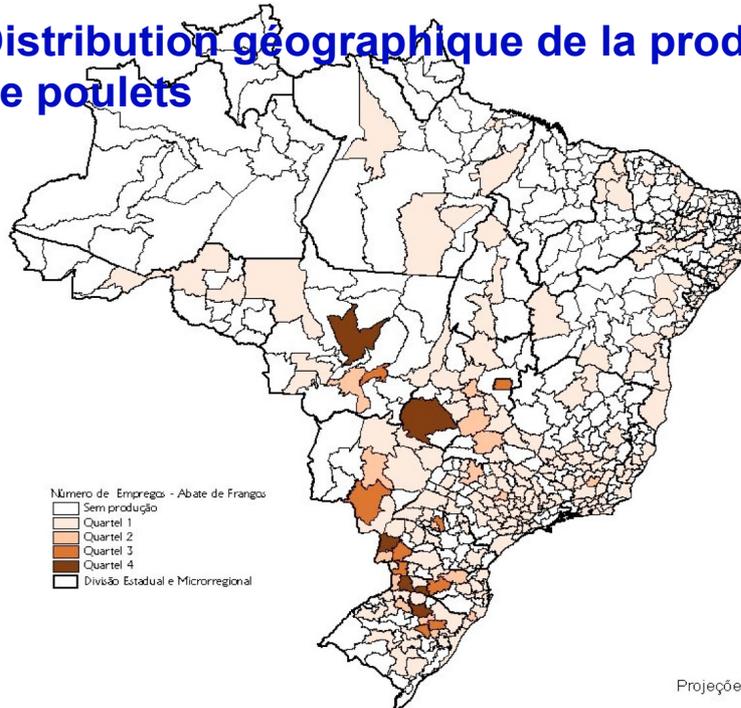


Figure 29. Répartition géographique des élevages avicoles et porcins au Brésil (Geographic

distribution of poultry and pig production in Brasil)

Bien que la connaissance des émissions gazeuses de l'élevage soit une préoccupation à l'EMBRAPA depuis une quinzaine d'années, les mesures dans les élevages ne sont pas encore courantes. La principale raison en est la dimension du territoire brésilien et la relative dispersion géographique des cheptels (figure ci-dessus) en regard du nombre de personnes impliquées dans cette thématique.

Although the knowledge of the gas emissions of animal farms is a concern with the EMBRAPA since about fifteen years, the measures to the animal farms are not yet frequent. The main reason is the dimension of the Brazilian territory and the relative geographical dispersion of the livestock (figure above) compared to the number of people implied in this issue.

Cependant l'émergence du marché des quotas de GES a conduit le Brésil à transformer de plus en plus d'élevages sur caillebotis afin d'y installer des ateliers de productions et de transformations du biogaz. Cette économie est désormais implantée et peut s'intéresser à d'autres gaz. De même, la maîtrise des émissions des élevages sur lisier peut être étendue aux élevages sur fumier en développant la maîtrise des émissions au compostage.

However the emergence of the market of GHG quotas led Brazil to transform more and more animal farms on slatted floor in order to install plants for productions and transformations of biogas. This economy from now on is established and can be interested in other gases. In the same way, controlling the emissions of animal farms on slurry can be extended to the animal farms on solid manure by developing the control of the emissions during composting.

C'est pourquoi l'application et l'amélioration des méthodes de mesure des émissions gazeuses en élevage sont susceptibles d'y être développées.

This is why the application and the improvement of the methods of emission measurement in animal farm are likely to be developed there.

6.8.6 Applicabilité en Chine (Applicability in China)

La moitié de la production mondiale de porc a lieu en Asie, pour l'essentiel en Chine. Même si la croissance se fait actuellement pour beaucoup dans de gros élevages, la majorité du cheptel Chinois est élevée dans de petits et moyens élevages : plus de 60% des porcs sont élevés dans des élevages vendant moins de 50 porcs an¹. Les productions avicoles et bovines sont également importantes mais leurs rôles économique et social restent moindre. Le développement des grands centres urbains entraîne la fermeture des élevages situés en ville. Cette dynamique est particulièrement importante dans la province de Guangdong. Elle y crée une opportunité de développer de nouveaux systèmes d'élevages plus durables, en particulier sur le plan de la maîtrise des émissions gazeuses, des consommations d'énergie et du recyclage des effluents liquides et solides (figure ci-dessous).

Half of the worldwide production of pig takes place in Asia, essentially in China. Even if the growth is currently done for much in large animal farms, the majority of the Chinese livestock is reared in small to medium sized farms: more than 60% of the pigs are reared in animal farms selling less than 50 pigs year¹. The productions of poultry and cattle are also important but their economic and social roles remain less. The development of great urban centres involves the closing of the animal farms located downtown. This dynamics is particularly important in the Guangdong province. It creates an opportunity to develop new systems of more sustainable animal farms, with particular focus on the control of gas emissions, consumption of energy and recycling of liquid and solid manure (figure below).

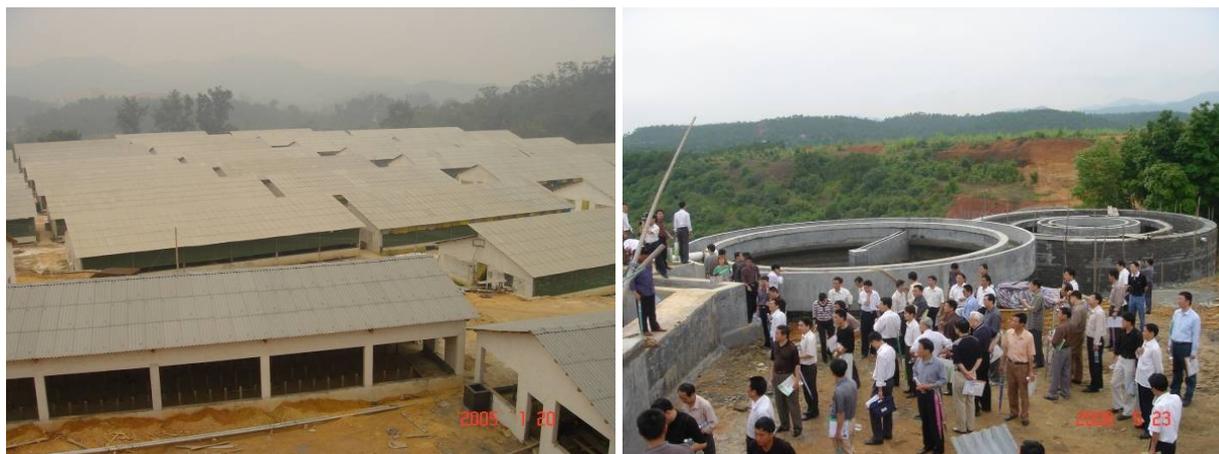


Figure 30. Exemple de nouveaux élevages en construction dans la province du Guangdong (example of new pig farms in the Guangdong province)

Des programmes de mesure des émissions gazeuses en élevage ont été mis en place depuis quelques années en Chine pour caractériser les émissions des bâtiments d'élevage porcins, avicoles et bovins ainsi que les émissions au stockage des effluents et lors du compostage. La principale difficulté métrologique des mesures en élevage est liée à la ventilation naturelle des bâtiments, à la proximité de plusieurs sources sur un même site, et à l'accès des animaux à des aires d'exercice (figure ci-dessous). Des mesures effectuées en conditions de « laboratoire » sur de faibles effectifs animaux permettent de quantifier des différences significatives d'émissions entre systèmes d'élevage. Ces mesures donnent une idée de la variabilité des émissions mais la validation des résultats en élevage reste dépendante de méthodes de mesure utilisables en élevage.

Programmes of measurement of the gas emissions in animal farm have been set up for a few years in China to characterize the emissions of the porcine animal housings, poultry and cattle as well as the emissions with storage of manure and during composting. The principal metrological difficulty of measurements in animal farm is related on the natural ventilation of the houses, of several sources on the same site, and to the access of the animals to outdoor areas (figure below). The measurements observed in "laboratory conditions", on small numbers of animals, make it possible to quantify significant differences in emissions between systems of animal rearing. These measurements give an idea of the variability of the emissions but the validation of the results remains dependant on methods of measurement that can be used in animal farm.

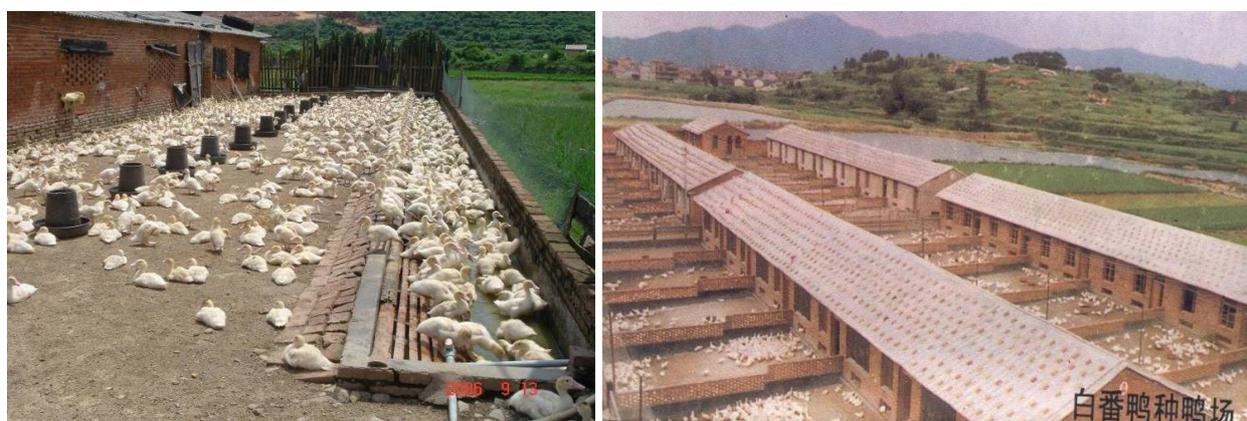


Figure 31. Exemple d'élevages de canards avec accès extérieur (example of duck farms with outdoor access)

Dans ces conditions, la connaissance des bilans

Under these conditions, the knowledge of the

de masse des différents types d'élevage, associée à une caractérisation des concentrations dans l'air des bâtiments, peut constituer un des moyens d'obtenir des informations robustes sur la variabilité des émissions gazeuses.

mass budgets of various types of animal farm, associated with a characterization of the concentrations in the air of the houses, can constitute one of the means of obtaining robust information on the variability of gas emissions.

7 Procédures de mesure des émissions (*Guidelines for emission measurements*)

7.1 Procédure générale (*General guidelines*)

7.1.1 Introduction (*Introduction*)

7.1.1.1 Objectif (*Objective*)

L'objectif de ces procédures est l'amélioration de la connaissance des émissions des élevages pour permettre de les réduire.

La principale sortie attendue est l'augmentation du nombre d'acteurs pratiquant ces mesures et l'augmentation du nombre et de la diversité des élevages où sont pratiquées ces mesures.

A cette fin des méthodes sont proposées qui répondent aux objectifs et attentes contrastés exposés précédemment dans ce texte.

The objective of these procedures is the improvement of the knowledge of the emissions of the animal farms to make it possible to reduce them.

The principal expected result is the increase in the number of actors doing these measurements and the increase in the number and the diversity of the animal farms where these measurements are practiced.

For this purpose, methods are proposed which answer the various objectives previously exposed.

7.1.1.2 Domaine d'application (*Scope*)

Ces procédures sont applicables au cas des bâtiments d'élevage et stockages d'effluents d'élevages, pour les émissions d'ammoniac et de GES, lorsque le défaut de bilan de masse (écart entre les entrées et les sorties solides et liquides du système) est significatif, c'est-à-dire supérieur à l'incertitude sur la somme des entrées ou sur le stock initial.

Toutes les procédures ne sont pas adaptées à tous les objectifs.

These procedures are applicable in the case of animal housings and storages of animal manure, for the emissions of ammonia and GHG, when mass balance deficit (difference between the solid and liquid inputs and outputs of the system) is significant, i.e. higher than the uncertainty on the sum of the inputs or on the initial stock.

All the procedures are not adapted to all the objectives.

7.1.1.3 Principes communs (*Common principles*)

Pertinence

Les variables observées doivent être choisies en relation avec les objectifs de l'étude, notamment en ce qui concerne les choix de densité d'échantillonnage (fréquence temporelle, nombre d'emplacements échantillonnés), d'emplacement des mesures, de moments dans la journée, la saison ou le stade de développement des animaux, fréquences des contrôles, redondance entre les différentes observations incluses dans le protocole.

Relevance

The variables observed must be selected in relation to the aims of the study, in particular with regard to the choices of density of sampling (temporal frequency, number of sampling points), site of measurements, moments in the course of the day, season, or the animal ages, frequencies of controls, redundancy between the various observations included in the protocol.

If an arbitration must limit the number of

Si un arbitrage doit limiter le nombre d'observations, celles qui permettent de caractériser les pics d'émissions doivent être privilégiées afin que les mesures puissent servir à réduire non seulement les émissions moyennes mais aussi le risque d'émissions élevées.

Complétude

Les variables observées doivent permettre de caractériser l'ensemble du bilan de masse de l'élevage, de façon multiélémentaire (en particulier les flux d'eau, de carbone, d'azote voire de phosphore et potassium) afin de s'assurer de la crédibilité des émissions qui seront calculées (quantification des émissions et représentativité du lot d'animaux élevé).

Si un des objectifs de l'étude est de caractériser une variabilité dans les émissions, l'ensemble des caractéristiques de l'élevage susceptibles d'expliquer cette variabilité doit également être enregistré (« métadonnées »).

Cohérence

Les observations doivent pouvoir être comparées aux références nationales et internationales (typologies, modèles) afin de vérifier leur caractère plus ou moins probable. A cette fin les résultats doivent être exprimés dans des unités facilitant cette comparaison.

Exactitude

Les valeurs observées, les calculs et les contrôles doivent permettre de vérifier l'exactitude des résultats. Dans ce but les protocoles d'observations doivent faciliter la mise en œuvre de méthodes indépendantes pouvant être confrontées (par exemple bilan de masse et mesure d'émission sur l'air).

Transparence

Lorsque les mesures servent à certifier des réductions d'émissions, des enregistrements doivent être réalisés pour faciliter le contrôle des résultats.

observations, those which make it possible to characterize the emission peaks must be privileged so that emission measurement make it possible to reduce not only the average emissions but also the risk of high emissions.

Completeness

The variables observed must make it possible to characterize all the mass balance of the animal farm, for various chemical elements (in particular fluxes of water, carbon, nitrogen even of phosphorus and potassium) in order to make sure the credibility of the emissions which will be calculated (quantification of the emissions and representativeness of the batch of reared animals).

If one of the aims of the study is to characterize the variability in the emissions, all the characteristics of the animal farm likely to explain this variability should also be recorded ("metadata").

Coherence

The observations must allow a comparison with national and international references (classifications, models) in order to check their more or less probable character. For this purpose the results must be expressed in units facilitating this comparison.

Accuracy

The actual observed values, calculations and controls must make it possible to check the accuracy of the results. With this aim the observation protocols must facilitate the implementation of independent methods being able to be confronted (for example budget of mass and emission measurement on the air).

Transparency

When measurements are used to certify emission reductions, recordings must be realized to facilitate the control of the results.

7.1.2 Identification des sites émetteurs (Identification of emission site)

Les différences entre élevages pouvant expliquer des différences d'émission sont nombreux et pas

There is a number of differences between animal farms being able to explain differences in

<p>nécessairement connus.</p> <p>Par conséquent la caractérisation du système observé doit :</p> <ul style="list-style-type: none"> - être minimale si les résultats servent l'éleveur uniquement, maximale si les résultats sont destinés à des usages nombreux et variés, d'autant plus précise que l'usage des observations concernera un enjeu économique important, - permettre de retrouver le site de mesure, pour d'éventuels compléments ultérieurs, si les mesures sont archivées. <p>Par exemple, on devrait enregistrer la localisation géographique du site, les espèces animales élevées et les nombre d'animaux, les fonctions de ces animaux (exemple : reproduction, viande, œufs, traction, etc.), les modalités de gestion du bâtiment (effectifs d'animaux au cours de l'année, poids début et fin des animaux, vides sanitaires, etc.), de l'alimentation (aliments, boisson, additifs, fabrication à la ferme, etc.), des effluents (paillages, curages, nettoyages, durées de stockage), ainsi que les modalités d'enregistrement (documents internes ou fournis par des fournisseurs de l'élevage) et éventuellement de contrôle et d'audit.</p>	<p><i>emission from which some are not necessarily known.</i></p> <p><i>Consequently the characterization of the observed system should:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>be minimal if the results only serve the farmer, maximum if the results are intended for many and varied uses, all the more accurate that the use of the observations will relate to an important economic stake,</i> - <i>allow to find the site of measurement, for possible later complements, if measurements are filed.</i> <p><i>For example, one should record the geographical location of the site, the animal species and the number of animals, the functions of these animals (example: reproduction, meat, eggs, traction, etc), the management practices within the house (number of animals during the year, weight at beginning and end of the batches, empty house period after disinfection, etc), of food (food, drink, additives, preparation within the farm, etc), of manure (beddings, removings, cleanings, storage periods), as well as the methods of recording (documents internal or provided by suppliers of the animal farm) and possibly of control and audit.</i></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.1.3 Appareillage (equipment)

<p>Les besoins d'équipements et leurs spécifications doivent être indiqués.</p> <p>Lorsque des personnes n'ayant pas d'expérience dans ce domaine choisissent des matériels, il est préférable qu'elles privilégient les matériels éprouvés par des laboratoires scientifiques depuis plusieurs années.</p>	<p><i>The needs for equipment and their specifications must be indicated.</i></p> <p><i>When people not having experience in this field choose materials, it is preferable that they have privileged the materials tested by scientific laboratories for several years before.</i></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.1.4 Observations (Observations)

<p>Observations spécifiques</p> <p>Les modalités de mise en place des matériels, de choix des sites d'observation ou d'échantillonnage, d'enregistrement des observations doivent être décrites.</p> <p>Lorsque différents systèmes d'enregistrement automatique coexistent, la vérification des horloges doit précéder le début de l'expérimentation.</p> <p>Observations non spécifiques</p>	<p>Specific observations</p> <p><i>The methods of installing the materials, of choosing the sites of observation or of sampling, the methods of recording the observations must be described.</i></p> <p><i>When various systems of automatic recording coexist, the checking of the clocks must precede the beginning of the experiment.</i></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Une partie des observations n'est pas spécifique à la mesure des émissions, notamment toutes celles qui concernent l'élevage (quantités d'aliment achetées, quantités vendues ou exportées) ou celles pour lesquelles l'indication donnée par l'éleveur peut suffire (par exemple poids des animaux, jours de paillage, etc.).

Lorsque ces observations ne sont pas réalisées par les personnes qui effectuent les mesures d'émission, leur origine doit être spécifiée.

Nonspecific observations

Part of the observations is not specific of the measurement of the emissions, in particular all those which relate to the animal farm (bought quantities of food, quantities sold or exported) or those for which the indication given by the farmer can be sufficient (for example weight of the animals, days of bedding, etc).

When these observations are not carried out by the people who carry out emission measurements, their origin must be specified.

7.1.5 Calculs (Calculations)

Les calculs effectués doivent être décrits. Leur description doit être associée à l'enregistrement des résultats.

Pour le calcul des incertitudes, il convient de distinguer les procédures précises, pour lesquels les méthodes classiques sont adaptées aux hypothèses de calcul (possibilité de répéter les mesures plusieurs fois, incertitudes faibles en regard des mesures, distributions gaussiennes des erreurs), et les procédures imprécises (méthodes à bas coûts) pour lesquelles ces hypothèses ne sont généralement pas vérifiées et où des tests de cohérence permettent de situer le degré d'incertitude des résultats.

Calculations carried out must be described. Their description must be associated with the recording of the results.

For the calculation of uncertainties, it is advisable to distinguish the precise procedures, for which the traditional methods are adapted to the assumptions (possibility of repeating measurements several times, small uncertainties compared to the measured values, Gaussian distributions of the errors), and the inaccurate procedures (low cost methods) for which these assumptions are generally not checked and where tests of coherence make it possible to locate the degree of uncertainty of the results.

Tableau 6. Notations

Symbole	unité/unit	Nature / Description	
$C_{N-N_2O,out}^m$	mg N ₂ O-N . kg ⁻¹ d'air sec (kg dry air)	Concentration massique en azote de protoxyde d'azote de l'air extérieur	<i>Mass concentration of nitrous oxide nitrogen of the outside air</i>
$C_{N-N_2O,in}^m$	mg N ₂ O-N . kg ⁻¹ d'air sec (kg dry air)	Concentration massique en azote de protoxyde d'azote de l'air intérieur	<i>Mass concentration of nitrous oxide nitrogen of the inside air</i>
$C_{N-NH_3,out}^m$	mg NH ₃ -N . kg ⁻¹ d'air sec (kg dry air)	Concentration massique en azote ammoniacal de l'air extérieur	<i>Mass concentration of ammoniacal nitrogen of the outside air</i>
$C_{N-NH_3,in}^m$	mg NH ₃ -N . kg ⁻¹ d'air sec (kg dry air)	Concentration massique en azote ammoniacal de l'air intérieur	<i>Mass concentration of ammoniacal nitrogen of the inside air</i>
C_p	J . kg ⁻¹ air sec . K ⁻¹	chaleur massique de l'air à pression constante ou capacité calorifique, égale à environ 1010 J/kg air sec.K pour la gamme d'air humide qui concerne les élevages	<i>specific heat of the air at constant pressure or heat capacity, it is approximately 1010 J.kg⁻¹ dry air. K⁻¹ for the range of humid air which concerns animal housing</i>
$C_{N-N_2O,out}^v$	ppm N ₂ O-N (also ppmv or mL.m ⁻³)	Concentration volumique en azote de protoxyde d'azote de l'air extérieur	<i>Volume concentration of nitrous oxide nitrogen of the outside air</i>
$C_{N-N_2O,in}^v$	ppm N ₂ O-N (also ppmv or mL.m ⁻³)	Concentration volumique en azote de protoxyde d'azote de l'air intérieur	<i>Volume concentration of nitrous oxide nitrogen of the inside air</i>
$C_{N-NH_3,out}^v$	ppm NH ₃ -N (also ppmv or mL.m ⁻³)	Concentration volumique en azote ammoniacal de l'air extérieur	<i>Volume concentration of ammoniacal nitrogen of the outside air</i>
$C_{N-NH_3,in}^v$	ppm NH ₃ -N (also ppmv or mL.m ⁻³)	Concentration volumique en azote ammoniacal de l'air intérieur	<i>Volume concentration of ammoniacal nitrogen of the inside air</i>
$Cool$	kg eau(water) . s ⁻¹ . animal ⁻¹	Débit d'eau de refroidissement évaporatif par animal	<i>water input through evaporative cooling per animal</i>
$Eau_{métab}$	g eau(water) . h ⁻¹ . animal ⁻¹	Production horaire d'eau métabolique (issue de la dégradation de la matière sèche de l'aliment qui donne CO ₂ et H ₂ O)	<i>Hourly production of metabolic water (resulting from the degradation of the dry matter of feed which gives CO₂ and H₂O)</i>
E_{out}	J . kg ⁻¹ air sec (dry air)	Enthalpie de l'air extérieur	<i>Enthalpy of the outside air</i>
E_{in}	J . kg ⁻¹ air sec (dry air)	Enthalpie de l'air intérieur	<i>Enthalpy of the inside air</i>
G_p	W . K ⁻¹ . animal ⁻¹	Coefficient d'isolation thermique du bâtiment par animal	<i>Coefficient of heat insulation of the house per animal</i>

$Grav$	$m \cdot s^{-2}$	Accélération de la pesanteur (soit $9,81 m \cdot s^{-2}$)	<i>Acceleration of gravity (generally $9,81 m \cdot s^{-2}$)</i>
H_{chauff}	$W \cdot animal^{-1}$	apports de chaleur d'origine anthropique (chauffage) ou naturelle (ensoleillement) par animal	<i>heat inputs of anthropic origin (heating power) or natural (solar radiation) per animal</i>
H_{lat}	$W \cdot animal^{-1}$	Production de chaleur latente par animal	<i>Production of latent heat per animal</i>
$H_{lat,lit}$	$W \cdot animal^{-1}$	Production de chaleur latente de la litière par animal	<i>Production of latent heat by the litter per animal</i>
HR_{out}	%	Humidité relative de l'air extérieur	<i>Relative humidity of the outside air</i>
HR_{in}	%	Humidité relative de l'air intérieur	<i>Relative humidity of the inside air</i>
H_{sens}	$W \cdot animal^{-1}$	Production de chaleur sensible par animal	<i>Production of sensible heat per animal</i>
$H_{sens,lit}$	$W \cdot animal^{-1}$	Production de chaleur sensible de la litière par animal	<i>Production of sensible heat by the litter per animal</i>
H_{tot}	$W \cdot animal^{-1}$	Production de chaleur totale par animal	<i>Production of total heat per animal</i>
$H_{tot,lit}$	$W \cdot animal^{-1}$	Production de chaleur totale de la litière par animal	<i>Production of total heat by the litter per animal</i>
J_{final}	Jours (<i>days</i>)	Jour de la sortie des animaux vers l'abattoir	<i>Day when the animals go to the slaughter-house</i>
$J_{initial}$	Jours (<i>days</i>)	Le jour de l'arrivée des animaux dans le bâtiment	<i>Day when the animals arrive in the house</i>
Lat	$J \cdot kg^{-1}$ eau (<i>water</i>)	Chaleur latente de vaporisation de l'eau ($2,45 \cdot 10^6 J \cdot kg^{-1}$ eau)	<i>Latent heat of vaporization of water ($2,45 \cdot 10^6 J \cdot kg^{-1}$ water)</i>
m_{N-N_2O}	$g N \cdot mole^{-1}$ N_2O	Masse d'azote par mole de protoxyde d'azote ($28 g N \cdot mole^{-1} N_2O$)	<i>Mass of nitrogen in each mole of nitrous oxide ($28 g N \cdot mole^{-1} N_2O$)</i>
M_{N-NH_3}	$g N \cdot mole^{-1}$ NH_3	La masse d'azote par mole d'ammoniac ($14 g N \cdot mole^{-1} NH_3$)	<i>Mass of nitrogen in each mole of ammonia ($14 g N \cdot mole^{-1} NH_3$)</i>
P_{atm}	Pascals	Pression atmosphérique (soit en conditions normales, supposées en l'absence de mesure de ce paramètre, $101325 Pa$)	<i>Atmospheric pressure (assume normal conditions, use $101325 Pa$ in the absence of pressure measurements)</i>
P_{parois}	$W \cdot animal^{-1}$	Flux de chaleur à travers les parois du bâtiment (pertes conductives) par animal	<i>Heat losses through the walls of the house (conductive losses) per animal</i>
$P_{sat,out}$	Pascals	Pression de vapeur saturante de l'air en eau	<i>Saturation vapor pressure of the</i>

		pour l'air extérieur à la température t_{out}	<i>outside air at the temperature t_{out}</i>
$P_{sat,in}$	Pascals	Pression de vapeur saturante de l'air en eau pour l'air intérieur à la température t_{in}	<i>Saturation vapor pressure of the inside air at the temperature t_{in}</i>
PV_J	kg. animal ⁻¹	Poids vif des animaux au jour J	<i>Live weight of the animals at day J</i>
$P_{vap,out}$	Pascals	Pression partielle de vapeur d'eau dans l'air extérieur	<i>Partial moisture pressure in outside air</i>
$P_{vap,in}$	Pascals	Pression partielle de vapeur d'eau dans l'air intérieur	<i>Partial moisture pressure in inside air</i>
$Q_{air,lat}$	m ³ . h ⁻¹ . animal ⁻¹	Débit d'air sortant du bâtiment selon la chaleur latente par animal	<i>Air flow going out of the house calculated according to the latent heat produced per animal</i>
$Q_{air,sens}$	m ³ . h ⁻¹ . animal ⁻¹	Débit d'air sortant du bâtiment selon la chaleur sensible par animal	<i>Air flow going out of the house calculated according to the sensible heat produced per animal</i>
$Q_{air,tot}$	m ³ . h ⁻¹ . animal ⁻¹	Débit d'air sortant du bâtiment selon la chaleur totale par animal	<i>Air flow going out of the house calculated according to the total heat produced per animal</i>
$Q_{N-N_2O,lat}$	mg N-N ₂ O. h ⁻¹ . animal ⁻¹	émission de protoxyde d'azote estimée à partir du débit d'air déduit de la chaleur latente et du gradient de vapeur d'eau	<i>nitrous oxide emission per animal estimated using the air flow deduced from the latent heat and the gradient of water vapor</i>
$Q_{N-N_2O,tot}$	Mg N-N ₂ O. h ⁻¹ . animal ⁻¹	émission de protoxyde d'azote estimée à partir du débit d'air déduit de la chaleur totale et du gradient d'enthalpie par animal	<i>nitrous oxide emission per animal estimated using the air flow deduced from the total heat and the gradient of enthalpy</i>
$Q_{N-NH_3,lat}$	mg N-NH ₃ . h ⁻¹ . animal ⁻¹	émission d'ammoniac estimée à partir du débit d'air déduit de la chaleur latente et du gradient de vapeur d'eau par animal	<i>ammonia emission per animal estimated using the air flow deduced from the latent heat and the gradient of water vapor</i>
$Q_{N-NH_3,tot}$	mg N-NH ₃ . h ⁻¹ . animal ⁻¹	émission d'ammoniac estimée à partir du débit d'air déduit de la chaleur totale et du gradient d'enthalpie par animal	<i>ammonia emission per animal estimated using the air flow deduced from the total heat and the gradient of enthalpy</i>
q_{out}	kg eau(water) . kg ⁻¹ air sec (dry air)	Humidité spécifique (ou rapport de mélange) de l'air extérieur	<i>Moisture ratio (or specific humidity) of the outside air</i>
q_{in}	kg eau(water) . kg ⁻¹ air sec (dry air)	Humidité spécifique (ou rapport de mélange) de l'air	<i>Moisture ratio (or specific humidity) of the inside air</i>

		intérieur	
$R_{gp,atm}$	$L \cdot atm \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$	Constante des gaz parfaits pour l'air humide (0,0821 L . atm . K ⁻¹ . mol ⁻¹)	<i>Constant of perfect gases for the moist air (0,0821 L.atm.K⁻¹ .mol⁻¹)</i>
t_{out}	Degrés Celsius	Température de l'air extérieur	<i>temperature of outside air</i>
t_{in}	Degrés Celsius	Température de l'air intérieur	<i>temperature of inside air</i>
ρ_{out}	kg d'air sec (<i>dry air</i>) . m ⁻³ d'air humide (<i>moist air</i>)	Masse volumique de l'air extérieur	<i>density of outside air</i>
ρ_{in}	kg d'air sec (<i>dry air</i>) . m ⁻³ d'air humide (<i>moist air</i>)	Masse volumique de l'air intérieur	<i>density of inside air</i>

7.1.6 Contrôles et vérifications (Control and checkout)

Différents niveaux de contrôle sont recommandés, depuis la vérification de l'adéquation de la méthode aux objectifs, jusqu'à la vérification de la cohérence des résultats finaux, en passant par des contrôles sur les valeurs observées (blancs, échantillons étalon, appareils de contrôle, critères de rejet de valeurs aberrantes).

Various levels of control are recommended, from checking the adequacy of the method to the objectives, until checking the coherence of the final results, including the controls on the actual values (white, standard samples, testing devices, criteria of rejection of outliers).

7.1.7 Expression des résultats, calcul d'incertitude et interprétation (Expression of results, uncertainty estimate, and interpretation)

Les résultats peuvent être exprimés dans différentes unités selon l'usage des observations (par exemple émission par animal et par heure, émission par place et par an, émission par animal et par lot, émission annuelle du système, etc.). L'interprétation des résultats se base sur la comparaison à des références plus ou moins spécifiques du cas étudié. De fortes anomalies peuvent être dues à la procédure de mesure elle-même, à des événements exceptionnels concernant les animaux, ou encore à des situations climatiques exceptionnelles.

The results can be expressed in various units according to the use of the observations (for example emission by animal and, emission per place and per year, emission per animal and per batch, annual emission of the system, etc). The interpretation of the results is based on the comparison with more or less specific references of the studied case. Strong anomalies can be due to the procedure of measurement itself, extraordinary events concerning the animals, or to exceptional climatic situations.

7.1.8 Enregistrements et rapports d'essais (Recordings and reports)

Selon l'usage des observations, les valeurs enregistrées sont archivées soit sur le site d'observation (certification, conseil), soit par

According to the use of the observations, the recorded values are filed either on the site of observation (certification, council), or by the

<p>l'opérateur des mesures (recherche et développement, éducation).</p> <p>S'il s'agit uniquement de vérifier la conformité d'une mesure à un seuil de référence, le rapport peut être très succinct. Dans tous les cas, il convient de noter sur le rapport :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le lieu d'essai, - les dates et heures de début et fin, - les nombres d'animaux et leurs poids - le cas échéant les quantités d'effluents, - les entrées et sorties constatées (aliments, eaux, paillages, ventilation, etc.), - les noms des intervenants, - les références des matériels de mesure, - les modalités de calcul choisies, - les réserves éventuelles quant à l'usage des mesures et des résultats. <p>Si le rapport et les enregistrements doivent donner lieu à des vérifications par des personnes indépendantes, il convient d'ajouter les compétences spécifiques requises pour le vérificateur. Celles-ci doivent concerner au minimum la connaissance :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de l'influence des pratiques d'élevage sur les résultats observés, - de la variabilité des résultats au cours du temps (par heure, jour, saison, année) sur un même site et la variabilité des résultats entre deux sites pratiquant le même système, - pratique des méthodes de mesures mises en œuvre et des tests de cohérence internes à la procédure, - des objectifs réalistes de réduction des émissions pour ce type de système et des possibilités concrètes d'amélioration pour l'éleveur en tenant compte de sa situation géographique, de son environnement socio-économique, de ses équipements, et de ses pratiques. 	<p><i>operator of measurements (research and development, education).</i></p> <p><i>If it is only a question of checking the conformity of a measurement to a threshold of reference, the report can be very brief. In all cases, it is advisable to note on the report:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>the place of test,</i> - <i>dates and hours of beginning and end,</i> - <i>numbers of animals and their weights</i> - <i>if necessary quantities of manure,</i> - <i>noted entries and exits (food, water, beddings, ventilation, etc),</i> - <i>names of the speakers,</i> - <i>references of the materials of measurement,</i> - <i>methods of calculation chosen,</i> - <i>possible reserves as for the use of measurements and the results.</i> <p><i>If the report and the recordings must include checks by independent people, it is advisable to add the specific competences necessary for the inspector. Those must include at least knowledge on:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>influence of the practices of animal farm on the results observed,</i> - <i>variability of the results during time (per hour, day, season, year) on the same site and the variability of the results between two sites with the same system and management practices,</i> - <i>practical experience of the methods of measurements implemented and of the internal tests of coherence within the procedure,</i> - <i>realistic objectives of emission reduction for this type of system and knowledge of realistic possibilities of improvement for the farmer by taking account of his geographical situation, its socio-economic environment, its equipment, and its practices.</i>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.2 Procédure pour la mesure du défaut de bilan de masse d'un stockage d'effluents (*Guidelines for the measurement of the mass balance deficit of a manure storage*)

7.2.1 Introduction (Introduction)

7.2.1.1 Objectif (Objective)

L'objectif de ces recommandations est d'indiquer une méthode pour mesurer la perte de masse d'effluent d'élevage en élevage.

Dans la plupart des cas où des émissions de la production animale doivent être réduites, elles représentent une quantité significative de l'intrant total du système (typiquement >5%).

Les mesures continues au cours de toute la période de stockage sont chères comparées à la valeur de l'effluent stocké. Les méthodes peu coûteuses sont nécessaires pour développer la connaissance sur des émissions et la certification de la réduction d'émission. Le bilan de matière fournit un outil approprié pour estimer toutes les pertes gazeuses des éléments (eau, carbone, azote, etc.).

Dans le cas des stockages d'effluent, la perte de masse peut être basse (par exemple stockage de lisier dans les réservoirs couverts) ou haute (par exemple compostage de fumier).

The objective of these guidelines is to indicate a method to quantify the mass reduction of animal manure in practical conditions.

In most cases where emissions from animal production have to be reduced, they represent a significant amount of the total input of the system (typically above 5%).

Continuous measurements during the whole period of storage are expensive compared to the value of the stored effluent. Low-cost methods are necessary to develop knowledge on emissions and certification of emission reduction. The mass balance provides a relevant tool to estimate the total gaseous losses of elements (water, carbon, nitrogen, etc.).

In the case of manure storage, the mass loss can be either low (e.g. slurry storage in covered tanks) or high (e.g. composting of solid manure).

7.2.1.2 Domaine d'application (Scope)

Ces recommandations sont adaptées aux cas de stockage d'effluent où les intrants liquides et solides, et les sorties, peuvent être bien définis. Les périodes de mesure ne devraient pas être trop courtes (c.-à-d. au moins plusieurs semaines) de sorte que le défaut de bilan de masse soit plus important que l'incertitude sur les intrants ou les sorties totales.

Le déficit du bilan de masse peut être soit appliqué pendant les expériences où les émissions sont observées, soit déduit de références de la production animale (espèces animales, poids, alimentations) et de composition des effluents.

Dans le cas de la production animale, l'excrétion peut être calculée en utilisant des modèles de la production animale employant des données sur

These guidelines are adapted to cases of manure storage where the liquid and solid inputs, and the outputs, can be clearly defined. The measuring periods should not be too short (i.e. at least several weeks) so that the mass balance deficit will be higher than the accuracy of total inputs or outputs.

The deficit of the mass balance can be either applied during the experiments where emissions are observed, or deduced from references of animal production (animal species, weights, feeds) and of manure composition.

In the case of animal production, the excretion can be computed from models of animal production using data on animal feed and growth or production (milk, eggs). When the inputs of the

les aliments du bétail et la croissance ou la production (lait, oeufs). Quand les intrants du stockage à observer ne peuvent pas être déduits des modèles, ces recommandations sont adaptées uniquement quand il est possible de les peser et prélever.

Les sorties du stockage peuvent se produire une fois ou plusieurs fois selon les pratiques de l'utilisation d'effluent. Il devrait être possible de prélever toutes les sorties du stockage, et soit de les peser, soit d'analyser un traceur conservatif, identifié dans les intrants, permettant d'estimer la masse initiale.

storage to be observed can not be deduced from models, these guidelines are only adapted when it is possible to weight and sample them.

The outputs of the storage can occur once or several times depending on the practices of manure utilization. It should be possible to sample all the outputs of the storage, and either to weight them, or to analyze a conservative tracer identified in the inputs to estimate the initial mass.

7.2.1.3 Principes (Principles)

Le bilan de matière est fait pour l'eau, le carbone, l'azote, phosphoreux, et potassium pour des raisons suivantes. D'autres éléments ou isotopes peuvent être ajoutés.

L'effluent se compose de composés volatils ou de composés non volatils. La partie volatile principale est faite d'eau, carbone, et composés azotés. Les espèces chimiques de ces composés est soit minérale (par exemple eau, ammoniacque, anhydride carbonique) soit organique (par exemple acides gras volatils, amines, et autres composés plus ou moins odorants). Des espèces volatiles d'autres éléments (P, K, etc.) ne peuvent pas être exclues, et ces éléments non-volatils peuvent également être perdus en tant que particules, mais on suppose généralement que les pertes d'éléments non volatils sont négligeables.

Le bilan de matière compare les stocks initiaux et finaux (ou les sommes d'intrants et de sorties). Le bilan de matière est dit « fermé » si les stocks initiaux et finaux sont égaux. Quand il est « ouvert », la différence correspond aux émissions prises globalement, toutes espèces organiques et minérales confondues. En raison des inexactitudes dans les mesures, le bilan de matière est habituellement « ouvert ».

La fermeture du bilan de masse des composés non-volatils indique la qualité du prélèvement, de la conservation, et des méthodes de sous-échantillonnage avant analyse. Le phosphore est habituellement trouvé dans la fraction particulaire de l'effluent tandis que le potassium est la plupart du temps trouvé dans la fraction liquide. L'utilisation de ces deux éléments permet de vérifier si le procédé de prélèvement était adapté pour les deux fractions, et s'il y a eu des pertes particulières ou par lessivage au cours de la

Mass balance is done for water, carbon, nitrogen, phosphorous, and potassium for following reasons. Other elements or isotopes can be added.

The manure is composed of either volatile or non volatile compounds. The main volatile part is made of water, carbon, and nitrogenous compounds. The chemical species of these compounds is either mineral (e.g. water, ammonia, carbon dioxide) or organic (e.g. volatile fatty acids, amines, and other more or less odorous compounds). Volatile species of other elements (P, K, etc.) can not be excluded, and these non-volatile elements can also be lost as particulate matter, but it is generally assumed that losses of non volatile elements are negligible.

The mass balance compares initial and final stocks (or the sums of inputs and outputs). The mass balance is called "closed" if initial and final stocks are equal. When "not closed", the difference corresponds to the bulk emissions, including all organic and mineral species. Because of inaccuracies in measurements, the mass balance is usually "not closed".

The closure of the mass balance of non-volatile compounds indicates the quality of sampling, conservation, and subsampling methods before analysis. Phosphorous is usually mostly found in the particulate fraction of the manure while potassium is mostly found in the liquid fraction. Using these two elements allows to check whether the sampling procedure was adequate for both fractions, and whether there were specific particulate or leaching losses during the

période expérimentale.

Les espèces chimiques concernées par le bilan de matière ou par les émissions sont différentes. L'eau peut être analysée dans les intrants, les sorties et dans l'air. Habituellement, l'émission totale est légèrement plus forte que la différence entre l'eau entrante et l'eau sortante due à l'eau métabolique. Pour le carbone, la majeure partie du carbone est perdue comme anhydride carbonique dans les systèmes aérobies. Ainsi, l'émission d'anhydride carbonique devrait être légèrement inférieure au déficit de carbone du bilan de matière. Pour l'azote, les échanges de diazote (N_2 , le composant principal de l'air) ne peuvent pas être mesurés. Les réactions de dénitrification se produisent fréquemment dans des zones anaérobies des effluent d'élevage habituellement riches en azote. Elles peuvent mener à des émissions importantes de diazote. Dans ce cas, le protoxyde d'azote (N_2O) est également émis dans des quantités discernables. Ainsi, les émissions de protoxyde d'azote sont fréquemment associées à un écart entre émissions et déficit du bilan d'azote, où la somme de toutes les émissions azotées observées est notablement inférieure au déficit du bilan de masse d'azote.

Par conséquent le bilan de matière de plusieurs composés, associant des composés volatils et des éléments non volatils, est décrit comme un outil pour discuter la validité des mesures d'émission.

experimental period.

The chemical species concerned by the mass balance or by the emissions are different. For the water, it can be analyzed in the inputs, outputs and in air. Usually, the total emission is slightly higher than the difference between input and output water due to the metabolic water. For the carbon, most of the carbon is lost as carbon dioxide in aerobic systems. So, carbon dioxide emission should be slightly lower than the carbon deficit of the mass balance. For the nitrogen, exchanges of dinitrogen (N_2 , the main component of air) can not be quantified. Denitrification reactions frequently occur in anaerobic zones of animal manure rich in nitrogen. It can lead to significant dinitrogen emissions. When there are significant dinitrogen emissions, nitrous oxide (N_2O) is generally also emitted in detectable amounts. Therefore, nitrous oxide emissions are frequently associated to a gap between emissions and mass balance deficit. In this case, the sum of all observed nitrogenous emissions can be notably lower than the deficit of the nitrogen balance.

Therefore the mass balance of several compounds, associating volatile and non volatile elements, is described as a tool to discuss the validity of emission measurements.

7.2.2 Appareillage (equipment)

- récipients pour la collecte des prises élémentaires (dans le stock, dans le bâtiment, durant les opérations d'entrée ou sortie de l'effluent)
- récipients ou surface pour le mélange et le quartage des prises collectées
- sacs ou boîtes pour le stockage et le transport des échantillons
- étiquettes pour l'identification des échantillons (date, lieu, numéro, type d'effluent, projet)
- matériel pour prise de notes
- balance pour peser les contenants et les échantillons (tare, poids brut)
- matériel de broyage des échantillons (congelés, frais, secs, selon les analyses envisagées)
- gants (jetables, solides)
- vêtements spécifiques de l'élevage (cotes

- *containers for collecting all samplings during sampling operations (either in the stock or during input-output operations)*
- *container (or surface) and equipment for mixing and dividing the samples collected*
- *bags or containers for storing and transporting the samples*
- *labels for sample identification (date, place, number, type of effluent, project)*
- *material for taking notes*
- *weighing machine for recording the weights of bag (or container) and sample*
- *equipment for grinding the sample (either frozen or fresh or dry, depending on the analysis procedures)*
- *gloves*
- *clothing for animal farm (disposable coat and*

<p>jetables ou restant sur l'élevage)</p> <p>- matériel de nettoyage et désinfection des équipements en fin d'échantillonnage</p>	<p><i>boots or specific clothing of the animal farm)</i></p> <p><i>- material of cleaning and disinfection of equipment after the measurements</i></p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.2.3 Observations (Observations)

<p>Echantillonnage durant les opérations d'entrée sortie</p> <p>Les meilleurs prélèvements de lisier ou de fumier sont faits lorsque l'effluent est déplacé d'un endroit à l'autre et qu'il est pesé pendant cette opération. Dans ce cas, un prélèvement régulier devrait se produire pendant que l'on charge ou décharge l'effluent. Tous les échantillons devraient être collectés dans un récipient, puis complètement mélangés, puis divisés en 2 parts jusqu'à ce que la taille de l'échantillon soit atteinte (quartage). L'échantillon devrait être conditionné dans un récipient évitant des pertes de gaz, puis congelé pour éviter des transformations biochimiques (par exemple l'ammoniaque peut être produit ou consommé si l'échantillon n'est pas gelé). Une fois congelés, si les échantillons sont faits de grandes particules (taille > 2mm), les échantillons devraient être broyés pour atteindre une dimension particulière en-dessous de 2mm. Cette opération est indispensable parce que les grandes particules induiront une variabilité élevée des résultats analytiques car ces derniers sont obtenus après sous-prélèvement par petite quantité (quelques grammes). Si le broyage n'est pas faisable, alors l'échantillon devrait être séché, tamisé, et l'analyse devrait être faite sur la fraction fine, en indiquant les poids des fractions fines et grossière (ce procédé est semblable à ce qui est fait pour des sols avec des pierres, quand des pierres sont jetées avant analyse, ou pour quelques déchets ou eaux qui sont également tamisés avant analyse).</p> <p>Échantillonnage des stocks</p> <p>Quand le prélèvement n'est pas possible pendant des opérations d'entrée-sortie, le prélèvement idéal suit immédiatement le mélange du produit. Par conséquent, l'échantillonnage devrait être réalisé pendant un brassage énergique du lisier ou après retournement du tas de fumier, chaque fois que cela est faisable. Tous les échantillons devraient être rassemblés en réservoir, puis être traités comme décrit ci-dessus.</p> <p>Quand le mélange n'est pas possible, le procédé de prélèvement devrait être représentatif de l'hétérogénéité de l'effluent, qu'il soit liquide ou</p>	<p>Sampling during input-output operations</p> <p><i>The ideal sampling of liquid and solid manure can be done when it is moved from one place to another and weighed during this operation. Then regular sampling should occur during either charging or discharging the manure. All samples should be collected in a tank, then thoroughly mixed, then divided in 2 parts until the size of the sample is reached. The sample should be conditioned in a container avoiding gas losses, then deep frozen to avoid biochemical transformations (e.g. ammonia can be produced or consumed if sample is not frozen). Once frozen, if the samples are made of big particles (> 2mm size), the samples should be ground to reach a particle size below 2mm. This operation is necessary because large particles will induce a high variability of analytical results, because they are obtained after subsampling a small quantity (some grammes). If it is not feasible, then the sample should be dried, screened, and the analysis should be done on the fine fraction, indicating the fraction of fine fraction used for analysis (this procedure is similar to what is done for soils with stones, when stones are discarded before analysis, or for some wastes or waters that are also screened before analysis).</i></p> <p>Sampling the stock</p> <p><i>When sampling is not possible during input-output operations, the ideal sampling follows the mixing of the product. Therefore, sampling should be carried on during energy mixing of the slurry or after turning the solid manure heap, each time it is feasible. All samples should be collected in a tank, then processed as described above.</i></p> <p><i>When mixing is not possible, the sampling procedure should be representative of the heterogeneity of the manure, whatever liquid or</i></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

solide, et du volume des stocks. Par exemple, dans une lagune, il devrait tenir compte de la variabilité de l'accumulation de boues, ou de l'évolution liquide en cas de géométrie complexe. Autre exemple, dans un bâtiment avicole, l'échantillonnage devrait tenir compte de l'hétérogénéité liée à la disposition des lignes d'abreuvement et d'alimentation.

Tous les échantillons devraient être rassemblés dans un récipient, puis être traités comme décrit ci-dessus.

Quand les stocks sont prélevés, le pesage n'est pas toujours effectué. La masse peut alors être déduite de la conservation d'éléments non-volatiles (P, K), à condition de connaître les quantités entrantes. Cependant, un biais d'échantillonnage peut se produire pendant l'expérience. Par conséquent, quand le pesage n'est pas effectué, au moins 3 dates de prélèvement devraient être employées (commencement, milieu, fin d'expérience) afin de vérifier la validité des données utilisées pour l'évaluation de masse.

Quand le volume peut être mesuré avec une incertitude inférieure à 10%, il devrait être mesuré au début et à la fin de la période expérimentale. Dans ce cas-ci, la densité devrait être également mesurée en pesant un volume connu d'effluent, au moins au début et à la fin de l'expérience.

Analyse

Les analyses effectuées sur les échantillons sont les teneurs en carbone total, inorganique et organique (bilan de carbone), la matière sèche (bilan d'eau), l'ammoniaque et l'azote total kjeldahl (bilan d'azote), le potassium et le phosphore total (bilan des éléments non-volatiles).

Quand le protocole d'analyse induit le chauffage de l'échantillon, des composés volatils sont perdus. La quantité perdue dépend de la composition de l'échantillon (par exemple le poids moléculaire des espèces chimiques), la température de chauffage, le pH, la durée du chauffage. Selon l'échantillon, il peut être nécessaire d'adapter le procédé analytique afin d'éviter le biais dû à la volatilisation pendant le chauffage. Par exemple, si l'échantillon est riche en composés volatils de carbone, le contenu de carbone devrait être analysé non seulement sur la fraction sèche (c.-à-d. après chauffage, fréquemment fait au-dessus 100°C) mais également sur la fraction liquide, qui peut représenter plus de 90% de la masse de

solid, and of the volume of the stock. For example, in a lagoon, it should account for the variability of the sludge accumulation, or of the liquid evolution in case of complex geometry.

Other example in a poultry house, sampling should take into account the variability due to the places of feeding and drinking lines.

All samples should be collected in a tank, then processed as described above.

When the stocks are sampled, weighing is generally not carried on. The mass can be deduced from the conservation of non-volatile elements (P,K) provided their mass in the inputs are well-known. However, sampling bias can occur during the experiment. Therefore, when weighing is not carried on, at least 3 sampling dates should be used (beginning, middle, end of experiment) in order to check the validity of the data used for mass estimate.

When the volume can be measured with an uncertainty lower than 10%, it should be measured at the beginning and at the end of the experimental period. In this case, the density should be also measured by weighing a known volume of manure, at least at the beginning and the end of the experiment.

Analysis

Samples are analyzed for dry matter (mass balance of water), ammonia and Kjeldahl nitrogen (mass balance of nitrogen), total organic and total inorganic carbon (mass balance of carbon), total phosphorous and total potassium (mass balance of non-volatile elements).

When the analysis protocol induces sample heating, volatile compounds are lost. The amount lost depends on the sample composition (e.g. the molecular weight of the chemical species), the heating temperature, the pH, the duration of the heating. Depending on the sample, it can be necessary to adapt the analytical procedure in order to avoid the bias due to the volatilization during heating. For example, if the sample is rich in volatile carbon compounds, the carbon content should be analyzed not only on the dry fraction (i.e. after heating, frequently done above 100°C) but also on the liquid fraction, that can represent over 90% of the sample mass. When the complete carbon analysis is too expensive, it can be approximated by the dry matter content (estimated by weighing the moist samples and the sample dried 48h at 60°C to reduce the loss of

l'échantillon. Quand l'analyse complète de carbone est trop chère, elle peut être approchée par la moitié de la teneur en matière sèche (mesurée en pesant les échantillons humides puis après séchage 48h à 60°C pour réduire la perte de composés volatils de carbone).

volatile carbon compounds) divided by two.

7.2.4 Calculs (Calculations)

Pour calculer la perte d'azote (et des autres éléments) d'un effluent solide, lorsque la pesée n'est pas disponible, nous avons fait l'hypothèse de la conservation du phosphore (noté P^3 , éq. 1), le potassium (noté K^4), pouvant, quant à lui, migrer au sein du stock, entraîné par les liquides et se retrouver dans la couche basse souvent difficile à échantillonner lors d'un stockage au champ (risque d'inclure du sol dans l'échantillon). Il ne s'agit pas de lessivage lorsque cette couche au ras du sol est reprise au moment de l'épandage⁵.

Dans le cas d'un effluent liquide, il est préférable de se baser sur le potassium. Le phosphore sédimente rapidement avec la phase particulaire. Il est donc difficile de l'échantillonner avec précision dans le cas d'un stock de grande dimension.

Les équations 8 et 9 permettent de calculer la perte pour chacun des éléments (exemple de l'azote total et du potassium sous forme K_2O). Il est préférable d'utiliser les mesures telles qu'elles sont effectuées (par exemple : N en % du produit brut ; P en % du produit sec) afin d'éviter d'introduire des écarts liés à l'arrondi des chiffres lors des conversions utilisant les mesures de matière sèche. La cohérence des résultats est analysée en vérifiant le bilan sur le potassium (ou un autre élément chimique pertinent) et la perte progressive de MS, de MO et d'eau ce qui nécessite au moins trois dates de prélèvement espacées d'au moins une semaine.

La perte relative d'azote (l'abattement en pourcentage) est calculée de la façon suivante :

To calculate the nitrogen loss (and other elements) of a solid manure, when the weighing is not possible, we made the assumption of the conservation of phosphorus (noted P^3 , eq. 1), potassium (noted K^4), being able to migrate within the stock, leached with the liquids and accumulate in the lower layer that is often difficult to sample during a storage to the field (risk of sampling the soil). It is not a question of leaching when this layer in contact with the soil is taken again at the time of the spreading⁵.

In the case of a liquid manure, it is preferable to base the mass calculation on potassium. Phosphorus quickly forms a deposit like the particulate matter. It is thus difficult to sample it accurately in the case of a large stock.

Equations 8 and 9 make it possible to calculate the loss for each element (example of total nitrogen and potassium in form K_2O). It is preferable to use measurements such as they are carried out (for example: N in % of the raw product; P in % of the dry product) in order to avoid introducing variations related to round figures during the conversions that use measurements of dry matter. The coherence of the results is analyzed by checking the budget on the potassium (or another relevant element) and the progressive loss of MS, MO and water what requires at least three successive dates of sampling with at least one week between the dates.

The relative nitrogen loss (abattement expressed as a percentage) is calculated in the following way:

3 1 kg P \Leftrightarrow 2,3 kg P_2O_5 [$2,3 = (31*2 + 16*5)/(31*2)$]

4 1 kg K \Leftrightarrow 1,2 kg K_2O [$1,2 = (39*2 + 16)/(39*2)$]

5 Il convient cependant de préciser que le lessivage d'éléments (azote, potassium et autres éléments solubles) hors du tas est possible lors de pluies abondantes sur des tas déjà humides. Dans le cas présent, compte tenu du mode de calcul adopté, le lessivage se manifesterait par un déficit de potassium par rapport au phosphore. *[it is however advisable to specify that the leaching of elements (nitrogen, potassium and other soluble elements) out of the heap is possible when abundant rains fall on already wet heaps. In this case, using this way of calculating, leaching would result in a potassium deficit compared to phosphorus.]*

$$[1] \quad \text{Pertes N} = (M_i^h \times N_i^h - M_f^h \times N_f^h) / M_i^h N_i^h = 1 - M_f^h/M_i^h \times N_f^h/N_i^h$$

avec M_i^h et M_f^h les masses totales de fumier ou compost humide (initiale et finale⁶), N_i^h et N_f^h , les teneurs en N initiale et finale mesurées sur le produit brut (par exemple, dans les mesures suivantes, en % Ntk par rapport au produit brut).

with M_i^h and M_f^h the total masses of solid manure or wet compost (initial and finale⁶), N_i^h and N_f^h , the initial and final contents of N measured on the raw product (for example, in following measurements, in % Ntk within the raw product).

Si l'on suppose que le phosphore est conservé, on peut écrire la relation suivante (éq. [2]) :

If it is supposed that phosphorus is preserved, one can write the following relation (eq. [2])

$$[2] \quad M_i^s \times P_i^s = M_f^s \times P_f^s$$

avec M_i^s et M_f^s les masses totales de matière sèche initiale et finale, P_i^s et P_f^s les teneurs en P initiale et finale mesurées sur la matière sèche (par exemple, dans les mesures suivantes, en % P_2O_5 par rapport à la matière sèche).

with M_i^s and M_f^s initial and total final dry matter masses, P_i^s and P_f^s the P contents initial and final measured on the dry matter (for example, in following measurements, in % P_2O_5 compared to the dry matter).

Par ailleurs, les masses de matière sèche utilisées dans l'équation [2] sont calculées de la façon suivante (éq. 3 et 4) :

In addition, the dry matter masses used in the equation [2] are calculated in the following way (éq. 3 and 4):

$$[3] \quad \text{Masse totale de matière sèche initiale} : M_i^s = MS_i \times M_i^h$$

$$[4] \quad \text{Masse totale de matière sèche finale} : M_f^s = MS_f \times M_f^h$$

avec MS_i et MS_f les teneurs en matière sèche initiale et finale.

where MS_i and MS_f are the initial and final dry matter contents.

Les masses non connues (M_i^s , M_i^h , M_f^s , M_f^h) peuvent être remplacées en exprimant les rapports suivants à partir des équations [2], [3] et [4] :

The unknown masses (M_i^s , M_i^h , M_f^s , M_f^h) can be replaced by expressing the following ratios using the equations [2], [3] and [4]:

$$[5] \quad M_i^s / M_f^s = P_f^s / P_i^s$$

$$[6] \quad M_f^h / M_i^h = (M_f^s / MS_f) / (M_i^s / MS_i) = (MS_i / MS_f) / (M_i^s / M_f^s)$$

d'où l'on déduit :

from which one deduces:

$$[7] \quad M_f^h / M_i^h = (MS_i / MS_f) \times (P_i^s / P_f^s)$$

Ainsi en remplaçant le rapport M_f^h / M_i^h dans l'équation [1], on obtient, pour les éléments mesurés sur le produit brut (par exemple l'azote, l'eau) :

Thus by replacing the ratio M_f^h / M_i^h in the equation [1], one obtains, for the elements measured on the raw product (for example nitrogen, or water):

$$[8] \quad \text{Perte N} = 1 - (N_f^h/N_i^h) \times (MS_i / MS_f) / (P_f^s / P_i^s)$$

$$[9] \quad \text{Perte Eau} = 1 + \text{Pluie} - (1 - MS_f)/(1 - MS_i) \times (MS_i / MS_f) \times (P_i^s / P_f^s)$$

6 les indices i et f correspondent aux dates initiale et finale ; les exposants s et h correspondent aux produits sec et brut [the indices i and f correspond to initial and finale dates; the superscripts s and h correspond to the dry and wet products respectively]

Les résultats sont exprimés en pourcentage du stock initial. Par conséquent « Perte Eau » et « Pluie » doivent être exprimées en kg eau/kg eau stock initial.

Ce qui donne pour les éléments mesurés sur le produit sec (par exemple le potassium ; par construction la perte de phosphore est nulle) :

The results are expressed as a percentage of initial stock. Consequently "Perte Eau" and "Pluie" must be expressed in kg water/kg water i initial stock.

What gives for the elements measured on the dry product (for example potassium; by construction the phosphorus loss is null):

$$[10] \text{ Perte K} = 1 - (K_f^s / K_i^s) / (P_f^s / P_i^s)$$

et pour la matière sèche :

and for dry matter:

$$[11] \text{ Perte MS} = 1 - (P_i^s / P_f^s)$$

Lorsque les volumes de pluie sont faibles (quantité voisine de l'évapotranspiration potentielle et intensité pluviométrique faible), on peut faire l'hypothèse que les pertes d'eau sont négligeables. Cela revient à supposer que toute l'eau de pluie (ou de rosée) est évaporée du tas. Cette hypothèse, acceptable dans le cas d'un stockage (ou compostage au champ) de printemps une année faiblement pluvieuse dans l'Ouest de la France, est à reconsidérer pour chaque période où l'on utilise ce type de méthode.

When the precipitations are low (quantity close to the potential evapotranspiration and low rainfall intensity), one can assume that the water losses are negligible. It supposes that all the rainwater (or dew) is evaporated by the heap. This assumption, acceptable in the case of a storage (or composting on the field) during the spring and when the year is slightly rainy, in west of France, should be reconsidered for each period when this type of method is used.

7.2.5 Contrôles et vérifications (Control and checkout)

La perte de potassium calculée doit être faible (< 20% ; ou un autre élément pertinent qui peut être échantillonné correctement, ce qui est rarement le cas du phosphore dans les stockages de lisier). Lorsque la masse est calculée à partir de la composition de l'effluent (pas de pesée), la vérification doit être faite sur les dates non utilisées pour estimer la masse et l'évolution de la masse doit montrer une émission cumulée croissante avec la durée de la période d'étude.

La perte de carbone est généralement supérieure (en pourcentage du stock initial) à la perte d'azote. L'inverse peut arriver lorsque le rapport C/N dans l'effluent initial est nettement inférieur à 10.

La quantité d'azote ammoniacal, en proportion de l'azote total, augmente généralement dans les effluents anaérobies (teneur en matière sèche inférieure à 20% et pas d'aération durant le stockage) et diminue généralement dans les effluents majoritairement aérobies (teneur en matière sèche supérieure à 20% ou aération régulière durant le stockage).

The calculated potassium loss must be weak (< 20%; or another relevant element that can be sampled correctly, that is hardly the case of phosphorus in slurry tanks). When the mass is calculated from the composition of manure (not with weighing), the checking must be made on the dates not used to estimate the mass, and the evolution of the mass must show an emission increasing with the duration of the period of study.

The carbon loss is generally higher (expressed as a percentage of initial stock) than the nitrogen loss. The reverse can happen when the ratio C:N in initial manure is definitely lower than 10.

The quantity of ammoniacal nitrogen, in proportion of total nitrogen, generally increases in anaerobic manure (dry matter contents lower than 20% and no ventilation during storage) and generally decreases in manures that are mainly aerobic (dry matter contents higher than 20% or regular ventilation during storage).

7.3 Procédure pour la mesure des émissions d'ammoniac (NH₃), protoxyde d'azote (N₂O), méthane (CH₄) et dioxyde de carbone (CO₂) des stockages de lisier par la technique des chambres dynamiques flottantes (*Guidelines for the measurement of emission flux of Ammonia (NH₃), Nitrous oxide (N₂O), Methane (CH₄) and Carbon dioxide (CO₂) from liquid manure (slurry) store with the technique of the Floating dynamic closed chamber (FDCC)*)

7.3.1 Introduction (Introduction)

7.3.1.1 Objectif (Objective)

La chambre flottante fermée dynamique (FDCC) est une des techniques les plus couramment appliquées pour observer et comparer des émissions de lisier stocké.

Comme les conditions à l'intérieur de la chambre sont habituellement différentes de celles à l'extérieur, l'émission mesurée par la chambre n'est pas nécessairement représentative du mesurand (l'émission « vraie »). Espagnol et autres (2008, 2009) ont mis en évidence un biais significatif dans le cas du lisier de porc.

Cependant, cette méthode est très pratique. Elle fournit des informations précises et valables pour comparer des traitements ou pour estimer la variabilité spatiale (par exemple en passant de l'échelle du laboratoire à l'échelle de l'expérience pilote). Elle est également employée couramment pour l'émission des surfaces solides au champ, émissions à l'épandage par exemple. Les chambres fermées sans ventilation sont employées lorsque les émissions sont très faibles (par exemple, émissions de protoxyde d'azote au champ). Des modélisations ont été développées pour corriger les biais de mesure pour les chambres ouvertes ou fermées de flux (Loubet et al., 1999a, 1999b ; Senevirathna et al., 2007 ; Pape et al., 2009).

Par conséquent, nous proposons ces recommandations pour une chambre fermée dynamique de flottement et nous recommandons fortement de compléter ces mesures avec un bilan de matière du liquide stocké.

The floating dynamic closed chamber (FDCC) is one of the most applied technique used to observe and compare emissions from stored liquid manure.

As the conditions within the chamber are usually different from those outside, the emission measured by the chamber can be not representative of the measurand (the "true" emission). Evidence of significant bias has been observed in the case of pig liquid manure by Espagnol et al (2008, 2009).

However, this method is very practical. It gives accurate and valuable informations when used to compare treatments or estimate spatial variability (e.g. when changing scale from laboratory to pilot experiment). It is also widely used for emission of solid surfaces in the field, e.g. emissions after slurry spreading. Closed chambers without ventilation are also used when the emissions are quite low, as for nitrous oxide emissions from soils for example. Modeling approaches have been developed to correct measurement bias for open or closed flux chambers (Loubet et al., 1999a, 1999b; Senevirathna et al., 2007; Pape et al., 2009).

Therefore, we propose these guidelines for a floating dynamic closed chamber and highly recommend to complete these measurements with a mass balance of the stored liquid.

7.3.1.2 Domaine d'application (Scope)

<p>Ce protocole décrit une méthode pour mesurer le flux d'émission de l'ammoniac (NH_3) et des gaz à effet de serre - GES : méthane (CH_4), anhydride carbonique (CO_2), et protoxyde d'azote (N_2O) – d'une surface de lisier dans une fosse ouverte en utilisant une chambre flottante fermée dynamique (FDCC) dans des conditions de fonctionnement spécifiques.</p>	<p><i>This protocol specifies a method to measure the emission flux of ammonia (NH_3) and greenhouse gases - GHG: methane (CH_4), carbon dioxide (CO_2), and nitrous oxide (N_2O) - from liquid manure (slurry) in open store using a floating dynamic closed chamber (FDCC) under specified operating conditions.</i></p>
<p>La mesure du flux d'émission de NH_3, N_2O, CH_4 et CO_2, avec cette méthode peut servir :</p>	<p><i>The measurement of the emission flux of NH_3, N_2O, CH_4 and CO_2, with this method can serve:</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> - pour comparer les émissions gazeuses de différentes fosses à lisier (lisier) gérées de manières différentes ; - pour évaluer le résultat de techniques appliquées pour réduire le NH_3, le N_2O, le CH_4 et le CO_2 émis par une fosse à lisier, par comparaison à une fosse de référence. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>To compare gaseous emissions from different liquid manure (slurry) store managed in different way</i> - <i>To assess the performance of techniques applied to reduce NH_3, N_2O, CH_4 and CO_2 from liquid manure (slurry) store, using the comparison with a reference slurry store.</i>
<p>Les mesures ne devraient pas être employées pour estimer des facteurs d'émission du lisier stocké sans corrections et évaluation de la représentativité.</p>	<p><i>The measurements should not be used to estimate emission factors from the stored liquid manure without corrections and evaluation of representativeness.</i></p>

7.3.1.3 Principes (Principles)

<p>Le principe général de la technique FDCC est d'isoler une portion de la surface de fosse à lisier et de mesurer le changement de concentration dans la chambre au cours du temps (Figure).</p>	<p><i>The overall principle of the FDCC technique is to isolate a surface of slurry store and measure the concentration change in the chamber with time (Figure).</i></p>
<p>On exprime les résultats par unité de surface de lisier et par unité de volume de lisier.</p>	<p><i>The results are expressed per unit of area of slurry and per unit of volume of slurry.</i></p>

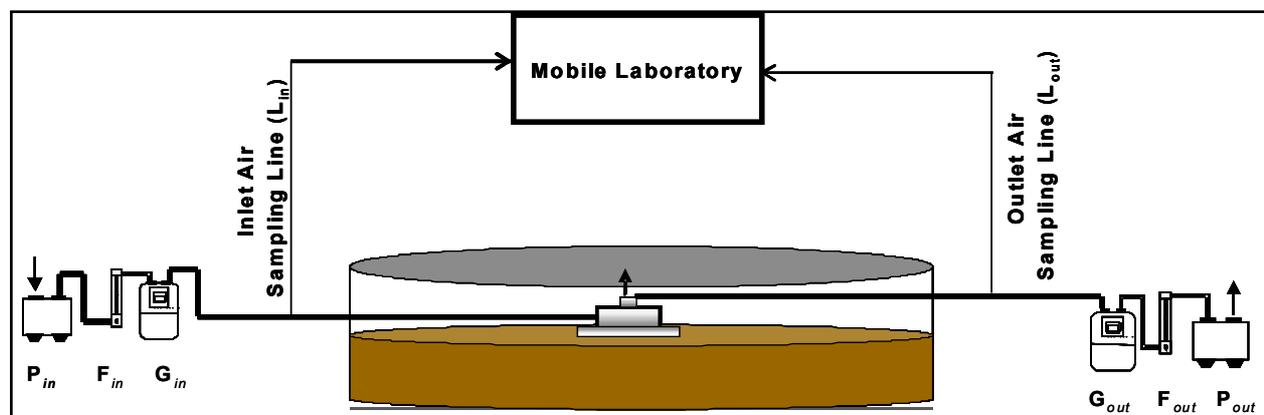


Figure 32. Overall principle of the floating dynamic closed chamber technique to measure the emission flow of ammonia (NH₃) and greenhouse gas (GHG) i.e. methane (CH₄) carbon dioxide (CO₂) and nitrous oxide (N₂O) from liquid manure (slurry) [G_{in, out}: gas meter of inlet or outlet air F_{in, out}: flow meter of inlet or outlet air P_{in, out}: pump of inlet or outlet air]

Cette méthode emploie une chambre en plastique de P.V.C. de dimensions définies pour isoler une partie de la source à étudier. Pendant l'utilisation, une pompe (Pin) fournit un écoulement connu d'air vers la chambre dynamique tandis qu'une deuxième pompe (Pout) aspire l'air de sortie. L'air entrant et l'air sortant sont échantillonnés au moyen de deux lignes de prélèvement d'air (Lin, rustre) avec une technique analytique appropriée située dans un laboratoire mobile.

La mesure des émissions GES et NH₃ comporte la détermination de la concentration des différents gaz C_{gas_i}^{inlet}, C_{gas_i}^{outlet} dans l'admission et la sortie d'air⁷ (mgN.m⁻³air ou mgC.m⁻³air) multipliées par le débit d'air Q_{Dynamic chamber}^{air} de la chambre dynamique (m³air. h⁻¹). En mesurant la concentration en gaz polluant dans l'admission et la sortie d'air et après avoir réglé la circulation d'air porteur, le flux d'émission du gaz polluant est exprimé en mgN.h⁻¹ ou le mgC.h⁻¹ est déterminé par la relation :

This method uses a P.V.C. plastic chamber of defined dimensions to isolate a portion of the source under investigation. During use, a pump (Pin) delivers a known flow of air through the dynamic chamber while a second pump (Pout) carries the outlet air. Inlet and outlet air are monitored by means of two air sampling lines (Lin, Lout) with an appropriate analytical technique located in a mobile laboratory.

The measurement of GHG and NH₃ emissions involves the determination of the concentration of the different gases C_{gas_i}^{inlet}, C_{gas_i}^{outlet} in the inlet and outlet air⁷ (mgN.m⁻³air or mgC.m⁻³air) multiplied by the air flow Q_{Dynamic chamber}^{air} of the dynamic chamber (m³air. h⁻¹). By measuring the polluting gas concentration in the inlet and outlet air and having set the carrier air flow, emission flux of polluting gas expressed in mgN.h⁻¹ or mgC.h⁻¹ is determined by the relation:

⁷Inlet air could zero-grade air or air atmospheric concentration

$$[12] F_{\text{gas}_i} = (C_{\text{gas}_i}^{\text{outlet}} - C_{\text{gas}_i}^{\text{inlet}}) \times Q_{\text{Dynamic chamber}}^{\text{outlet air}}$$

avec gas_i qui se rapporte à NH_3 , au N_2O , au CH_4 ou au CO_2 .

Dans ce de protocole la concentration NH_3 est évaluée soit par absorption dans une solution acide avec post-analyse ou par spectrométrie infrarouge photo-acoustique (Innova) tandis que les concentrations en N_2O , CH_4 et CO_2 sont mesurées par spectrométrie infrarouge photo-acoustique (Innova).

with gas_i referring to NH_3 , N_2O , CH_4 or CO_2 .

In this protocol NH_3 concentration is evaluated either by absorption acid trap with post-analyze or by photoacoustic infrared spectrometry (Innova) while N_2O , CH_4 , and CO_2 concentrations are quantified by photoacoustic infrared spectrometry (Innova).

7.3.2 Caractérisation des valeurs à contrôler (Identification of emission site)

Les caractéristiques générales du site expérimental devraient être enregistrées (type de ferme, taille, différents types d'animaux, performances zootechniques) ainsi que celles spécifiques à l'expérience (date, période, endroit, nom des personnes, âge du lisier, quantité, échantillonnage).

The general characteristics of the experimental facility should be recorded (type of farm, size, diversity of animals, performances) as well as those specific of the experiment (date, time, place, name of persons, age of the slurry, quantity, sampling).

7.3.3 Appareillage (equipment)

Matériels :

- chambre dynamique flottante
- silicagel
- pompes
- compteur à gaz
- teflon ou autre matériel inerte pour transférer l'air entrant/sortant jusqu'à la chambre dynamique
- ligne d'échantillonnage⁸ construite en teflon ou autre matériau inerte pour transporter l'air entrant/sortant jusqu'au laboratoire mobile
- flacons pour la collecte des condensats⁹
- connecteurs inertes
- flacon
- solution acide (H_2SO_4 , 0.5-2N)
- laboratoire mobile avec l'appareillage de mesure, ordinateur et dispositifs de commande quand les lignes d'échantillonnage sont multiplexées. Il devrait également être équipé du matériel d'échantillonnage pour le prélèvement, le traitement, et le transport de lisier.

Materials:

- Floating dynamic chamber
- Silica gel
- Pumps
- Gas meter
- Teflon or other inert material for withdraw the inlet/outlet air through the dynamic chamber
- Sample line ⁸ constructed of Teflon or other inert material for transporting the inlet/outlet air to the mobile laboratory.
- Flasks for collection of condensate ⁹
- Inert connectors
- Flask
- Acid solution (H_2SO_4 , 0.5-2N)
- Mobile laboratory with measuring equipment, computer and control devices when sampling lines are multiplexed. It should also be equipped with the sampling equipment for slurry sampling,

⁸Heated sample line is recommended

⁹In case of no heated sample line

Les réactifs et les équipements utilisés dans cette méthodologie devraient être des appareils de laboratoire. L'eau utilisée pour la préparation de la solution acide sera déionisée ou de pureté équivalente. Tout l'équipement (pompe, flacon, tuyaux,...) en contact avec l'air sera choisi en matériau chimiquement inerte.

Description de la chambre dynamique flottante

La chambre dynamique flottante (fig. 2) se compose de trois parts. La première et principale partie est une boîte rectangulaire de PVC (①) (longueur, 60 cm ; largeur, 40 cm ; hauteur, 40 cm) sans fond qui offre une surface expérimentale de 0.24 m². Dans cette boîte, deux cloisons PVC (②) (longueur, 60 cm ; largeur, 30 cm ; hauteur, 40 cm), sont fixées perpendiculairement à l'intérieur de la chambre afin d'obtenir un courant d'air turbulent. La deuxième partie est une boîte de PVC de dépressurisation (③) (longueur, 20 cm ; largeur, 20 cm ; hauteur, 10 cm), fixée au-dessus de la première boîte, et reliée à elle au moyen d'une ouverture de 1 cm de diamètre (④). Cette petite boîte communique avec l'atmosphère (⑤) afin que la pression dans la chambre de mesure soit légèrement supérieure à la pression atmosphérique. La dernière partie est en polystyrène expansé (⑥) (0.96 m²) fixé autour de la chambre de mesure pour qu'elle flotte. En position de flottement, une partie de la chambre est immergée, laissant un volume d'air nominal de 50 L.

conditioning, and transportation.

The reagent and equipment used in this methodology should be laboratory apparatus. All water used in the preparation of the solution of acid shall be deionized or of equivalent purity. All equipment (pump, flask, pipe...) which come into contact with air shall be made of chemically inert material.

Description of the floating dynamic chamber

The floating dynamic chamber (Fig. 2) consists of three parts. The first and main part is a rectangular PVC box (①) (length, 60 cm; width, 40 cm; height, 40 cm) without bottom and offering an experimental area of 0.24 m². In this box, two PVC dividing walls (②) (length, 60 cm; width, 30 cm; height, 40 cm), are fixed perpendicularly inside the chamber in order to obtain a turbulent air stream. The second part is a depressurization PVC box (③) (length, 20 cm; width, 20 cm; height, 10 cm), fixed above the first one, and connected with it by means of a 1 cm diameter aperture (④). This small box is open to atmosphere (⑤) in order to prevent any pressure in the chamber. The last part is the expanded polystyrene (⑥) (0.96 m²) fixed around this chamber to keep it floating. In its floating position, a part of the chamber is immersed, leaving a nominal headspace of 50 L.

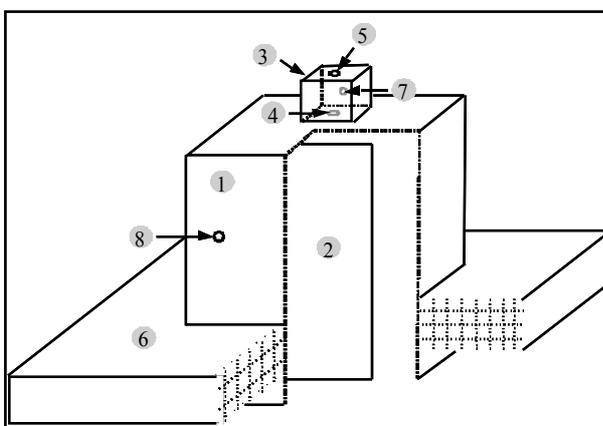


Figure 33. Description of the floating dynamic closed: (①) PVC chamber; (②) PVC dividing walls; (③) depressurization PVC box; (④) aperture between depressurization box and chamber; (⑤) aperture to atmosphere; (⑥) expanded polystyrene; (⑦) inlet air connexion; (⑧) outlet air connexion

Ventilation dynamique à travers la chambre dynamique flottante

L'air entrant¹⁰ est soufflé par une première pompe (P_{in}) via le tuyau d'arrivée d'air (⑦) à un débit de 25 l.min^{-1} contrôlé par un débitmètre (F_{in}) et enregistré par un compteur à gaz (G_{in}). Les gaz émis sont aspirés par un flux d'air sur le côté opposé de la chambre dynamique flottante (⑧) à l'aide d'une deuxième pompe (P_{out}). Cette deuxième pompe est réglée à un débit nominal de 15 l.min^{-1} , fixé par un deuxième débitmètre (F_{out}), le volume exact est totalisé par un compteur à gaz (G_{out}). L'air soufflé en excès (environ 10 l.min^{-1}) est rejeté à l'atmosphère à travers l'orifice ⑤.

(environ 2 m.s^{-1}). Le flux $Q_{\text{Dynamic chamber}}^{\text{outlet air}}$ qui traverse la chambre dynamique doit être maintenu constante pendant les mesures.

Dynamic flow-through the floating dynamic chamber

The inlet air¹⁰ is delivered through a first pump (P_{in}) via the inlet air connexion (⑦) at a flow of 25 l.min^{-1} controlled by a flow meter (F_{in}) and recorded by a gas meter (G_{in}). Emitted gases are withdrawn in a stream of air at the opposite side of the floating dynamic chamber (⑧) by means of a second pump (P_{out}). This second pump is operated at a nominal air flow of 15 l.min^{-1} , fixed by a second flow meter (F_{out}), the exact volume being measured by a gas meter (G_{out}). The surplus inlet air (about 10 l.min^{-1}) is exhausted to the atmosphere by means of the aperture ⑤ (about 2 m.s^{-1}). The flow $Q_{\text{Dynamic chamber}}^{\text{outlet air}}$ through the dynamic chamber must be maintained at a constant during the run.

7.3.4 Observations (Observations)

Position de la chambre

La surveillance des émissions gazeuses par chambre dynamique flottante doit être effectuée sur une partie de la fosse à lisier où aucune perturbation due au brassage du lisier, au remplissage ou aux turbulences liées au vent ne pourrait se produire. La surveillance des émissions gazeuses ne doit jamais être effectuée près du mur de la fosse de stockage afin d'éviter une émission anormale due à un effet de bord.

Fréquence et période de la surveillance

Afin de tenir compte de la variabilité temporelle et spatiale des émissions gazeuses pendant le stockage du lisier on recommande d'effectuer :

- 3-5 séquences de surveillance pendant au

Position of the chamber

The monitoring of gaseous emissions by floating dynamic chamber must be carried out at a part of the slurry store where no perturbation due to slurry stirring, slurry filling and wind speed turbulences could occur. The monitoring of gaseous emissions must never carry out near the store wall in order to avoid unusual emission due to leakage by wall effect.

Frequency and time of monitoring

In order to take account of temporal and spatial variability of gaseous emissions during the storage of slurry it is recommended to carry out:

- 3-5 sequences of monitoring for at least 2 hours

¹⁰ Inlet air could zero-grade air or air atmospheric concentration

moins 2 heures durant un même jour.

- 3-5 séquences de surveillance durant des périodes à différentes saisons.

Deux heures au minimum de collecte de données sont exigées pour assurer une mesure représentative d'une concentration moyenne. La collecte de données est lancée une fois que la chambre atteint des conditions de régime permanent (30 minutes de fonctionnement).

Prélèvement d'air et mesure de concentration

La méthode de prélèvement d'air est liée à la technique de mesure de concentration, c'est-à-dire par absorption par une solution acide si seule la concentration en ammoniac est recherchée ou par l'analyseur infrarouge si l'ammoniac est mesuré simultanément à N₂O, CH₄ et CO₂.

Analyse de la concentration en ammoniac (NH₃) par absorption dans une solution acide

Les concentrations en NH₃ de l'entrée et de la sortie d'air sont mesurées en utilisant un deuxième jeu de pompes, un compteur volumétrique et des flacons d'acide (en général 50 ml de H₂SO₄ ; 0.5 à 2 N) comme décrit dans la figure suivante :

over a same day.

- 3-5 sequences of monitoring over several period at different seasons.

A minimum of two hours of data collection is required to ensure a representative measurement of a mean concentration. Data collection is initiated once the chamber reached steady-state conditions (30 min of operation).

Air sampling and concentration measurement

The method of air sampling is linked with the concentration measurement technique that is if ammonia concentration is measured alone by absorption by acid solution or by infrared analyser simultaneously with N₂O, CH₄ and CO₂.

Analyse of Ammonia (NH₃) concentration by absorption in acid solution

NH₃ concentration of the inlet, outlet air is measured using a second set of pumps, gas meter and acid flask (typically 50 ml of H₂SO₄ ; 0.5 to 2 N) as described Figure:

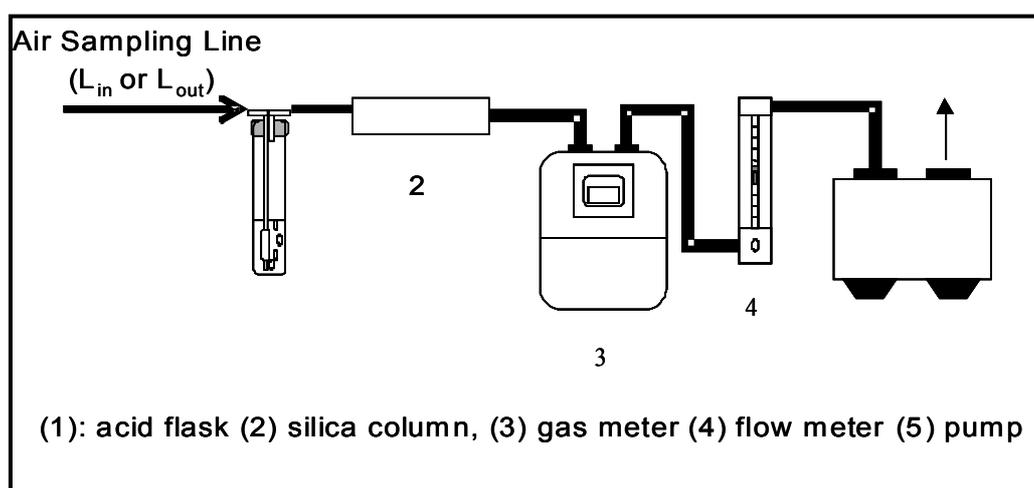


Figure 34. Schematic drawing of air sampling from floating dynamic closed chamber to analyse of Ammonia (NH₃) concentration by absorption in acid solution

L'air prélevé est acheminé vers le flacon d'acide à un débit connu, en général $5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, selon la capacité du bulleur et la capacité d'absorption du flacon d'acide (voir procédure NH_3). L'air prélevé est desséché par le silicagel et enregistré par le compteur à gaz. Le flacon est périodiquement remplacé (quotidiennement au maximum) et l'émission cumulée d'ammoniac est déterminée pour chaque période de surveillance. La période de surveillance doit être inférieure à la capacité d'atteindre le point de saturation en ammonium du flacon d'absorption. L'évaporation de la solution du piège est compensée en enregistrant le poids initial de l'ensemble [flacon + solution acide].

La quantité d'ammoniac emprisonnée par la solution acide est déterminée en analysant la concentration finale en ammonium-n ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) dans la solution acide par l'une ou l'autre de ces méthodes :

- (i) distillation et titration alcalines,
- (ii) colorimétrie,
- (iii) chromatographie ionique.

Les concentrations de NH_3 , du N_2O , du CH_4 et du CO_2 (exprimés en $\text{mgN}\cdot\text{m}^{-3}\text{air}$ ou $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}\text{air}$) sont mesurées directement et indiquées par l'analyseur infrarouge.

Mesure de concentration de NH_3 , N_2O , CH_4 et CO_2 par spectrométrie infrarouge photo-acoustique (Innova 1312)

Le prélèvement continu sur l'entrée d'air et sur la sortie d'air est fait à un débit nominal de $3\text{L}/\text{min}$ avec une pompe. Les deux lignes de prélèvement (L_{in}) et (L_{out}) sont reliées à l'analyseur (Figure) soit manuellement, soit par un système de vannes qui permet le prélèvement automatique continu. Une ligne de mise à l'air (L_{vent}) est adaptée à la ligne de sortie témoin (L_{monot}). Cette ligne de mise à l'air est reliée à un débitmètre pour gaz ou à tout appareil semblable pour éviter toute surpression qui pourrait endommager l'analyseur.

Sampled air is drawn through acid flask at a known flow, typically $5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, according to bulging capacity and absorption capacity of acid flask (see NH_3 procedure). The sampled air is dried out through silica gel and recorded by gas meter. The flask is periodically replaced (max. daily) and the cumulative ammonia emission is determined for each period of monitoring. The monitoring period must be lower than the period need to reach ammonium saturation point of the absorption flask. Any evaporation of the trap solution is compensated by recording the initial weight of the [flask + acid solution].

Ammonia quantity trapped by acid solution is determined by analyzing the final ammonium-N ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) concentration in acid solution by either:

- (i) alkaline distillation and titration,*
- (ii) or colorimetry,*
- (iii) or ion chromatography.*

The concentration of NH_3 , N_2O , CH_4 and CO_2 (expressed in $\text{mgN}\cdot\text{m}^{-3}_{\text{air}}$ or $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}_{\text{air}}$) is directly measured and indicated by the infrared analyser.

Concentration measurement of NH_3 , N_2O , CH_4 and CO_2 by photoacoustic infrared spectrometry (Innova 1312)

Continuous sampling of inlet and outlet air is done at a nominal flow of $3\text{L}/\text{min}$ with a pump. The two sampling lines (L_{in}) and (L_{out}) are connected to the analyser (Figure) either manually or by a valve system that allows continuous auto sampling. A vent line (L_{vent}) is fitted to the exiting sample line (L_{monot}). This vent line is connected to gas flow meter or similar apparatus to avoid any pressurization that could damage the analyser.

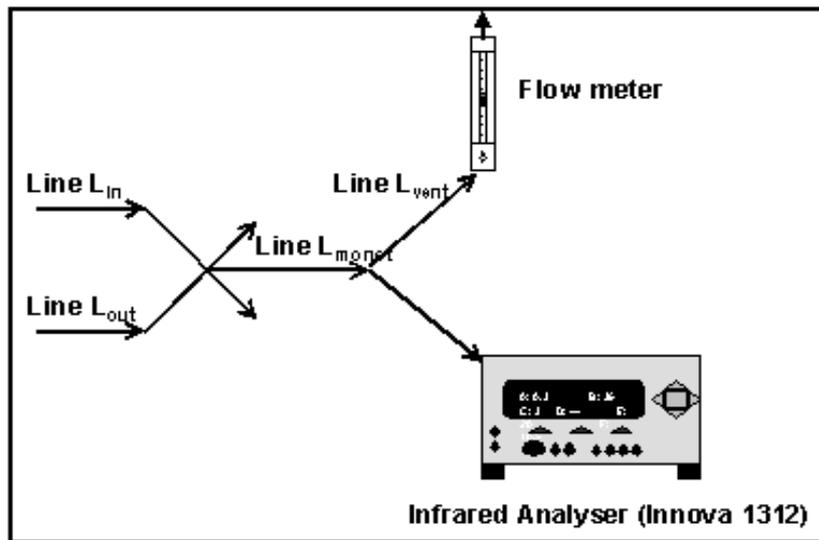


Figure 35. Schematic drawing of air sampling from floating dynamic closed chamber to analyse of NH₃, N₂O, CH₄ and CO₂ by infrared analyser (Innova 1312)

7.3.5 Calculs (Calculations)

Circulation d'air

Le débit de l'air traversant la chambre dynamique est approximativement de 15 L.min⁻¹, donnant une vitesse d'air d'environ 0.01 m s⁻¹ au-dessus de la surface de lisier. L'écoulement exact pendant un temps d'exécution (T : t₁-t₀) est calculé exactement avec l'équation suivante :

Air flow

Air flow through the dynamic chamber is approximately 15 l.min⁻¹, giving an air velocity of around 0.01 m s⁻¹ over the slurry surface. The exact flow during a run time (T: t₁-t₀) is calculated exactly by means of following equation:

$$[13] \quad Q_{\text{Dynamic chamber}}^{\text{outlet air}} \text{ (m}^3 \text{ h}^{-1}\text{)} = \frac{V_{\text{gout}}^{t_1} - V_{\text{gout}}^{t_0}}{(t_1 - t_0)}$$

V_{gas meter}^{t₀} et V_{gas meter}^{t₁} sont les volumes (m³) indiqués par le compteur de gaz d'air de sortie (G_{out}) aux temps (t₀) et (t₁) respectivement, le temps étant exprimé en heures (h).

V_{gas meter}^{t₀} and V_{gas meter}^{t₁} volume (m³) indicated by outlet air gas meter (G_{out}) at time (t₀) and (t₁) respectively, time being expressed in hour (h).

Concentration en ammoniac

Les concentrations en ammoniac de l'entrée et de la sortie d'air sont calculées à partir des concentrations en ammonium-n (NH₄⁺-N) piégé

Ammonia concentration

Ammonia concentration of the inlet, outlet air is calculated from the ammonium-N (NH₄⁺-N) concentration trapped in acid solution and the

dans la solution acide et du volume d'air, au moyen de l'équation :

volume of air, by means of Equation :

$$[14] \quad [\text{NH}_3 - \text{N}]_{\text{air}}^{\text{inlet, outlet}} (\text{mgN} \cdot \text{m}^3_{\text{air}}) = \frac{N_{\text{trapped}} (\text{mg})}{V_{\text{trapped}}^{\text{air}} (\text{m}^3_{\text{air}})}$$

$N_{\text{trapped}} (\text{mg})$ Est déterminé par l'équation :

$N_{\text{trapped}} (\text{mg})$ is determined according to Equation:

$$[15] \quad N_{\text{trapped}} (\text{mg}) = [\text{NH}_4^+ - \text{N}]_{\text{acid solution}} (\text{mg l}^{-1}) \times V_{\text{acid solution}} (\text{l})$$

$V_{\text{trapped}}^{\text{air}} (\text{m}^3_{\text{air}})$ est déterminé par l'équation :

$V_{\text{trapped}}^{\text{air}} (\text{m}^3_{\text{air}})$ is determined according to following equation:

$$[16] \quad V_{\text{trapped}}^{\text{air}} (\text{m}^3_{\text{air}}) = V_{\text{gas meter}}^{t_1} - V_{\text{gas meter}}^{t_0}$$

$V_{\text{gas meter}}^{t_0}$ et $V_{\text{gas meter}}^{t_1}$ sont les volumes (m^3) indiqués par les compteurs volumétriques aux temps (t_0) et (t_1) respectivement.

$V_{\text{gas meter}}^{t_0}$ and $V_{\text{gas meter}}^{t_1}$ volume (m^3) indicated by gas meter at time (t_0) and (t_1) respectively.

Calcul de l'émission de gaz

Les émissions de CO_2 , NH_3 , N_2O et CH_4 sont calculées à partir de la différence entre la concentration dans l'air entrant et dans l'air de sortie de la chambre dynamique multipliée par le débit moyen d'air ayant circulé dans la chambre dynamique :

Calculation of gas emission flux

NH_3 , N_2O , CH_4 and CO_2 emission flux are calculated from the difference in concentration between the inlet and the outlet of the dynamic chamber multiplied by the mean air flow through the dynamic chamber:

$$[17] \quad F_{\text{gas}_i} = (C_{\text{gas}_i}^{\text{outlet}} - C_{\text{gas}_i}^{\text{inlet}}) \times Q_{\text{Dynamic chamber}}^{\text{outlet air}}$$

avec :

$C_{\text{gas}_i}^{\text{inlet}}$, $C_{\text{gas}_i}^{\text{outlet}}$ concentrations en gaz de l'air entrant et sortant ($\text{mg N} \cdot \text{m}^{-3}_{\text{air}}$ ou $\text{mg C} \cdot \text{m}^{-3}_{\text{air}}$ pour l'azote et le carbone respectivement) avec gas_i se rapportant à NH_3 , N_2O , CH_4 ou CO_2 ;

with:

$C_{\text{gas}_i}^{\text{inlet}}$, $C_{\text{gas}_i}^{\text{outlet}}$ gas concentrations in the inlet and outlet air ($\text{mgN} \cdot \text{m}^{-3}_{\text{air}}$ or $\text{mgC} \cdot \text{m}^{-3}_{\text{air}}$ for nitrogen and carbon respectively) with gas_i referring to NH_3 , N_2O , CH_4 or CO_2 ;

<p>$Q_{\text{Dynamic chamber}}^{\text{air}}$: débit d'air à travers la chambre dynamique ($m^3_{\text{air}} \cdot h^{-1}$) calculé par l'équation ci-dessus ;</p> <p>F_{gas_i} le flux d'émission du gaz i.</p>	<p>$Q_{\text{Dynamic chamber}}^{\text{air}}$: <i>air flow of the dynamic chamber ($m^3_{\text{air}} \cdot h^{-1}$) calculated by above equation ;</i></p> <p>F_{gas_i} <i>the emission flux of gas i.</i></p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.3.6 Contrôles et vérifications (Control and checkout)

<p>L'absence de fuites dans les tuyaux devrait être contrôlée en comparant les débits massiques d'air entrant et sortant du système de prélèvement.</p> <p>L'absence d'interférences entre l'air prélevé et l'air analysé peut être contrôlée en connectant des poches de gaz étalon à l'aspiration de l'échantillonnage. En cas de condensation dans les tuyaux, les mesures d'ammoniac doivent être rejetées.</p> <p>Une fois calculée, l'émission devrait être comparée aux valeurs de référence données pour une catégorie voisine de stockages.</p> <p>Si l'émission est calculée pendant quelques semaines, alors elle devrait être comparée au déficit du bilan de masse. Pour cette raison il est recommandé de calculer non seulement les gaz</p>	<p><i>The absence of leakages should be controlled by comparing the mass flow rate at air inlet and air outlet of the sampling lines.</i></p> <p><i>The absence of interference between sampled air and analysed air can be controlled by connecting a bag of test gas at the inlet of sampled air. In case of condensates inside the tubes, ammonia measurements should be discarded.</i></p> <p><i>Once calculated the emission should be compared to reference values given for a similar category of storages.</i></p> <p><i>If the emission is calculated over a period of some weeks, then it should be compared to the deficit of the mass balance. For this reason it is recommended to calculate not only the polluting gases but also CO₂ and H₂O because it is easier</i></p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.4 Procédure pour la mesure des émissions d'ammoniac (NH₃), protoxyde d'azote (N₂O), méthane (CH₄) et dioxyde de carbone (CO₂) des stockages de lisier par la technique du gaz traceur SF₆ (*Guidelines for the measurement of emission flux of Ammonia (NH₃), Nitrous oxide (N₂O), Methane (CH₄) and Carbon dioxide (CO₂) from liquid manure (slurry) store with the technique of the tracer gas SF₆*)

7.4.1 Introduction (Introduction)

7.4.1.1 Objectif (Objective)

L'usage d'un gaz traceur est une méthode souvent utilisée comme référence par rapport à d'autres techniques. Le SF₆ est un gaz fréquemment utilisé en raison de sa détection facile et de sa grande inertie chimique.

Le SF₆ présente deux inconvénients majeurs qui obligent à l'utiliser avec prudence :

- son pouvoir réchauffant est très élevé (environ 22200 kg eq. CO₂ par kg SF₆; IPCC, 2001), il faut éviter que son usage pollue davantage que la réduction d'émission attendue, une évaluation de son intérêt est donc indispensable avant de décider de son usage,

- sa densité est élevée, il faut donc s'assurer que sa répartition est homogène et voisine de celle du gaz que l'on cherche à observer.

La méthode présentée ici peut être mise en œuvre avec d'autres gaz traceurs à condition que ceux-ci ne soient pas transformés ou absorbés au cours de la période de mesure.

The use of a tracer gas is a method often used like reference compared to other techniques. The SF₆ is a gas frequently used because of its easy detection and its great chemical inertia.

The SF₆ presents two major disadvantages which oblige to use it with prudence:

- *its global warming potential is very high (approximately 22200 kg eq. CO₂ per kg SF₆; IPCC, 2001), its use should not pollute more than the expected emission reduction, an evaluation of its interest is thus essential before deciding on its use,*
- *its density is high, it should therefore be made sure that its distribution is homogeneous and close to that of the studied gas.*

The method presented here is suitable for manure stores on small farms. It can be implemented with other tracer gases provided that those are not transformed or are not absorbed during the period of measurement. For very large manure stores (e.g. lagoons on animal facilities rearing thousands of animals), other tracers should be used.

7.4.1.2 Domaine d'application (Scope)

Ce protocole décrit une méthode de mesure du flux d'émission d'ammoniac et de gaz à effet de serre - GES : méthane (CH₄), anhydride carbonique (CO₂), et protoxyde d'azote (N₂O) - d'un lisier stocké dans une fosse ouverte, en utilisant la technique du gaz traceur, et en utilisant l'hexafluorure de soufre (SF₆) comme gaz traceur.

La mesure des émissions de NH₃, N₂O, CH₄ et CO₂, avec cette méthode peut servir :

- pour évaluer les émissions,

This protocol specifies a method to measure the emission flux of ammonia and greenhouse gases – GHG: methane (CH₄), carbon dioxide (CO₂), and nitrous oxide (N₂O) - from liquid manure (slurry) in open store using the technique of tracer gas, and using sulfur hexafluoride (SF₆) as the tracer gas.

The measurement of the emission flux of NH₃, N₂O, CH₄ and CO₂, with this method can serve:

- *to assess the emissions,*

<p>- pour comparer les émissions gazeuses de différents stockages de lisier conduits de manières différentes,</p> <p>- pour évaluer l'effet de techniques mises en oeuvre pour réduire les émissions de N₂O, CH₄ et CO₂ de stockages de lisier.</p> <p>Au cours des expérimentations, l'émission connue du gaz traceur peut également servir de référence à d'autres techniques de mesure à évaluer.</p> <p>Comme la méthode est basée sur des différences entre les concentrations en gaz au-vent et sous-le-vent, cette méthode ne peut pas être appliquée dans les cas où les différences de concentrations en gaz ne sont pas dues au stockage observé, c'est-à-dire quand il y a d'autres sources ou puits de ces gaz dans la direction observée.</p>	<p>- to compare gaseous emissions from different liquid manure (slurry) store managed in different way,</p> <p>- to assess the performance of techniques applied to reduce N₂O, CH₄ and CO₂ from liquid manure (slurry) store.</p> <p><i>During these experiments, the known emission of the tracer emission can also serve as a reference for other measurement techniques to be evaluated.</i></p> <p><i>As the method is based on differences between upwind and downwind gas concentrations, this method can not be applied in the cases where the difference in gas concentration is not due to the observed storage, i.e. when there are other sources or sinks of these gases in the observed direction.</i></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.4.1.3 Principes (Principles)

<p>La méthode du rapport de concentration avec un gaz traceur implique d'émettre le gaz traceur SF₆ de telle manière qu'il se mélange bien aux GES émis par le lisier. Les concentrations en GES et en gaz traceur sont mesurées au-vent et le sous-le-vent de la source. Les rapports des taux d'émission de SF₆ et des GES sont identiques aux rapports des concentrations du traceur et des GES. Puisque le flux d'émission de traceur est contrôlé et connu, les flux d'émission des GES peuvent être calculés. Le SF₆ (pur à 99.5%) est libéré à un débit précis à l'aide d'un débitmètre massique et enregistré par un système d'acquisition de données automatisé (DAS). Un chromatographe en phase gazeuse (GC) équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) et d'un détecteur à capture d'électrons (ECD) mesure les concentrations en SF₆, CH₄, N₂O et CO₂ aux points de mesure. Les concentrations mesurées, la concentration en gaz traceur et le débit du gaz traceur au point d'injection sont utilisés pour calculer des taux d'émission de CH₄, CO₂, N₂O de la fosse à lisier.</p>	<p><i>The tracer ratio method involves releasing the SF₆ tracer gas in such a way that it mixes well with the emitted GHG. Then the GHG and tracer concentrations upwind and downwind of the source are measured. The ratio of the emission rates of SF₆ and the GHG are the same as the ratio of the rise in concentrations of the tracer and GHG. Since the tracer release rate is controlled and known the GHG emission rate can be calculated. The SF₆ (99.5% of purity) is released at a precise flow rate using a mass flow meter and recorded by a computerized data acquisition system (DAS). A gas chromatograph (GC) equipped with a flame ionization detector (FID) and an Electron capture detector (ECD) measure the resulting concentration of SF₆, CH₄, N₂O and CO₂ at the measurement points. The measured GHG concentrations, the concentration of the tracer gas and the flow rate of tracer gas at the injection point are used to calculate emission rates of CH₄, CO₂, N₂O from liquid manure (slurry) store.</i></p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.4.2 Caractérisation des valeurs à contrôler (Identification of emission site)

<p>Les caractéristiques générales du dispositif expérimental devraient être enregistrées (type de ferme, taille, diversité des animaux, performances</p>	<p><i>The general characteristics of the experimental facility should be recorded (type of farm, size, diversity of animals, zootechnical performances)</i></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

zootechniques) ainsi que les caractéristiques spécifiques de l'expérimentation (date, période, endroit, nom des personnes, âge du lisier, quantité, échantillonnage).

as well as those specific of the experiment (date, time, place, name of persons, age of the slurry, quantity, sampling).

7.4.3 Appareillage (equipment)

Système de diffusion du gaz traceur

- Gaz traceur : SF₆ pur à 99% au moins
- Débitmètre massique - calibré avec le gaz traceur
- Acquisition de données (DAS) pour la surveillance et l'enregistrement du signal émis par le débitmètre
- Tube de silicone (6x4mm) ayant une perméabilité au SF₆ connue

Détermination des concentrations en SF₆, CH₄, N₂O, CO₂

- Chromatographe en phase gazeuse (GC) équipé d'un détecteur à ionisation de flamme et d'un détecteur à capture d'électrons (ECD) avec une colonne chromatographique appropriée (capillaire AT-1 ou équivalent de 30m).
- Logiciel d'intégration,
- laboratoire mobile pour transporter l'équipement sur le site de mesure, dans la mesure où les laboratoires sont rarement proches des stockages d'effluents.

Prélèvement d'air autour de la fosse à lisier

- 2 Mâts pour prélèvement d'air
- Pompes
- Vannes d'échantillonnage des gaz
- Polyéthylène (12 millimètres) ou tuyauterie inerte équivalente
- Diverses connexions inoxydables pour le raccordement des tubes

Conditions météorologiques

- Anémo-girouette analogique

Tracer Gas Delivery System

- *Tracer gas – pure SF₆ 99+%*
- *Mass flow meter – calibrated with the tracer gas*
- *Data acquisition system (DAS) for monitoring and recording the signal output of the mass flow meter.*
- *Silicone tube (6x4mm) with a known permeability to SF₆*

Determination of SF₆, CH₄, N₂O, CO₂ concentration

- *Gas chromatograph (GC) set up with Flame ionization detector and Electron capture detector (ECD) with appropriate chromatographic column (30m AT-1 capillary or equivalent).*
- *Computerized integration software,*
- *mobile laboratory to carry on equipment on measuring site, as that place is usually not available near manure stores*

Sampling of air flow from slurry store

- *2 Mast for sampling air*
- *Pumps*
- *Gas sample valves*
- *Polyethylene (12 mm) or similar inert tubing*
- *Various stainless fittings for tube connections*

Meteorology conditions

- *Analogical Anemometer-Wind Vane*

7.4.4 Observations (Observations)

Système de diffusion du gaz traceur

Le principe global de la technique du gaz traceur

Tracer Gas Dispersion System

The overall principle of the tracer gas technique is

est donné dans la figure ci-dessous.

Le gaz traceur, SF₆ pur à 99.5%, est libéré sous pression à partir d'une bouteille de gaz (1), à un débit précis, avec un débitmètre massique (2) pour être diffusé par un tube de silicone (3) sous pression. Le tube de diffusion doit être situé autour et à l'intérieur de la fosse de stockage (4) pour permettre un mélange complet du gaz traceur avec le flux d'air sortant de la fosse à lisier. Le flux de SF₆ est enregistré sans interruption. Le signal du débitmètre massique est enregistré dans un fichier au format ASCII à l'aide du système d'acquisition de données automatisé.

Le débit de SF₆ utilisé est de 20.0 ml SF₆.min⁻¹. Ce débit est déduit de la relation suivante

given Figure below.

The tracer gas, 99.5% pure SF₆, is released under pressure from a cylinder (1) at a precise flow rate with a mass flow meter (2) to diffuse through a silicone tube (3) under pressure. The injection point must be located around and within the storage (4) to allow a complete mixing of the tracer gas with the atmosphere stream issued from slurry store. The SF₆ flow rate is continuously monitored and the signal from the mass flow meter is recorded to an ASCII text file using a computerized data acquisition system.

The flow rate of SF₆ applied is 20.0 ml SF₆.min⁻¹. This flow rate is derived from the following relation:

$$[18] \quad Q_{SF_6} = 2.155e^{0.965 \text{ PSF}_6}$$

avec :

Q_{SF6} : débit de SF₆ en mL SF₆.min⁻¹

P : pression appliquée dans le tube de silicone (Bar)¹¹.

Le gaz traceur SF₆ est émis par le tube de silicone pendant 15 minutes avant le prélèvement de gaz pour équilibrer la concentration en SF₆ au-dessus de la surface de lisier.

Prélèvement d'air

Deux points de prélèvement sont situés près de la fosse à lisier (approximativement 30 m), au vent et sous le vent, (5) et (6), à 2 m au-dessus de la surface le long de la direction des vents dominants. Chaque point de prélèvement se compose d'un entonnoir relié à un tube propylène (12 millimètres) ou tuyau chimiquement inerte équivalent. L'air des deux points de prélèvement est pompé en continu à l'aide de deux pompes (7 et 8) à un débit d'approximativement 4 L.min⁻¹. Les deux tubes de prélèvement sont reliés à un système de vannes (9) permettant le prélèvement automatique continu. Ce système de vannes est composé de 2 vannes électromagnétiques

with:

Q_{SF6} : flow rate of SF₆ in mL SF₆.min⁻¹

P : pressure applied in the silicon tube (Bar)¹¹.

The SF₆ tracer gas is emitted through the distribution silicon tube system for 15 minutes prior to gas sampling to equilibrate SF₆ concentration over the slurry surface.

Air sampling

Two sampling points are located near the slurry store (approximately 30 m), upwind and downwind, (5) and (6), at 2 m above the surface along the prevalent wind direction. Each sampling point consists of a funnel connected to a Propylene (12 mm) or similar inert tubing. Air from both sampling points is continuously pumped by means of two pumps (7 and 8) at a flow rate of approximately 4 l/min. The two sampling tubes are connected to a valve system (9) allowing continuous auto sampling. This

¹¹ This relation results from an experimental assessment for a silicone tube of 25 m giving a SF₆ release surface of 0.3 m².

normalement ouvertes, d'un enregistreur de données et d'un relais. L'enregistreur de données préprogrammé actionne le système de vanne pour aspirer l'air des 2 points témoin. L'enregistreur de données est câblé au relais de commande des 2 vannes électromagnétiques qui dirigent chaque ligne témoin dans une boucle de prélèvement ou vers les tubes de mise à l'air. L'enregistreur de données est configuré de façon à ce qu'après avoir prélevé une voie pendant 6 minutes, l'autre vanne est fermée pendant 2 minutes pour la purge puis la ligne de prélèvement suivante est ouverte. L'air prélevé est aspiré vers la chromatographie gazeuse GC (10) par l'intermédiaire d'une pompe à vide (11) à un taux de 0.6 L.min⁻¹.

Un anémo-girouette analogique (12) enregistre la vitesse du vent et sa direction.

valve system consisted of 2 normally open solenoid valves, a data logger and one relay. The pre-programmed data logger operates the valve system to draw samples from the 2 sample points. The data loggers is wired to the relay to control the 2 solenoid valves that directed each sample line into either a sampling loop or exhaust manifold. The data logger is set up such that after sampling one location for 6 minutes, the other one valve is closed for 2 minutes to purge and then the next sampling line is opened. Sampled air is pulled through GC (10) via a vacuum pump (11) at a rate of 0.6 l.min⁻¹.

An analogical anemometer-wind wane (12) recorded wind speed and wind direction.

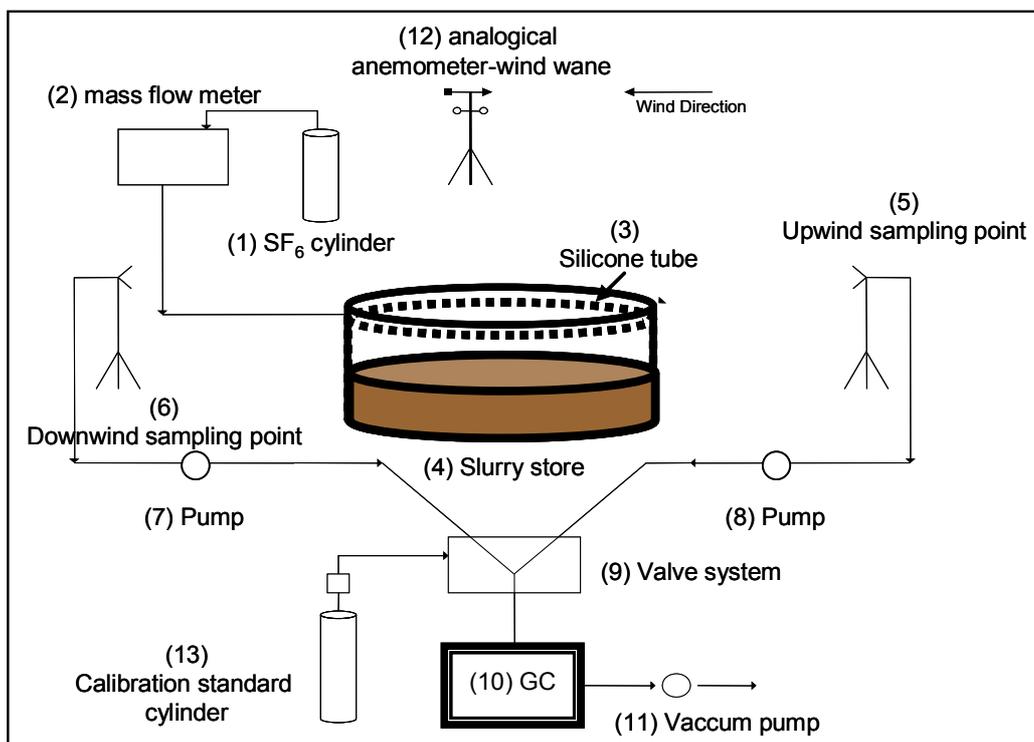


Figure 36. Principle of the tracer gas technique showing the tracer release, air sample system and the gas analyser

Détermination des concentrations en SF₆, CH₄, N₂O et CO₂

Les concentrations en SF₆, CH₄, N₂O et CO₂ sont mesurées par un chromatographe en phase

Determination of SF₆, CH₄, N₂O and CO₂ concentration

Concentration of SF₆, CH₄, N₂O and CO₂ is measured by a gas chromatograph (GC)

gazeuse (GC) équipé d'un détecteur à ionisation de la flamme (FID) et d'un détecteur à capture d'électrons (ECD). Le chromatographe en phase gazeuse est équipé d'une pré-colonne HaysepC 1m x 1/8" et d'une colonne 2m x 1/8" sur le canal CH₄/CO₂ avec un FID (Flame Ionisation Detector). Le signal est traité et stocké dans un fichier *.csv. Un deuxième canal emploie une pré-colonne de 10m X 0.53mm Poraplot Q pré et une colonne analytique de 25m x 0.53mm Poraplot Q équipées montée avant le détecteur à capture d'électrons (ECD) pour l'analyse de N₂O et SF₆. Le chromatographe en phase gazeuse est alimenté par du gaz porteur (N₂) de catégorie ECD. Il est calibrée quotidiennement avec un mélange de gaz étalon de SF₆/CH₄ /N₂O/CO₂ (13).

Fréquence et période de la surveillance

Afin de tenir compte de la variabilité temporelle et spatiale des émissions gazeuses pendant le stockage du lisier on recommande d'effectuer :

- 3-5 séquences de surveillance pendant au moins 2 heures durant une même journée.
- 3-5 séquences de surveillance durant plusieurs périodes à différentes saisons.

equipped with a flame ionization detector (FID) and an Electron capture detector (ECD). The GC is fitted with an analytical packed column HaysepC 1m x 1/8inch pre-column and 2m x 1/8inch on the CH₄/CO₂ channel with an FID (Flame Ionisation Detector). The signal is processed and stored in a .csv summary file. A second channel uses a 10m x 0.53mm Poraplot Q pre column and 25m x 0.53 Poraplot Q analytical column fitted with an electron capture detector (ECD) for N₂O and SF₆ analysis. The GC is supplied with a ECD grade di-nitrogen (N₂) carrier gas. The GC is calibrated daily using SF₆/CH₄ /N₂O/CO₂ standard (13).

Frequency and time of monitoring

In order to take account of temporal and spatial variability of gaseous emissions during the storage of slurry it is recommended to carry out:

- *3-5 sequences of monitoring for at least 2 hours over a same day.*
- *3-5 sequences of monitoring over several period at different seasons.*

7.4.5 Calculs (Calculations)

Les concentrations observées en GES, la concentration du gaz traceur et le débit du gaz traceur au point d'injection sont utilisés pour calculer des taux d'émission de CH₄, CO₂, N₂O de la fosse de lisier en utilisant l'équation suivante :

The measured GHG concentrations, the concentration of the tracer gas and the flow rate of tracer gas at the injection point are used to calculate emission rates of CH₄, CO₂, N₂O from liquid manure (slurry) store by means of following equation:

$$[19] \quad Q_{GHG} = Q_{SF_6} \frac{C_{GHG_{Dn}} - C_{GHG_{Up}}}{C_{SF_6_{Dn}} - C_{SF_6_{Up}}}$$

où :

Q_{GHG} : flux d'émission des GES en mg N₂O.h⁻¹ ; mg CH₄.h⁻¹ ou mg CO₂.h⁻¹,

Q_{SF₆} : flux de SF₆ en mg SF₆.h⁻¹

C_{GHG-Dn}, C_{GHG-Up} : concentrations sous-le-vent et au-vent en GES en mg N₂O.m⁻³ air, mg CH₄.m⁻³air ou mg CO₂.m⁻³ air

where:

Q_{GHG} : GHG emission flux in mgN₂O.h⁻¹; mgCH₄.h⁻¹ or mgCO₂.h⁻¹,

Q_{SF₆} : SF₆ release flux in mgSF₆.h⁻¹

C_{GHG-Dn}, C_{GHG-Up} : Downwind and upwind GHG concentration in mgN₂O.m⁻³_{air}, mgCH₄.m⁻³_{air} or

C_{SF_6-Dn} , C_{SF_6-Up} : concentration en SF ₆ sous-le-vent et au-vent en mg SF ₆ .m ⁻³ air	$mgCO_2.m^{-3}_{air}$ C_{SF_6-Dn} , C_{SF_6-Up} : Downwind and upwind SF ₆ concentration in mgSF ₆ .m ⁻³ _{air}
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.5 Procédure pour déduire les émissions du défaut de bilan de masse d'un bâtiment d'élevage de porcs à l'engrais (*Guidelines to deduce the emissions from the measurement of the mass balance deficit of an animal house with growing-finishing pigs*)

7.5.1 Introduction (Introduction)

7.5.1.1 Objectif (Objective)

L'objectif de ces recommandations est d'indiquer la méthode probablement la plus simple pour mesurer les émissions d'un bâtiment de porc au cours de la période de croissance-finition d'un lot de porcs.

Faire des mesures en continu au cours de toute une période d'élevage est cher en regard de la valeur de la production animale. Des méthodes peu coûteuses sont nécessaires pour développer rapidement les connaissances sur les émissions, identifier les élevage qui ont déjà des émissions faibles et certifier les réductions d'émission.

Le bilan de matière fournit un outil approprié pour estimer la totalité des pertes gazeuses élémentaires (eau, carbone, azote, etc.) quel que soit le type de bâtiment (ventilé naturellement ou mécaniquement, isolé ou non, gestion liquide ou solide de l'effluent).

The objective of these guidelines is to indicate probably the simplest method to quantify the emissions of a pig building during the growing-finishing period of a flock of animals.

Continuous measurements during the whole period of animal breeding are expensive compared to the value of the animal production. Low-cost methods are necessary to develop knowledge on emissions, identify the animal farms where emissions are already low and certify emission reductions.

The mass balance provides a relevant tool to estimate the total gaseous losses of elements (water, carbon, nitrogen, etc.) whatever the type of building (insulated or not, naturally or mechanically ventilated, liquid or solid management of the manure).

7.5.1.2 Domaine d'application (Scope)

Ces recommandations sont adaptées aux cas des bâtiments pour porcs où les intrants liquides et solides, et les sorties, peuvent être clairement définis. Les périodes de mesure ne devraient pas être trop courtes (au moins plusieurs semaines) de sorte que le défaut de bilan de masse soit plus grand que l'incertitude sur la somme des intrants ou des sorties.

Lors des expériences où des concentrations en gaz sont observées, le bilan de matière peut être soit mesuré soit calculé à partir de références de la production animale (espèces animales, poids, alimentations) et de valeurs de composition de l'effluent représentatives du cas étudié.

Si l'on est dans des conditions habituelles d'alimentation et de génétique animale, la rétention corporelle et l'excrétion animales peuvent être calculées à l'aide des modèles de la

These guidelines are adapted to cases of pig houses where the liquid and solid inputs, and the outputs, can be clearly defined. The measuring periods should not be too short (at least several weeks) so that the mass balance deficit will be higher than the uncertainty of total inputs or outputs.

During the experiments where gas concentrations are observed, the mass balance can be either observed or deduced from references of animal production (animal species, weights, feeds) and of manure composition representative of the studied case.

If standard feed and animal genetics are used, the animal retention and excretion can be computed

production animale utilisant des données sur les aliments du bétail, la croissance et la production. Quand les intrants du bâtiment et les productions des animaux ne peuvent pas être déduits des modèles, ces recommandations sont utilisables seulement quand il est possible de peser les animaux et de peser et échantillonner les aliments et les effluents.

Les sorties du bâtiment d'élevage (animaux, effluent) peuvent se produire une fois ou plusieurs fois selon les pratiques de gestion de l'effluent. Il devrait être possible de prélever toutes les sorties du bâtiment si des analyses sont nécessaires (par exemple pour confirmer des concentrations de l'effluent), et pour les peser, ou pour analyser un traceur conservatif identifié dans les intrants pour estimer la masse d'effluents. Si des analyses d'effluents sont pratiquées, les aliments correspondants devraient être également analysés pour éviter une incertitude trop forte sur le bilan de masse.

La précision des résultats dépendra fortement de la fréquence des observations de gaz. Un biais élevé peut se produire quand les concentrations en gaz observées ne représentent pas bien la variabilité temporelle de ces concentrations entre les observations.

from models of animal production using data on animal feed and growth or production. When the inputs of the house and the outputs of animals can not be deduced from models, these guidelines are adapted when it is possible to weight and sample them.

The outputs of the animal house (animals, manure) can occur once or several times depending on the practices of manure utilization. It should be possible to sample all the outputs of the house if analyses are required (e.g. to confirm concentrations in manure), and either to weight them, or to analyze a conservative tracer identified in the inputs to estimate the mass. When effluents are sampled and analyzed, feed should also be sampled and analyzed to avoid a too high uncertainty when calculating the mass balance.

The accuracy of the results will highly depend on the frequency of the gas observations. High bias occur when the observed gas concentrations does not represent well the temporal variability of these concentrations between the observations.

7.5.1.3 Principes (Principles)

D'une part, pendant la croissance animale, presque la moitié des intrants en eau et carbone est perdue sous forme gazeuse par le métabolisme respiratoire. D'autre part, la croissance des animaux et leur alimentation et l'efficacité de l'eau bue sont fortement reproductibles d'une ferme à l'autre parce qu'elles ont un impact significatif sur le bilan économique et sur le temps de travail de la ferme. Par conséquent, le bilan de matière d'un bâtiment de porc donné, pendant l'élevage de croissance-finition d'une bande donnée, devrait ou être déjà connu à partir de données existantes ou assez facile à évaluer ou à mesurer.

Première étape : bilan de masse

Dans une première étape, le bilan matière est fait pour l'eau, le carbone, l'azote, le phosphore, et le potassium pour les raisons exposées ci-dessous. D'autres éléments ou isotopes peuvent être ajoutés pour vérifier ou préciser les calculs.

L'effluent est constitué de composés volatils et de composés non volatils. La partie volatile est faite

On the one hand, during the animal growth, almost half of the inputs of water and carbon are lost as gases through the respiration metabolism. On the other hand, animal growth and feed and water efficiency are highly reproducible on a given farm because they have a significant impact on the economical and time budget of the farm. Therefore, the mass balance of a given pig house, during the growing-finishing rearing of a given flock, should be either already known from existing data or rather easy to evaluate or measure.

First step: mass balance

In a first step, the mass balance is done for water, carbon, nitrogen, phosphorous, and potassium for following reasons. Other elements or isotopes can be added to check the calculations or to reduce their uncertainty.

The manure is composed of either volatile or non volatile compounds. The main volatile part is made of water (O, H), carbon, and nitrogenous

principalement d'eau (O, H), de carbone, et de composés azotés. Les espèces chimiques de ces composés est soit de type minéral (par exemple l'eau, l'ammoniac, l'anhydride carbonique) soit de type organique (par exemple les acides gras volatils, les amines, et autres composés plus ou moins odorants). Les espèces volatiles d'autres éléments (P, K, etc.) ne peuvent pas être exclues, et ces éléments non-volatils peuvent également être perdus sous forme de poussières émises, mais on suppose généralement que les pertes d'éléments non volatils sont négligeables.

Le bilan de matière compare les stocks initiaux et finaux (ou les sommes d'intrants et de sorties). Le bilan de matière est dit « fermé » si les stocks initiaux et finaux sont égaux. Quand il est « ouvert », la différence correspond aux émissions totales, comprenant toutes les espèces organiques et minérales perdues sous forme gazeuse. En raison des incertitudes dans les mesures, le bilan de matière est habituellement « ouvert » même si l'on y inclue des émissions gazeuses observées.

La fermeture du bilan de matière des composés non-volatils indique la qualité de l'échantillonnage, de la conservation, et des méthodes de sous-échantillonnage. Le phosphore est trouvé majoritairement dans la fraction particulaire de l'effluent tandis que le potassium est trouvé majoritairement dans la fraction liquide. L'utilisation de ces deux éléments permet de vérifier si les méthodes d'échantillonnage ont été adaptées pour les deux fractions, ou s'il y avait des pertes de solides ou de lixiviats au cours de la période expérimentale.

Les espèces chimiques concernées par le bilan de matière ou par les émissions sont différentes. L'eau peut être analysée dans les intrants, les sorties et dans l'air. Habituellement, l'émission totale est légèrement plus grande que la différence entre les entrées et les sorties d'eau, en raison de la production d'eau métabolique. Pour le carbone, la majeure partie du carbone est perdue sous forme d'anhydride carbonique dans les systèmes aérobies. Ainsi, l'émission d'anhydride carbonique devrait être légèrement inférieure au déficit de carbone du bilan de matière. Pour l'azote, des échanges de diazote (N_2 , le composant principal de l'atmosphère) ne peuvent pas être mesurés. Les réactions de dénitrification se produisent fréquemment dans des zones anaérobies des effluents d'élevage riches en azote. Elles peuvent mener à des émissions significatives de diazote. Quand les

compounds. These chemical species of these compounds is either mineral (e.g. water, ammonia, carbon dioxide) or organic (e.g. volatile fatty acids, amines, and other more or less odorous compounds). Volatile species of other elements (P, K, etc.) can not be excluded, and these non-volatile elements can also be lost as particulate matter, but it is generally assumed that losses of non volatile elements are negligible.

The mass balance compares initial and final stocks (or the sums of inputs and outputs). The mass balance is called "closed" if initial and final stocks are equal. When "not closed", the difference corresponds to the bulk emissions, including all organic and mineral species lost as volatilization. Because of inaccuracies in measurements, the mass balance is usually "not closed" even if observed gaseous emissions are included.

The closure of the mass balance of non-volatile compounds indicates the quality of sampling, conservation, and subsampling methods. Most of phosphorous is found in the particulate fraction of the manure while potassium is mostly found in the liquid fraction. Using these two elements allows to check whether the sampling procedure was adequate for both fractions, and whether there were specific particulate or leaching losses during the experimental period.

The chemical species concerned by the mass balance or by the emissions are different. For the water, it can be analyzed in the inputs, outputs and in air. Usually, the total emission is slightly higher than the difference between input and output water due to the metabolic water. For the carbon, most of the carbon is lost as carbon dioxide in aerobic systems. So, carbon dioxide emission should be slightly lower than the carbon deficit of the mass balance. For the nitrogen, exchanges of dinitrogen (N_2 , the main component of air) can not be quantified. Denitrification reactions frequently occur in anaerobic zones of animal manure rich in nitrogen. It can lead to significant dinitrogen emissions. When there are significant dinitrogen emissions, nitrous oxide (N_2O) is generally also emitted in detectable amounts. In this case, the sum of all observed nitrogenous emissions can be notably lower than the deficit of the nitrogen balance.

émissions de diazote sont significatives, le protoxyde d'azote (N_2O) est généralement émis dans des proportions détectables. Dans ces cas, la somme de toutes les émissions azotées observées peut être notablement inférieure au déficit du bilan d'azote.

Par conséquent le bilan de matière de plusieurs composés, associant des composés volatils et des composés non volatils, est présenté comme un outil robuste permettant d'évaluer la validité des mesures d'émission.

Deuxième étape : prélèvements d'air

Dans une deuxième étape l'atmosphère du bâtiment (et l'extérieur au besoin) est soit échantillonnée dans une poche inerte soit analysée directement pour connaître les teneurs en espèces volatiles de carbone, d'eau et d'azote (CO_2 , CH_4 , H_2O , NH_3 , N_2O). La fréquence des mesures dépend de la variabilité temporelle des concentrations en gaz. Si la variabilité quotidienne est élevée, le prélèvement devrait être représentatif des variations quotidiennes, soit en choisissant un moment représentatif de la journée, soit par le prélèvement régulier au cours de la journée. Si l'essentiel de la variabilité se produit entre le début et la fin de bande, quelques dates de prélèvement doivent être programmées pour expliquer cette variabilité.

Therefore the mass balance of several compounds, associating volatile and non volatile elements, is described as a robust tool to discuss the validity of emission measurements.

Second step: air sampling

In a second step the atmosphere within the house (and outside if necessary) is collected in an inert bag or directly analyzed for volatile species of carbon, water and nitrogen (CO_2 , CH_4 , H_2O , NH_3 , N_2O). The frequency of the measurements depends on the temporal variability of the gas concentrations. If the daily variability is quite high, the sampling should be representative of the daily variations, either by choosing a representative moment in the day, or by regular sampling during the day. If most variability occur between the beginning and the end of the flock, some sampling dates should be programmed to account for this variability.

7.5.2 Matériel (equipment)

- vêtements d'élevage (cotte et bottes jetables ou vêtements spécifiques de l'élevage)
- matériel pour prise de notes
- matériel de nettoyage et désinfection des appareils à l'issue des mesures,
- Analyseur de gaz (par exemple analyseur infrarouge photo-acoustique INNOVA® 1312 équipé de filtres CO_2 , CO , CH_4 , NH_3 , N_2O , H_2O)
- Thermo Hygromètre pour caractériser les conditions de température et d'hygrométrie à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment
- Pompe à air (par exemple aérateur d'aquarium)
- Filtres (Milipore Millex- HV Hydrophile PVDF 0,45 μm) placé en entrée du système de prélèvement, un pour extérieur et un pour l'intérieur
- Tuyaux PTFE pour raccorder filtres, sacs, pompes et analyseur de gaz

- *clothing for animal farm (disposable coat and boots or specific clothing of the animal farm)*
- *material for taking notes*
- *material of cleaning and disinfection of equipment after the measurements,*
- *Gas Analyzer (for example infra-red photo-acoustics analyzer INNOVA® 1312 with filters CO_2 , CO , CH_4 , NH_3 , N_2O , H_2O)*
- *Thermo Hygromètre to characterize the temperature and hygrometry inside and outside the house*
- *air pump (for example aerator of aquarium)*
- *Filters (Milipore Millex- HV Hydrophile PVDF 0,45 μm) placed at entry of the sampling system, one for outside and one for the inside air*
- *PTFE tubes to connect filters, bags, pumps and analyzer gas*

- si nécessaire, ajouter le matériel pour les prélèvements d'échantillons d'aliments et d'effluents

- if necessary, add the material for samplings of feeds and manure

7.5.3 Observations (Observations)

Liste des informations nécessaires

- Type de bâtiment
- Age des animaux lors des visites
- Nombre d'animaux en début et fin de lot et lors des visites
- Poids des animaux en début et fin de lot et lors des visites
- Taux de Viande Maigre (TVM fin de lot)
- Quantité d'aliment consommée sur le lot
- Quantité d'eau bue sur le lot
- Quantité de litière au démarrage + rajouts
- Quantité d'effluents à la fin du lot

Précautions générales d'utilisation

- Dans le cas où les animaux ne restent que quelques heures par jour en bâtiment, il est préférable de réaliser le **prélèvement d'air au minimum 1h30 après l'entrée des animaux**
- Effectuer le prélèvement d'air de manière à être **au dessus de l'aire de vie des animaux** (1,2 mètres de hauteur environ)
- Le prélèvement d'air doit être effectué dans la cheminée d'extraction ou dans un lieu représentatif de l'air sortant
- Lors du prélèvement extérieur, **éviter toute source d'altération** (passage à proximité de fosse à lisier, fumière, ventilateur en marche, tracteur en marche, feu, etc.)
- Dans le cas des bâtiments fermés, l'air intérieur des bâtiments d'élevage est humide en particulier en hiver, il y a par conséquent un **risque de condensation d'eau à l'intérieur des équipements électroniques lorsque ceux-ci sont équipés d'un système de refroidissement par ventilation et qu'ils sont froids**, par exemple après un transport en hiver ; il peut être alors nécessaire de réchauffer ces

List of required informations

- Type of house
- Age of the animals at the time of the visits
- Number of animals at the beginning and at the end of the batch, and at the sampling dates
- Weight of the animals at the beginning and at the end of the batch, and at the sampling dates
- Muscles ratio ("TVM" or "content of lean meat " at the end of the batch)
- Quantity of feed consumed during the batch
- Water quantity drunk during the batch
- Quantity of litter at starting the batch + additions
- Manure quantity at the end of the batch

General precautions of use

- If the animals remain only a few hours per day in the house, it is preferable to **sample the air at least 1:30 after the entry of the animals**
- sample the air so as to **be at the top of the volume of life of the animals** (1,2 meters height approximately)
- sampling should be done in the ventilation shaft or in a place representative of the output air
- when sampling outside, **avoid any source of gas contamination** (passage near pit with slurry, dunghill, ventilator moving, tractor moving, fire, etc)
- In the case of closed buildings, the air inside animal housings is particularly wet in winter, there is consequently a **risk of water condensation inside the electronic equipments when they are cooled by ventilation and when they are cold**, for example after a transport in winter; it can therefore be necessary to heat such equipment before turning them on.

<p>appareils avant de les allumer.</p> <p>Fréquence des prélèvements</p> <p>Les prélèvements d'air sont effectués au nombre de trois minimum :</p> <ul style="list-style-type: none"> - premier jour : entre 15 et 25 jours d'engraissement - deuxième jour : entre 50 et 70 jours d'engraissement - troisième jour : entre 80 et 110 jours d'engraissement <p>Les concentrations doivent être enregistrées en continu durant 4 heures choisies entre 10h et 16h afin d'enregistrer un échantillon tenant compte de la variabilité diurne des concentrations et de la ventilation.</p> <p>Prélèvements d'air sur le terrain</p> <ul style="list-style-type: none"> - Installation du matériel dans le sas du bâtiment d'élevage - Installation des tuyaux (trois dans la salle d'élevage, y compris la cheminée d'extraction, un dans le compartiment d'entrée d'air, deux à l'extérieur) - lancement de l'acquisition en continu des concentrations. 	<p>Frequency of samplings</p> <p><i>Air samplings should be carried out three times:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>the first day : between 15 and 25 fattening days</i> - <i>the second day : between 50 and 70 fattening days</i> - <i>the third day : between 80 and 110 fattening days.</i> <p><i>Concentrations should be continuously recorded during 4 hours chosen between 10 am and 4 pm to register a sample of the daily variations of concentrations and ventilation.</i></p> <p>Sampling air on the field</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Installation of the material in the hopper of the animal housing</i> - <i>installation of the pipes (3 in the room, including the ventilation shaft, 1 in the ceiling or other air inlet, 2 in the outside air)</i> - <i>starting the automatic recording of the concentrations.</i>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.5.4 Calculs (Calculations)

<p>Généralités</p> <p>Le calcul est basé sur la mesure des gradients de concentration en gaz et sur la connaissance des défauts de bilan calculés sur les solides et liquides. La forme générale d'un défaut de bilan calculé pour une période donnée est la suivante :</p>	<p>General information</p> <p><i>Calculation is based on measurements of the gas concentration gradients and on the knowledge of the mass balance deficits calculated on the solids and liquids. The general form of a deficit of the mass balance calculated for a given period is the following one:</i></p>
<p>[20] $Perte_E = (M_i^h \times E_i^h + M_a^h \times E_a^h + N_b \times E_{ex} - M_f^h \times E_f^h - M_e^h \times E_e^h) / (M_i^h \times E_i^h + M_a^h \times E_a^h + E_{ex})$</p> <p>où :</p> <p>Perte_E est la perte relative d'un élément E (l'abattement en pourcentage de la quantité apportée),</p> <p>les indices i et f correspondent aux dates initiale et finale de la période de mesure ; s'il s'agit de la période d'élevage habituelle, par exemple la phase de croissance-finition d'un lot de porcs, on</p>	<p><i>where:</i></p> <p><i>Perte_E is the relative loss of an element E (abattement expressed as a percentage of the input quantity),</i></p> <p><i>indices i and f correspond to the initial and final dates of the period of measurement ; when it is the usual period of animal breeding, for example the growing-finishing batch of pigs, regional or</i></p>

peut alors utiliser des références régionales ou nationales pour l'aliment entrant et l'effluent sortant,

l'exposant s correspond au produit sec et l'exposant h au produit humide,

M_i^h et M_f^h les masses totales de fumier brut initiale et finale,

M_a^h et M_e^h les masses de litière neuve apportée et de fumier enlevé,

Nb, le nombre de porcs de la salle considérée,

E_i^h et E_f^h , les teneurs de l'élément E initiale et finale mesurées sur le produit brut, E_{ex} , la quantité d'élément E excrétée par porc, E_a^h et E_e^h , les teneurs en E de la litière neuve et du fumier enlevé en cours de période, mesurées sur le produit ou issues de références nationales ou régionales. Pour le P et le K, les références peuvent être exprimées en P_2O_5 et en K_2O . Dans ce cas on convertit 1 kg de P en 2,3 kg de P_2O_5 [$2,3 = (31*2 + 16*5)/(31*2)$] et 1 kg de K en 1,2 kg de K_2O [$1,2 = (39*2 + 16)/(39*2)$].

Les quantités excrétées sont calculées de la façon suivante.

Pour l'azote :

$$N_{ex} = N_{ing} - N_{retenu}$$

où N_{ing} est la quantité d'azote ingérée par porc, le mode de calcul de N_{retenu} est indiqué ci-dessous, il est calculé en utilisant TVM est la teneur moyenne en viande maigre (indiquée lors de la vente des porcs par l'éleveur), PV est le poids vif moyen des porcs. En cas d'animal mort, on utilise le poids vif de l'animal mort et l'on considère qu'il a ingéré la même quantité que les autres animaux entre le début du lot et son décès.

Pour le phosphore :

$$P_{ex} = P_{ing} - P_{retenu}$$

où P_{ing} est la quantité de phosphore ingérée par porc, P_{retenu} est la quantité retenue dans la masse corporelle de l'animal, les calculs sont indiqués ci-dessous.

national references can be used for feed input and manure output,

the superscript s corresponds to the dry product and the superscript h to the wet product,

M_i^h and M_f^h are the initial and final total masses of raw solid manure,

M_a^h and M_e^h are the masses of the fresh litter added and of the removed solid manure,

Nb, the number of pigs in the room considered,

*E_i^h and E_f^h , initial and final contents of the element E measured on the raw product, E_{ex} , the quantity of element E excreted by pig, E_a^h and E_e^h , the E contents of the fresh litter and the solid manure removed during the period; these contents can be either measured on the product or can be deduced from national or regional references. For P and K, the references can be expressed in P_2O_5 and K_2O . In this case one converts 1 kg of P into 2,3 kg of P_2O_5 [$2,3 = (31*2 + 16*5)/(31*2)$] and 1 kg of K in 1,2 kg of K_2O [$1,2 = (39*2 + 16)/(39*2)$].*

The excreted quantities are calculated in the following way.

For nitrogen:

$$N_{ex} = N_{ing} - N_{retenu}$$

where N_{ing} is the quantity of nitrogen introduced by pig, the calculation of N_{retenu} is indicated below, it is calculated from TVM, that is the average content of lean meat (indicated by the slaughter house when the pigs are sold by the farmer), PV is the average live weight of the pigs. When there are died animals, the live weight of the dead animals is used (for output calculation) and it is assumed that they consumed the same amount of feed and water as the living animals between the beginning of the batch and their death.

For phosphorus:

$$P_{ex} = P_{ing} - P_{retenu}$$

where P_{ing} is the quantity of phosphorus eaten by pigs, P_{retenu} is the quantity retained in the body mass of the animal, calculations are indicated below.

For potassium (in kg K/pig):

$$K_{ex} = K_{ing} - K_{retenu}$$

<p>Pour le potassium (en kg K/porc) :</p> $K_{ex} = K_{ing} - K_{retenu}$ <p>où K_{ing} est la quantité de potassium ingérée par porc, K_{retenu} est la quantité retenue dans la masse corporelle de l'animal, les calculs sont indiqués ci-dessous.</p> <p>Perte d'eau</p>	<p>where K_{ing} is the quantity of potassium eaten by the pigs, K_{retenu} is the quantity retained in the body mass of the animal, calculations are indicated below.</p> <p>Water loss</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

[21] Perte eau = entrée eau - sortie eau

<p>Avec « entrée eau » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - eau contenue dans l'alimentation (masse apportée sur la durée d'élevage) (kg) : masse aliment consommé – (masse aliment consommé * MS aliment) - eau bue sur la durée d'élevage (litres) : relevé d'élevage (compteur d'eau) ou estimé par le ratio eau/aliment (environ 2.6kg eau/ kg aliment, variable selon les régimes) ; on peut accroître cette quantité de 5% pour tenir compte de l'eau métabolique, c'est-à-dire celle produite lors de la dégradation de la matière sèche des aliments et qui ne vient ni de l'eau bue ni de l'eau liquide contenue dans les aliments. On dispose ainsi d'une estimation faible (sans eau métabolique) et d'une estimation haute (avec eau métabolique) de la perte d'eau. - eau contenue dans la litière (apport en début de lot + rajouts) (kg) : masse litière apportée – (masse litière apportée * MS litière) - eau contenue dans les animaux en début de lot (kg) estimée à 60% du poids vif (PV) 	<p>With "entrée eau " = sum of:</p> <ul style="list-style-type: none"> - water contained in the feed (mass input during the period) (kg): mass feed consumed - (mass feed consumed * MS feed) - water drunk during the period (liters): local measurement of animal farm (water flowmeter) or estimated from the water:feed ratio (approximately 2.6kg water per kg feed, variable according to the type of feed); one can increase this quantity by 5% to take account of metabolic water, i.e. that produced during the degradation of the dry matter of the feeds and which comes neither from the drunk water nor from the liquid water contained in feeds. One has thus both a low estimate (without metabolic water) and a high estimate (with metabolic water) of the water loss. - water contained in the litter (contribution at the beginning of batch + additions) (kg): mass litter input - (mass litter input * MS litter) - water contained in the animals at the beginning of batch (kg) estimated from 60% of the live weight (PV)
<p>Avec « sortie eau » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - eau contenue dans l'effluent en fin de lot (kg) : masse effluent produit – (masse effluent produit * MS effluent) - eau contenue dans les animaux en fin de lot (kg) estimée à 60% du poids vif (PV) <p>Perte de carbone</p> <p>Comme l'analyse du carbone total, organique et inorganique, dans les échantillons frais est coûteuse, on estime ici le carbone par la moitié de la matière sèche ; cette hypothèse est acceptable pour des matières organiques fraîches</p>	<p>With "sortie eau " = sum of:</p> <ul style="list-style-type: none"> - water contained in the manure at the end of the batch (kg): mass of effluent produced - (mass of effluent produced * MS manure) - water contained in the animals at the end of the batch (kg) estimated at 60% of the live weight (PV) <p>Carbon loss</p> <p>As the analysis of total organic and inorganic carbon in wet samples is expensive, carbon is estimated here from half of the dry matter; this assumption is acceptable for fresh organic matter</p>

(cas des fèces ou des aliments) et le devient de moins en moins à mesure du compostage en raison de l'accumulation des matières minérales non volatiles au détriment des éléments volatiles (C, H, O, N) : $C = MS / 2$

(case excretion or feeds) and it becomes less acceptable with more and more composted products because of the accumulation of the nonvolatile mineral matters to the detriment of the volatile elements (C, H, O, N): $C = MS/2$

Perte carbone = entrée carbone – sortie carbone

Avec « entrée carbone » = somme de :

- carbone contenu dans l'alimentation (kg) : masse aliment consommé * teneur C (calculé à partir de MS/2)
- carbone contenu dans la litière (apport en début de lot + rajouts) (kg) : masse litière apportée * teneur C (calculé à partir de MO/2)
- carbone contenu dans les animaux en début de lot (kg) : PV animaux * teneur C (calculé à partir de MS/2 = 200 g C/kg PV)

Avec « sortie carbone » = somme de :

- carbone contenu dans l'effluent en fin de lot (kg) : masse effluent produit * teneur C (calculé à partir de MS/2)
- carbone contenu dans les animaux en fin de lot (kg) : PV animaux * teneur C (calculé à partir de MS/2 = 200 g C/kg PV)
- on peut également calculer la $MS_{retenue}$ (kg MS/porc = $MS_{fin\ de\ lot} - MS_{début\ de\ lot}$) à partir de l'azote retenu par les porcs :

With "entrée carbone" = sum of:

- carbon contained in the feed (kg): mass feed consumed * content C (calculated from MS/2)
- carbon contained in the litter (initial input + additions) (kg): mass litter input * content C (calculated from MO/2)
- carbon contained in the animals at the beginning of batch (kg): PV animals * content C (calculated from MS/2 = 200 g C/kg PV)

With "sortie carbone" = sum of:

- carbon contained in manure at the end of the batch (kg): mass manure produced * content C (calculated from MS/2)
- carbon contained in the animals at the end of the batch (kg): PV animals * content C (calculated from MS/2 = 200 g C/kg PV)
- one can also calculate $MS_{retenue}$ (kg MS/porc = $MS_{end\ of\ batch} - MS_{beginning\ of\ batch}$) using the values of nitrogen retained by the pigs:

$$[22] \quad MS_{retenue} = \{ 1,1 \times 4,889 \times [(N_{ing} - N_{ex}) \times 6,25]^{0,855} \}$$

[23]

Perte d'azote

Nitrogen loss

[24] Perte azote = entrée azote – sortie azote

Avec « entrée azote » = somme de :

- azote contenu dans l'effluent initial (kg N) : masse effluent * teneur azote effluent
- azote contenu dans la litière (apport en début de lot + rajouts) (kg N) : masse litière apportée * teneur azote litière
- azote excrété (kg N) : azote ingéré – (azote retenu fin de lot – azote retenu début de lot)

With "entrée azote" = sum of:

- nitrogen contained in initial manure (kg N): mass manure * nitrogen content in manure
- nitrogen contained in the litter (contribution at the beginning of batch + additions) (kg N): mass litter input * nitrogen content in litter
- nitrogen excreted (kg N): nitrogen eaten - (nitrogen retained at end of batch - nitrogen

où azote ingéré (kg N) : masse aliment consommé * teneur azote aliment azote retenu (kg N) est calculé par :	<i>retained at beginning of batch)</i> <i>where nitrogen eaten (kg N): mass feed consumed * nitrogen content in feed</i> <i>nitrogen retained (kg N) is calculated using:</i>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$[25] \quad N_{\text{retenu}} = [\exp^{(-0,9385 - 0,0145 \times \text{TVM})} \times (0,915 \text{ PV}^{1,009})^{(0,7364 + 0,0044 \times \text{TVM})}] / 6,25$$

avec : TVM : Teneur en Viande Maigre (environ 60,5%) valeur mesurée à l'abattoir (en kg/100kg) PV : poids vif moyen des animaux (kg) Avec « sortie azote » = somme de : - azote contenu dans l'effluent en fin de lot (kg N) : masse effluent produit * teneur azote effluent - azote contenu dans l'effluent enlevé en cours de lot (kg N) : masse effluent enlevé * teneur azote effluent	<i>with:</i> <i>TVM: content in lean meat (approximately 60,5%) value measured at the slaughter-house (in kg/100kg)</i> <i>PV: average live weight of the animals (kg)</i> <i>With "sortie azote" = sum of:</i> <i>- nitrogen contained in manure at the end of the batch (kg N): mass manure produced * nitrogen content in manure</i> <i>- nitrogen contained in the manure removed during the batch (kg N): mass manure removed * nitrogen content manure</i>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Perte de phosphore	Phosphorus loss
---------------------------	------------------------

$$[26] \quad \text{entrée phosphore} - \text{sortie phosphore} = \text{Perte phosphore}$$

Avec « entrée phosphore » = somme de : - phosphore contenu dans l'effluent initial (kg) : masse effluent * teneur phosphore effluent - phosphore contenu dans la litière (apport en début de lot + rajouts) (kg) : masse litière apportée * teneur phosphore litière - phosphore excrété (kg) : P ingéré – (P retenu fin de lot – P retenu début de lot) - P ingéré : masse aliment consommé * teneur phosphore aliment - P retenu : (5.3 * PV/1000) Avec « sortie phosphore » = somme de : - phosphore contenu dans l'effluent en fin de lot (kg) : masse effluent produit * teneur phosphore effluent - phosphore contenu dans l'effluent enlevé (kg) : masse effluent enlevé * teneur phosphore effluent	<i>With "entrée phosphore" = sum of:</i> <i>- phosphorus contained in initial manure (kg): mass manure * phosphorus content in manure</i> <i>- phosphorus contained in the litter (contribution at the beginning of batch + additions) (kg): mass of added fresh litter * phosphorus content in litter</i> <i>- excreted phosphorus (kg): P eaten - (P retained at end of batch - P retained at beginning of batch)</i> <i>- P eaten: mass feed consumed * phosphorus content in feed</i> <i>- P retained: (5.3 * PV/1000)</i> <i>With "sortie phosphore" = sum of:</i> <i>- phosphorus contained in manure at the end of the batch (kg): mass manure produced * phosphorus content in manure</i> <i>- phosphorus contained in removed manure (kg): mass manure removed * phosphorus content in manure</i>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Perte de potassium	Potassium loss
---------------------------	-----------------------

[27] Perte potassium = entrée potassium - sortie potassium

<p>Avec « entrée potassium » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - potassium contenu dans l'effluent initial (kg) : masse effluent * teneur potassium - potassium contenu dans la litière (apport en début de lot + rajouts) (kg) : masse litière apportée * teneur potassium litière - potassium excrété (kg) : potassium ingéré – (K retenu fin de lot – K retenu début de lot) - K ingéré : masse aliment consommé * teneur potassium aliment - K retenu : $(-0.0034 * PV^2 + 2.5334 * PV) / 1000$ <p>Avec « sortie potassium » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - potassium contenu dans l'effluent en fin de lot (kg) : masse effluent produit * teneur potassium effluent - potassium contenu dans l'effluent enlevé (kg) : masse effluent enlevé * teneur potassium effluent 	<p>With "entrée potassium" = sum of:</p> <ul style="list-style-type: none"> - potassium contained in initial manure (kg): mass manure * potassium content - potassium contained in the litter (contribution at the beginning of batch + additions) (kg): mass litter brought * potassium content in litter - excreted potassium (kg): potassium eaten – (K retained at end of batch - K retained at beginning of batch) - K eaten: mass feed consumed * content potassium content in feed - K retained: $(- 0.0034 * PV^2 + 2.5334 * PV) / 1000$ <p>With "sortie potassium" = sum of:</p> <ul style="list-style-type: none"> - potassium contained in manure at the end of the batch (kg): mass manure produced * potassium content in manure - potassium contained in removed manure (kg): mass manure removed * potassium content in manure
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Calcul des masses d'effluents en début et fin de période de mesure à partir des mesures de concentration en P, des teneurs en matière sèche, et des flux au cours de la période</p> <p>Si l'on suppose que le phosphore est conservé, on peut écrire la relation suivante :</p>	<p>Calculation of the manure masses at the beginning and at the end of the measuring period using measurements of P content, dry matter content, and the fluxes during the period</p> <p>If it is assumed that phosphorus is conserved, the following relationship can be written:</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$[28] \quad M_i^s \times P_i^s + M_a^s \times P_a^s + Nb \times P_{ex} = M_f^s \times P_f^s + M_e^s \times P_e^s$$

<p>avec M_i^s et M_f^s les masses totales de matière sèche initiale et finale, M_a^s et M_e^s les masses de litière apportée et de fumier enlevé, P_i^s et P_f^s les teneurs en P initiale et finale mesurées sur la matière sèche (par exemple en % P_2O_5 par rapport à la matière sèche), P_a^s et P_e^s les teneurs en P dans la litière apportée et le fumier enlevé, P_{ex} la quantité de P excrétée par les animaux.</p> <p>Par ailleurs, les masses de matière sèche utilisées dans l'équation ci-dessus sont calculées de la façon suivante :</p>	<p>with M_i^s and M_f^s the initial and final total masses of dry matter, M_a^s and M_e^s the masses of input litter and of removed solid manure, P_i^s and P_f^s the initial and final P contents measured on the dry matter (for example in % P_2O_5 related to the dry matter), P_a^s and P_e^s the P contents in the input litter and in the removed solid manure, P_{ex} the quantity of P excreted by the animals.</p> <p>In addition, the dry matter masses used in the equation above are calculated in the following way:</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$[29] \quad M_i^s = MS_i \times M_i^h$$

$$[30] \quad M_f^s = MS_f \times M_f^h$$

avec M_i^s la masse totale de matière sèche initiale, M_f^s la masse totale de matière sèche finale, MS_i et MS_f les teneurs en matière sèche initiale et finale.

Les masses non connues (M_i^s , M_i^h , M_f^s , M_f^h) peuvent être calculées en se rapportant au début de la bande :

- entre le début de la bande et le prélèvement i :

$$[31] \quad M_i^s = (M_{a[0 \text{ à } i]}^s \times P_{a[0 \text{ à } i]}^s + Nb \times P_{ex[0 \text{ à } i]} - M_{e[0 \text{ à } i]}^s \times P_{e[0 \text{ à } i]}^s) / P_i^s$$

- entre le début de la bande et le prélèvement f :

$$[32] \quad M_f^s = (M_{a[0 \text{ à } f]}^s \times P_{a[0 \text{ à } f]}^s + Nb \times P_{ex[0 \text{ à } f]} - M_{e[0 \text{ à } f]}^s \times P_{e[0 \text{ à } f]}^s) / P_f^s$$

- d'où en utilisant les mesures de matière sèche :

$$[33] \quad M_i^h = M_i^s / MS_i$$

$$[34] \quad M_f^h = M_f^s / MS_f$$

Les valeurs de M_i^h et M_f^h peuvent ainsi être calculées et utilisées dans les équations de calcul des pertes.

Conversion des concentrations gazeuses mesurées en ppm en $mg \cdot m^{-3}$

Les concentrations gazeuses données par l'analyseur de gaz sont fréquemment exprimées en partie par millions (ppm). Pour leur utilisation présente, il convient de les convertir en mg/m^3 avec la formule suivante :

Concentration en mg/m^3 = (Concentration en ppm * masse moléculaire gaz)/24,45

Masse Moléculaire CO_2 : $44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Masse Moléculaire CH_4 : $16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Masse Moléculaire N_2O : $44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

with M_i^s the total mass of initial dry matter, M_f^s the total mass of final dry matter, MS_i and MS_f the initial and final contents of dry matter.

The unknown masses (M_i^s , M_i^h , M_f^s , M_f^h) can be calculated while referring to the beginning of the batch:

- between the beginning of the batch and the sampling day i :

- between the beginning of the batch and the sampling day f :

- therefore, using the dry matter measurements :

The values of M_i^h and M_f^h can thus be calculated and used in the equations to calculate the losses.

Conversion of the gas concentrations measured in ppm into $mg \cdot m^{-3}$

The gas concentrations given by the gas analyzer are frequently expressed in parts per million (ppm). For the present use, they should be converted into mg/m^3 with the following formula:

Concentration in mg/m^3 = (Concentration in ppm * molecular mass gas) / 24,45

Molecular mass CO_2 : $44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Molecular mass CH_4 : $16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Molecular mass N_2O : $44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Molecular mass NH_3 : $17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Masse Moléculaire NH₃ : 17 g.mol⁻¹

Masse Moléculaire H₂O : 18 g.mol⁻¹

Les concentrations en CO₂, CH₄, N₂O et NH₃ obtenues doivent également être converties en C-CO₂, C-CH₄, N-N₂O et N-NH₃ via l'application d'un facteur respectif de 12/44, 12/16, 28/44 et 14/17 (rapports entre les masses moléculaires pour les différentes espèces chimiques).

Calcul des gradients gazeux (exprimés en mg gaz. m⁻³ air humide)

Après conversion des mesures brutes de concentration, on calcule les médianes des concentrations gazeuses intérieures et extérieures relevées pour chaque gaz.

On en déduit :

Gradient gaz = médiane concentration intérieure gaz – médiane concentration extérieure gaz

Dans le cas où plusieurs jours de mesure sont utilisés :

Gradient gaz moyen = moyenne (gradient gaz visite 1 + gradient gaz visite 2 + ...)

calcul des émissions de CO₂, CH₄, N₂O et NH₃ par la méthode des rapports de concentration

On fait l'hypothèse que :

Perte C = Emission C-CO₂ + Emission C-CH₄

et que les émissions sont restées proportionnelles entre elles et proportionnelles aux gradients de concentration. D'où :

Emission C-CO₂ = Perte C / [1 + (gradient moyen C-CH₄/ gradient moyen C-CO₂)]

Emission C-CH₄ = Emission C-CO₂ * (gradient moyen C-CH₄/ gradient moyen C-CO₂)

Emission N-NH₃ = Emission C-CO₂ * (gradient moyen N-NH₃/ gradient moyen C-CO₂)

Emission N-N₂O = Emission C-CO₂ * (gradient moyen N-N₂O/ gradient moyen C-CO₂)

Emission H₂O = Emission C-CO₂ * (gradient

Molecular mass H₂O: 18 g.mol⁻¹

The concentrations in CO₂, CH₄, N₂O and NH₃ obtained must also be converted into C-CO₂, C-CH₄, N-N₂O and NH₃ using respective factor of 12/44, 12/16, 28/44 and 14/17 (relationship between the molecular masses for the various chemical species).

Calculation of the gas gradients (expressed out of mg gas. m³ humid air)

After conversion of raw measurements into concentrations, the medians are calculated for both inside and outside gas concentrations recorded for each gas.

The gradient is deduced:

Gas gradient = median of inside gas concentration - median of outside gas concentration

If several days of measurement are used:

Gradient average gas = average (gradient gas visits 1 + gradient gas visits 2 + ...)

calculation of the emissions of CO₂, CH₄, N₂O and NH₃ by the method of the reports/ratios of concentration

It is assumed that:

Loss C = Emission C-CO₂ + Emission C-CH₄

and that the emissions remained proportional between them and proportional to the concentration gradients. Therefore:

Emission C-CO₂ = Perte C [1 + (average gradient of C-CH₄/average gradient C-CO₂)]

Emission C-CH₄ = Emission C-CO₂ * (average gradient C-CH₄/average gradient C-CO₂)

Emission NH₃ = Emission C-CO₂ * (average gradient NH₃ average gradient C-CO₂)

Emission N-N₂O = Emission C-CO₂ * (average gradient N-N₂O/average gradient C-CO₂)

Emission H₂O = Emission C-CO₂ * (average

moyen H ₂ O/ gradient moyen C-CO ₂)	<i>gradient H₂O/average gradient C-CO₂)</i>
------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

7.5.5 Contrôles et vérifications (Control and checkout)

Les contrôles sur les éléments non volatils permettent de vérifier si les quantités observées d'éléments en entrée et sortie sont représentatives du lot suivi. Des écarts importants peuvent être observés lorsque soit les entrées sont mal connues (par exemple la composition de l'aliment), soit les prélèvements n'ont pu être représentatifs des effluents (par exemple fond de fosse à lisier inaccessible ou fumier très hétérogène). Dans le cas d'écarts importants sur P et K il est préférable d'utiliser les références nationales ou régionales d'alimentation et de rejets pour estimer les pertes de C et N :

Perte P = 0, si l'échantillonnage de l'effluent est homogène (« échantillonnage parfait ») et si la composition de l'aliment est bien connue.

Perte K = 0, s'il n'y a pas de pertes de liquides par percolation dans l'effluent et si la composition de l'aliment est bien connue.

Le contrôle sur le bilan d'eau peut être effectué lorsque l'on dispose d'une estimation assez précise de l'entrée d'eau. C'est le cas en général des élevages sans accès extérieur (parcours ou pâturage). Dans ce cas la vérification du bilan d'eau indique que les hypothèses sur la proportionnalité des émissions entre elles et des émissions avec les gradients de concentration moyens sont probablement vérifiées :

Perte Eau ≤ Emission H₂O

S'il y a un fort écart entre l'émission d'eau et le défaut de bilan d'eau, il convient d'utiliser avec prudence les émissions d'NH₃ et de GES calculées avec ces observations.

Le contrôle sur le bilan d'azote permet de s'assurer que la représentativité des observations reste acceptable :

Perte N = Emission N-NH₃ + Emission N-N₂O + Emission N-N₂

d'où :

Controls on the nonvolatile elements allow to check if the measured masses of elements in input and output are representative of the observed batch. Important variations can be observed when either the entries are badly known (for example the composition of feed), or samplings could not be representative of manure (for example bottom of a pit with inaccessible slurry or very heterogeneous solid manure). In the case of important variations on P and K it is preferable to use national or regional references of feed and effluents to estimate the losses of C and N:

Perte P = 0, if the sampling of manure is homogeneous ("perfect sampling") and if the composition of feed is well-known.

Perte K = 0, if there are no losses of liquids by lixiviation in manure and if the composition of feed is well-known.

Control of the water budget can be carried out when there are rather accurate estimates of the water input. This is generally the case in animal farms without outdoor access (outdoor farming or grazing). In these cases checking the water budget indicates that the assumptions on the proportionality between the emissions and between the emissions and the average concentration gradients are probably checked:

Loss Eau ≤ Emission H₂O

If there is a strong difference between the water emission and the water mass balance deficit, it is recommended to use with prudence the emissions of NH₃ and GHG calculated with these observations.

Control on the nitrogen budget makes it possible to make sure that the representativeness of the observations remains acceptable:

Perte N = Emission N-NH₃ + Emission N-N₂O + Emission N-N₂

therefore:

Perte N > Emission N-NH₃ + Emission N-N₂O

Les émissions ammoniacales sont souvent plus fortes en fin de lot qu'au début. C'est donc en fin de lot que les mesures sont les plus pertinentes pour s'assurer que les émissions du lot sont effectivement faibles. En revanche, il est possible, dans le cas de fortes émissions ammoniacales, que l'émission journalière dépasse l'apport journalier d'azote excrété. Dans ce cas, l'extrapolation de ces mesures à l'ensemble du lot conduit à une incohérence (émission N-NH₃ > N_{ex}). On peut alors conclure que le système est fortement émetteur à ce stade (usage qualitatif des mesures) mais on ne peut utiliser ces observations pour calculer l'émission de l'ensemble du lot (usage quantitatif des mesures).

Perte N > Emission N-NH₃ + Emission N-N₂O

The ammoniacal emissions are often higher at the end of the batch than at the beginning. Therefore, measurements done at the end of the batch are more relevant to make sure that the emissions of the batch were indeed low. On the other hand, it is possible, in the case of strong ammoniacal emissions, that the daily ammonia emission exceeds the daily excreted nitrogen. In this case, the extrapolation of these measurements to the whole batch shows inconsistency (Emission NH₃ > N_{ex}). It can then be concluded that the system has high emissions (qualitative use of measurements) but these observations cannot be used to calculate emissions for the whole batch (quantitative use of measurements).

7.6 Procédure pour déduire les émissions du défaut de bilan de masse d'un bâtiment d'élevage de volailles de chair (*Guidelines to deduce the emissions from the mass balance deficit of an animal house with meat poultry*)

7.6.1 Introduction (Introduction)

7.6.1.1 Objectif (Objective)

L'objectif de ces recommandations est d'indiquer la méthode probablement la plus simple pour mesurer les émissions d'un bâtiment d'avicole au cours de la période de élevage d'un lot d'animaux.

Faire des mesures en continu au cours de toute une période d'élevage est cher en regard de la valeur de la production animale. Des méthodes peu coûteuses sont nécessaires pour développer rapidement les connaissances sur les émissions, identifier les élevage qui ont déjà des émissions faibles et certifier les réductions d'émission.

Le bilan de matière fournit un outil approprié pour estimer la totalité des pertes gazeuses élémentaires (eau, carbone, azote, etc.) quel que soit le type de bâtiment (ventilé naturellement ou mécaniquement, isolé ou non, gestion liquide ou solide de l'effluent).

The objective of these guidelines is to indicate probably the simplest method to quantify the emissions of a poultry house during the rearing period of a flock of animals.

Continuous measurements during the whole period of animal breeding are expensive compared to the value of the animal production. Low-cost methods are necessary to develop knowledge on emissions, identify the animal farms where emissions are already low and certify emission reductions.

The mass balance provides a relevant tool to estimate the total gaseous losses of elements (water, carbon, nitrogen, etc.) whatever the type of building (insulated or not, naturally or mechanically ventilated, liquid or solid management of the manure).

7.6.1.2 Domaine d'application (Scope)

Ces recommandations sont adaptées aux cas des bâtiments avicoles où les intrants liquides et solides, et les sorties, peuvent être clairement définis. Les périodes de mesure ne devraient pas être trop courtes (au moins plusieurs semaines) de sorte que le défaut de bilan de masse soit plus grand que l'incertitude sur la somme des intrants ou la somme des sorties.

Lors des expériences où des concentrations en gaz sont observées, le bilan de matière peut être soit mesuré soit calculé à partir de références de la production animale (espèces animales, poids, alimentations) et de valeurs de composition de l'effluent représentatives du cas étudié.

Si l'on est dans des conditions habituelles d'alimentation et de génétique animale, la rétention corporelle et l'excrétion animales peuvent être calculées à l'aide des modèles de la production animale utilisant des données sur les aliments du bétail, la croissance et la production.

These guidelines are adapted to cases of poultry houses where the liquid and solid inputs, and the outputs, can be clearly defined. The measuring periods should not be too short (at least several weeks) so that the mass balance deficit will be higher than the uncertainty of total inputs or outputs.

During the experiments where gas concentrations are observed, the mass balance can be either observed or deduced from references of animal production (animal species, weights, feeds) and of manure composition representative of the studied case.

If standard feed and animal genetics are used, the animal retention and excretion can be computed from models of animal production using data on animal feed and growth or production. When the

Quand les intrants du bâtiment et les productions des animaux ne peuvent pas être déduits des modèles, ces recommandations sont utilisables seulement quand il est possible de peser les animaux et de peser et échantillonner les aliments et les effluents.

Les sorties du bâtiment d'élevage (animaux, effluent) peuvent se produire une fois ou plusieurs fois selon les pratiques de gestion de l'effluent. Il devrait être possible de prélever toutes les sorties du bâtiment si des analyses sont nécessaires (par exemple pour confirmer des concentrations de l'effluent), et pour les peser, ou pour analyser un traceur conservatif identifié dans les intrants pour estimer la masse d'effluents. Si des analyses d'effluents sont pratiquées, les aliments correspondants devraient être également analysés pour éviter une incertitude trop forte sur le bilan de masse.

La précision des résultats dépendra fortement de la fréquence des observations de gaz. Un biais élevé peut se produire quand les concentrations en gaz observées ne représentent pas bien la variabilité temporelle de ces concentrations entre les observations.

inputs of the house and the outputs of animals can not be deduced from models, these guidelines are only adapted when it is possible to weight the animals and weight and sample the effluents.

The outputs of the animal house (animals, manure) can occur once or several times depending on the practices of manure utilization. It should be possible to sample all the outputs of the house if analyses are required (e.g. to confirm concentrations in manure), and either to weight them, or to analyze a conservative tracer identified in the inputs to estimate the mass. When effluents are sampled and analyzed, feed should also be sampled and analyzed to avoid a too high uncertainty when calculating the mass balance.

The accuracy of the results will highly depend on the frequency of the gas observations. High bias occur when the observed gas concentrations does not represent well the temporal variability of these concentrations between the observations.

7.6.1.3 Principes (Principles)

D'une part, pendant la croissance animale, presque la moitié des intrants en eau et carbone est perdue sous forme gazeuse par le métabolisme respiratoire. D'autre part, la croissance des animaux et leur alimentation et l'efficience de l'eau bue sont fortement reproductibles d'une ferme à l'autre parce qu'elles ont un impact significatif sur le bilan économique et sur le temps de travail de la ferme. Par conséquent, le bilan de matière d'un bâtiment avicole donné, pendant l'élevage d'un lot d'animaux, devrait soit être déjà connu à partir des données existantes soit être assez facile à évaluer ou à mesurer.

Première étape : bilan de masse

Dans une première étape, le bilan matière est fait pour l'eau, le carbone, l'azote, le phosphore, et le potassium pour les raisons exposées ci-dessous. D'autres éléments ou isotopes peuvent être ajoutés pour vérifier ou préciser les calculs.

L'effluent est constitué de composés volatils et de composés non volatils. La partie volatile est faite principalement d'eau (O, H), de carbone, et de composés azotés. Les espèces chimiques de ces

On the one hand, during the animal growth, almost half of the inputs of water and carbon are lost as gases through the respiration metabolism. On the other hand, animal growth and feed and water efficiency are highly reproducible on a given farm because they have a significant impact on the economical and time budget of the farm. Therefore, the mass balance of a given poultry house, during the rearing of a given flock, should be either already known from existing data or rather easy to evaluate or measure.

First step: mass balance

In a first step, the mass balance is done for water, carbon, nitrogen, phosphorous, and potassium for following reasons. Other elements or isotopes can be added to check the calculations or to reduce their uncertainty.

The manure is composed of either volatile or non volatile compounds. The main volatile part is made of water, carbon, and nitrogenous compounds. These chemical species of these

composés est soit de type minéral (par exemple l'eau, l'ammoniac, l'anhydride carbonique) soit de type organique (par exemple les acides gras volatils, les amines, et autres composés plus ou moins odorants). Les espèces volatiles d'autres éléments (P, K, etc.) ne peuvent pas être exclues, et ces éléments non-volatils peuvent également être perdus sous forme de poussières émises, mais on suppose généralement que les pertes d'éléments non volatils sont négligeables.

Le bilan de matière compare les stocks initiaux et finaux (ou les sommes d'intrants et de sorties). Le bilan de matière s'appelle « fermé » si les stocks initiaux et finaux sont égaux. Quand « pas s'est fermé », la différence correspond aux émissions en bloc, y compris toutes les espèces organiques et minérales. En raison des inexactitudes dans les mesures, le bilan de matière est habituellement « non fermé ».

La fermeture du bilan de matière des composés non-volatils indique la qualité de l'échantillonnage, de la conservation, et des méthodes de sous-échantillonnage. Le phosphore est trouvé majoritairement dans la fraction particulaire de l'effluent tandis que le potassium est trouvé majoritairement dans la fraction liquide. L'utilisation de ces deux éléments permet de vérifier si les méthodes d'échantillonnage ont été adaptées pour les deux fractions, ou s'il y avait des pertes de solides ou de lixiviats au cours de la période expérimentale.

Les espèces chimiques concernées par le bilan de matière ou par les émissions sont différentes. L'eau peut être analysée dans les intrants, les sorties et dans l'air. Habituellement, l'émission totale est légèrement plus grande que la différence entre les entrées et les sorties d'eau, en raison de la production d'eau métabolique. Pour le carbone, la majeure partie du carbone est perdue sous forme d'anhydride carbonique dans les systèmes aérobies. Ainsi, l'émission d'anhydride carbonique devrait être légèrement inférieure au déficit de carbone du bilan de matière. Pour l'azote, des échanges de diazote (N_2 , le composant principal de l'atmosphère) ne peuvent pas être mesurés. Les réactions de dénitrification se produisent fréquemment dans des zones anaérobies des effluents d'élevage riches en azote. Elles peuvent mener à des émissions significatives de diazote. Quand les émissions de diazote sont significatives, le protoxyde d'azote (N_2O) est généralement émis dans des proportions détectables. Dans ces cas, la somme de toutes les émissions azotées

compounds is either mineral (e.g. water, ammonia, carbon dioxide) or organic (e.g. volatile fatty acids, amines, and other more or less odorous compounds). Volatile species of other elements (P, K, etc.) can not be excluded, and these non-volatile elements can also be lost as particulate matter, but it is generally assumed that losses of non volatile elements are negligible.

The mass balance compares initial and final stocks (or the sums of inputs and outputs). The mass balance is called "closed" if initial and final stocks are equal. When "not closed", the difference corresponds to the bulk emissions, including all organic and mineral species. Because of inaccuracies in measurements, the mass balance is usually "not closed".

The closure of the mass balance of non-volatile compounds indicates the quality of sampling, conservation, and subsampling methods. Most of phosphorous is found in the particulate fraction of the manure while potassium is mostly found in the liquid fraction. Using these two elements allows to check whether the sampling procedure was adequate for both fractions, and whether there were specific particulate or leaching losses during the experimental period.

The chemical species concerned by the mass balance or by the emissions are different. For the water, it can be analyzed in the inputs, outputs and in air. Usually, the total emission is slightly higher than the difference between input and output water due to the metabolic water. For the carbon, most of the carbon is lost as carbon dioxide in aerobic systems. So, carbon dioxide emission should be slightly lower than the carbon deficit of the mass balance. For the nitrogen, exchanges of dinitrogen (N_2 , the main component of air) can not be quantified. Denitrification reactions frequently occur in anaerobic zones of animal manure rich in nitrogen. It can lead to significant dinitrogen emissions. When there are significant dinitrogen emissions, nitrous oxide (N_2O , or nitrogen monoxide) is generally also emitted in detectable amounts. In this case, the sum of all observed nitrogenous emissions can be notably lower than the deficit of the nitrogen balance.

observées peut être notablement inférieure au déficit du bilan d'azote.

Par conséquent le bilan de matière de plusieurs composés, associant des composés volatils et des composés non volatils, est présenté comme un outil robuste permettant d'évaluer la validité des mesures d'émission.

Deuxième étape : prélèvements d'air

Dans une deuxième étape l'atmosphère du bâtiment (et l'extérieur au besoin) est soit échantillonnée dans une poche inerte soit analysée directement pour connaître les teneurs en espèces volatiles de carbone, d'eau et d'azote (CO₂, CH₄, H₂O, NH₃, N₂O). La fréquence des mesures dépend de la variabilité temporelle des concentrations en gaz. Si la variabilité quotidienne est élevée, le prélèvement devrait être représentatif des variations quotidiennes, soit en choisissant un moment représentatif de la journée, soit par le prélèvement régulier au cours de la journée. Si l'essentiel de la variabilité se produit entre le début et la fin de bande, quelques dates de prélèvement doivent être programmées pour expliquer cette variabilité.

Therefore the mass balance of several compounds, associating volatile and non volatile elements, is described as a tool to discuss the validity of emission measurements.

Second step: air sampling

In a second step the atmosphere within the house (and outside if necessary) is collected in an inert bag or directly analyzed for volatile species of carbon, water and nitrogen (CO₂, CH₄, H₂O, NH₃, N₂O). The frequency of the measurements depends on the temporal variability of the gas concentrations. If the daily variability is quite high, the sampling should be representative of the daily variations, either by choosing a representative moment in the day, or by regular sampling during the day. If most variability occur between the beginning and the end of the flock, some sampling dates should be programmed to account for this variability.

7.6.2 Appareillage (equipment)

- vêtements d'élevage (cotte et bottes jetables ou vêtements spécifiques de l'élevage)
- matériel pour prise de notes
- matériel de nettoyage et désinfection des appareils à l'issue des mesures,
- Analyseur de gaz (par exemple analyseur infrarouge photo-acoustique INNOVA® 1312 équipé de filtres CO₂, CO, CH₄, NH₃, N₂O, H₂O)
- 1 sac TEDLAR® pour le prélèvement d'air extérieur
- 1 sac TEDLAR® pour le prélèvement d'air intérieur
- Thermo Hygromètre pour caractériser les conditions de température et d'hygrométrie à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment
- Pompe à air (par exemple aérateur d'aquarium)
- Filtres (Milipore Millex- HV Hydrophile PVDF 0,45 µm) placé en entrée du système de prélèvement, un pour extérieur et un pour l'intérieur
- Tuyaux PTFE pour raccorder filtres, sacs, pompes et analyseur de gaz

- *clothing for animal farm (disposable coat and boots or specific clothing of the animal farm)*
- *material for taking notes*
- *material of cleaning and disinfection of equipment after the measurements,*
- *Gas Analyzer (for example infra-red photo-acoustics analyzer INNOVA® 1312 with filters CO₂, CO, CH₄, NH₃, N₂O, H₂O)*
- *1 TEDLAR® bag for the sampling of outside air*
- *1 TEDLAR® bag for the sampling of inside air*
- *Thermo Hygromètre to characterize the temperature and hygrometry inside and outside the house*
- *air pump (for example aerator of aquarium)*
- *Filters (Milipore Millex- HV Hydrophile PVDF 0,45 µm) placed at entry of the sampling system, one for outside and one for the inside air*
- *PTFE tubes to connect filters, bags, pumps and analyzer gas*
- *if necessary, add the material for samplings of*

<ul style="list-style-type: none"> - si nécessaire, ajouter le matériel pour les prélèvements d'échantillons d'aliments et d'effluents 	<p><i>feeds and manure</i></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------

7.6.3 Observations (Observations)

<p>Liste des informations nécessaires</p>	<p>List of required informations</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Espèce avicole élevée - Type de bâtiment - Age des animaux lors des visites - Nombre d'animaux en début et fin de lot et lors des visites - Poids des animaux en début et fin de lot et lors des visites - Quantité d'aliment consommée sur le lot - Quantité d'eau bue sur le lot - Quantité de litière au démarrage + rajouts - Quantité d'effluents à la fin du lot 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Animal species</i> - <i>Type of house</i> - <i>Age of the animals at the time of the visits</i> - <i>Number of animals at the beginning and at the end of the batch, and at the sampling dates</i> - <i>Weight of the animals at the beginning and at the end of the batch, and at the sampling dates</i> - <i>Quantity of feed consumed during the batch</i> - <i>Water quantity drunk during the batch</i> - <i>Quantity of litter at starting the batch + additions</i> - <i>Manure quantity at the end of the batch</i>
<p>Précautions générales d'utilisation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dans le cas où les animaux ne restent que quelques heures par jour en bâtiment, il est préférable de réaliser le prélèvement d'air au minimum 1h30 après l'entrée des animaux - Effectuer le prélèvement d'air de manière à être au dessus de l'aire de vie des animaux (par exemple 0,5 mètres de hauteur environ pour des poulets de chair) - Le prélèvement devant être homogène, effectuer un circuit dans tout le bâtiment (aire de couchage, de déjection, d'alimentation, d'abreuvement) - Lors du prélèvement extérieur, éviter toute source d'altération (passage à proximité de fosse à lisier, fumière, ventilateur en marche, tracteur en marche, feu, etc.) - Entre 2 visites d'élevage, rincer les 2 sacs TEDLAR® avec de l'air peu concentré pour diminuer au maximum la présence de résidus dans le sac, vérifier avec l'analyseur que les mesures sont faibles - Dans le cas des bâtiments fermés, l'air intérieur des bâtiments d'élevage est 	<p>General precautions of use</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>If the animals remain only a few hours per day in the house, it is preferable to sample the air at least 1:30 after the entry of the animals</i> - <i>sample the air so as to be at the top of the volume of life of the animals (e.g. 0,5 meters height approximately for broiler)</i> - <i>Sampling having to be homogeneous, carry out a circuit in all the house (lying area, excreting area, feeding area, watering area)</i> - <i>when sampling outside, avoid any source of gas contamination (passage near pit with slurry, dunghill, ventilator moving, tractor moving, fire, etc)</i> - <i>Between 2 visits of animal farm, rinse the 2 TEDLAR® bags with air with low concentrations to decrease to the maximum the presence of residues in the bag, check with the analyzer that measurements are low.</i> - <i>In the case of closed buildings, the air inside animal housings is particularly wet in winter, there is consequently a risk of water condensation inside the electronic equipments when they are cooled by ventilation and when they are cold, for example after a transport in winter; it can</i>

humide en particulier en hiver, il y a par conséquent un **risque de condensation d'eau à l'intérieur des équipements électroniques lorsque ceux-ci sont équipés d'un système de refroidissement par ventilation et qu'ils sont froids**, par exemple après un transport en hiver ; il peut être alors nécessaire de réchauffer ces appareils avant de les allumer.

Fréquence des prélèvements

Les prélèvements d'air sont effectués au nombre de **deux pour les productions non sexées** (en milieu et fin de bande avant le premier départ des animaux) et au nombre de **trois pour les productions sexées ou avec des départs échelonnés** (en milieu de bande, avant l'enlèvement des femelles, une semaine après le premier et avant le dernier départ des animaux).

Prélèvements d'air sur le terrain

- Installation du matériel dans le sas du bâtiment d'élevage
- Paramétrage de l'analyseur
 - o Démarrer l'analyseur
 - o Effectuer une mesure de température dans le sas via le thermo hygromètre
 - o Enregistrer cette valeur dans l'analyseur
 - o Lancer le menu de mesure de l'analyseur afin que sa température interne s'équilibre
- Prélèvement d'air extérieur
 - o S'équiper de la pompe à air, du sac TEDLAR® prélèvement extérieur et du thermo hygromètre
 - o En restant sur place, commencer à remplir le sac TEDLAR® avec l'air extérieur pendant 3 à 5 minutes
 - o Arrêter la pompe, et vider le sac TEDLAR®, vérifier que les mesures de température et hygrométrie sont stables, sinon attendre quelques minutes
 - o Effectuer le prélèvement d'air en contournant le bâtiment d'élevage

therefore be necessary to heat such equipment before turning them on.

Frequency of samplings

*Air samplings should be carried out **twice if the animals are slaughtered on less than two weeks**, that is the case when males and females are reared together (in the middle and at the end of the batch before the first departure of the animals) and **three for the productions with several departures**, that is the case when males and females are reared separately (in the middle of the batch, before the first departure of animals, one week after the first and before the last departure of the animals).*

Sampling air on the field

- *Installation of the material in the hopper of the animal housing*
- *Parameter setting of the analyzer*
 - o *start the analyzer*
 - o *measure the temperature in the hopper via the thermo hygrometer*
 - o *record this value in the analyzer*
 - o *start the measurements with the analyzer so that its internal temperature reach an equilibrium*
- *Sampling of outside air*
 - o *take the air pump, the TEDLAR® bag for outside sampling and the thermo hygrometer*
 - o *while remaining on the same place, start to fill the TEDLAR® bag with the air outside during 3 to 5 minutes*
 - o *stop the pump, and empty the TEDLAR® bag, check that the thermo hygrometer has stabilized, wait some minutes if not*
 - o *sample the air by circumventing the animal housing*
 - o *meanwhile record hygrometry and temperature measurements (3 to 5)*
 - o *once completed, close the bag before disconnecting the pump*
 - o *connect the TEDLAR® bag to the analyzer to analyse the sample*

<ul style="list-style-type: none"> ○ En même temps effectuer des mesures de température et d'hygrométrie (3 à 5) ○ Une fois terminé, fermer le sac avant de le décrocher de la pompe ○ Brancher le sac TEDLAR® sur l'analyseur pour effectuer l'analyse de l'échantillon <p>- Prélèvement d'air intérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Effectuer les mêmes opérations que pour le prélèvement extérieur en utilisant le sac TEDLAR® adéquat ○ (l'étape « remplissage du sac 3 à 5 minutes » est à effectuer dans le bâtiment, la durée peut être de 20 minutes environ selon la taille du bâtiment) <p>- Analyse des échantillons</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Brancher le sac TEDLAR® sur l'analyseur ○ Ouvrir le sac TEDLAR® ○ Ne pas noter les premières valeurs données, attendre la stabilisation des concentrations pour enregistrer les mesures ○ Noter les 10 valeurs suivantes ○ Débrancher le sac TEDLAR® ○ Vider le sac TEDLAR® 	<p>- <i>Sampling of inside air</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>carry on same operations as for outside sampling by using adequate TEDLAR® bag</i> ○ <i>(the stage "filling of bag 3 to 5 minutes" is to be carried out in all the house, so it may take around 20 minutes depending on its size)</i> <p>- <i>Analysis of the samples</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>connect the TEDLAR® bag to the analyzer</i> ○ <i>open the TEDLAR® bag</i> ○ <i>do not note the first values given, but await the stabilization of the concentrations to record measurements</i> ○ <i>record the 10 following values</i> ○ <i>disconnect the TEDLAR® bag</i> ○ <i>empty the TEDLAR® bag</i>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.6.4 Calculs (Calculations)

<p>Généralités</p> <p>Le calcul est basé sur la mesure des gradients de concentration en gaz et sur la connaissance des défauts de bilan calculés sur les solides et liquides. La forme générale d'un défaut de bilan calculé pour une période donnée est la suivante :</p>	<p>General information</p> <p><i>Calculation is based on measurements of the gas concentration gradients and on the knowledge of the mass balance deficits calculated on the solids and liquids. The general form of a deficit of the mass balance calculated for a given period is the following one:</i></p>
<p>[35] $Perte_E = (M_i^h \times E_i^h + M_a^h \times E_a^h + N_b \times E_{ex} - M_f^h \times E_f^h - M_e^h \times E_e^h) / (M_i^h \times E_i^h + M_a^h \times E_a^h + E_{ex})$</p>	
<p>où :</p> <p>Perte_E est la perte relative d'un élément E (l'abattement en pourcentage de la quantité apportée),</p> <p>les indices i et f correspondent aux dates initiale et finale de la période de mesure ; s'il s'agit de la</p>	<p>where:</p> <p><i>Perte_E is the relative loss of an element E (abattement expressed as a percentage of the input quantity),</i></p> <p><i>indices i and f correspond to the initial and final dates of the period of measurement ; when it is</i></p>

période d'élevage habituelle, par exemple la phase de croissance-finition d'un lot de volailles, on peut alors utiliser des références régionales ou nationales pour l'aliment entrant et l'effluent sortant,

l'exposant s correspond au produit sec et l'exposant h au produit humide,

M_i^h et M_f^h les masses totales de fumier brut initiale et finale,

M_a^h et M_e^h les masses de litière neuve apportée et de fumier enlevé,

Nb, le nombre d'animaux de la salle considérée,

E_i^h et E_f^h , les teneurs de l'élément E initiale et finale mesurées sur le produit brut, E_{ex} , la quantité d'élément E excrétée par volaille, E_a^h et E_e^h , les teneurs en E de la litière neuve et du fumier enlevé en cours de période, mesurées sur le produit ou issues de références nationales ou régionales. Pour le P et le K, les références peuvent être exprimées en P_2O_5 et en K_2O . Dans ce cas on convertit 1 kg de P en 2,3 kg de P_2O_5 [$2,3 = (31*2 + 16*5)/(31*2)$] et 1 kg de K en 1,2 kg de K_2O [$1,2 = (39*2 + 16)/(39*2)$].

Les quantités excrétées sont calculées de la façon suivante.

Pour l'azote :

$$N_{ex} = N_{ing} - N_{retenu}$$

où N_{ing} est la quantité d'azote ingérée par volaille, le mode de calcul de N_{retenu} est indiqué ci-dessous, il est calculé en utilisant PV le poids vif moyen des volailles. En cas d'animal mort, on utilise le poids vif de l'animal mort et l'on considère qu'il a ingéré la même quantité que les autres animaux entre le début du lot et son décès.

Pour le phosphore :

$$P_{ex} = P_{ing} - P_{retenu}$$

où P_{ing} est la quantité de phosphore ingérée par volaille, P_{retenu} est la quantité retenue dans la masse corporelle de l'animal, les calculs sont

the usual period of animal breeding, for example the growing-finishing batch of poultry, regional or national references can be used for feed input and manure output,

the superscript s corresponds to the dry product and the superscript h to the wet product,

M_i^h and M_f^h are the initial and final total masses of raw solid manure,

M_a^h and M_e^h are the masses of the fresh litter added and of the removed solid manure,

Nb, the number of animals in the room considered,

*E_i^h and E_f^h , initial and final contents of the element E measured on the raw product, E_{ex} , the quantity of element E excreted by poultry, E_a^h and E_e^h , the E contents of the fresh litter and the solid manure removed during the period; these contents can be either measured on the product or can be deduced from national or regional references. For P and K, the references can be expressed in P_2O_5 and K_2O . In this case one converts 1 kg of P into 2,3 kg of P_2O_5 [$2,3 = (31*2 + 16*5)/(31*2)$] and 1 kg of K in 1,2 kg of K_2O [$1,2 = (39*2 + 16)/(39*2)$].*

The excreted quantities are calculated in the following way.

For nitrogen:

$$N_{ex} = N_{ing} - N_{retenu}$$

where N_{ing} is the quantity of nitrogen introduced by poultry, the calculation of N_{retenu} is indicated below, it is calculated from PV, the average live weight of the poultry. When there are died animals, the live weight of the dead animals is used (for output calculation) and it is assumed that they consumed the same amount of feed and water as the living animals between the beginning of the batch and their death.

For phosphorus:

$$P_{ex} = P_{ing} - P_{retenu}$$

where P_{ing} is the quantity of phosphorus eaten by poultry, P_{retenu} is the quantity retained in the body mass of the animal, calculations are indicated below.

<p>indiqués ci-dessous.</p> <p>Pour le potassium (en kg K/volaille) :</p> $K_{ex} = K_{ing} - K_{retenu}$ <p>où K_{ing} est la quantité de potassium ingérée par volaille, K_{retenu} est la quantité retenue dans la masse corporelle de l'animal, les calculs sont indiqués ci-dessous.</p> <p>Perte d'eau</p>	<p><i>For potassium (in kg K/poultry):</i></p> $K_{ex} = K_{ing} - K_{retenu}$ <p><i>where K_{ing} is the quantity of potassium eaten by the poultry, K_{retenu} is the quantity retained in the body mass of the animal, calculations are indicated below.</i></p> <p>Water loss</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

[36] Perte eau (*Water loss*) = entrée eau - sortie eau

<p>Avec « entrée eau » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - eau contenue dans l'alimentation (masse apportée sur la durée d'élevage) (kg) : masse aliment consommé – (masse aliment consommé * MS aliment) - eau bue sur la durée d'élevage (litres) : relevé d'élevage (compteur d'eau) ou estimé par le ratio eau/aliment ; on peut accroître cette quantité de 5% pour tenir compte de l'eau métabolique, c'est-à-dire celle produite lors de la dégradation de la matière sèche des aliments et qui ne vient ni de l'eau bue ni de l'eau liquide contenue dans les aliments. On dispose ainsi d'une estimation faible (sans eau métabolique) et d'une estimation haute (avec eau métabolique) de la perte d'eau. - eau contenue dans la litière (apport en début de lot + rajouts) (kg) : masse litière apportée – (masse litière apportée * MS litière) - eau contenue dans les animaux en début de lot (kg) : estimée à 65% du poids vif (PV) <p>Avec « sortie eau » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - eau contenue dans l'effluent en fin de lot (kg) : masse effluent produit – (masse effluent produit * MS effluent) - eau contenue dans les animaux en fin de lot (kg) estimée à 65% du poids vif (PV) <p>Perte de carbone</p> <p>Comme l'analyse du carbone total, organique et inorganique, dans les échantillons frais est</p>	<p><i>With "entrée eau " = sum of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>water contained in the feed (mass input during the period) (kg): mass feed consumed - (mass feed consumed * MS feed)</i> - <i>water drunk during the period (liters): local measurement of animal farm (water flowmeter) or estimated from the water:feed ratio; one can increase this quantity by 5% to take account of metabolic water, i.e. that produced during the degradation of the dry matter of the feeds and which comes neither from the drunk water nor from the liquid water contained in feeds. One has thus both a low estimate (without metabolic water) and a high estimate (with metabolic water) of the water loss.</i> - <i>water contained in the litter (contribution at the beginning of batch + additions) (kg): mass litter input - (mass litter input * MS litter)</i> - <i>water contained in the animals at the beginning of batch (kg) estimated from 65% of the live weight (PV)</i> <p><i>With "sortie eau " = sum of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>water contained in the manure at the end of the batch (kg): mass of effluent produced - (mass of effluent produced * MS manure)</i> - <i>water contained in the animals at the end of the batch (kg) estimated at 65% of the live weight (PV)</i> <p>Carbon loss</p> <p><i>As the analysis of total organic and inorganic</i></p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

coûteuse, on estime ici le carbone par la moitié de la matière sèche ; cette hypothèse est acceptable pour des matières organiques fraîches (cas des fèces ou des aliments) et le devient de moins en moins à mesure du compostage en raison de l'accumulation des matières minérales non volatiles au détriment des éléments volatiles (C, H, O, N) : $C = MS / 2$

carbon in wet samples is expensive, carbon is estimated here from half of the dry matter; this assumption is acceptable for fresh organic matter (case excretion or feeds) and it becomes less acceptable with more and more composted products because of the accumulation of the nonvolatile mineral matters to the detriment of the volatile elements (C, H, O, N): $C = MS/2$

[37] Perte carbone = entrée carbone – sortie carbone

Avec « entrée carbone » = somme de :

- carbone contenu dans l'alimentation (kg) : masse aliment consommé * teneur C (ou calculé à partir de MS/2)
- carbone contenu dans la litière (apport en début de lot + rajouts) (kg) : masse litière apportée * teneur C (ou calculé à partir de MO/2)
- carbone contenu dans les animaux en début de lot (kg) : PV animaux * teneur C (ou calculé à partir de MS/2 = 175 g C/kg PV)

Avec « sortie carbone » = somme de :

- carbone contenu dans l'effluent en fin de lot (kg) : masse effluent produit * teneur C (ou calculé à partir de MS/2)
- carbone contenu dans les animaux en fin de lot (kg) : PV animaux * teneur C (ou calculé à partir de MS/2 = 175 g C/kg PV)

With "entrée carbone" = sum of:

- *carbon contained in the feed (kg): mass feed consumed * C content (calculated from MS/2)*
- *carbon contained in the litter (initial input + additions) (kg): mass litter input * C content (calculated from MO/2)*
- *carbon contained in the animals at the beginning of batch (kg): PV animals * C content (calculated from MS/2 = 175 g C/kg PV)*

With "sortie carbone" = sum of:

- *carbon contained in manure at the end of the batch (kg): mass manure produced * C content (calculated from MS/2)*
- *carbon contained in the animals at the end of the batch (kg): PV animals * C content (calculated from MS/2 = 175 g C/kg PV)*

Perte d'azote

Nitrogen loss

[38] Perte azote = entrée azote – sortie azote

Avec « entrée azote » = somme de :

- azote contenu dans l'aliment (kg N) : masse aliment * teneur azote aliment
- azote contenu dans la litière (apport en début de lot + rajouts) (kg) : masse litière apportée * teneur azote litière
- azote contenu dans les animaux en début de lot (kg) : PV des animaux * teneur azote animaux (17,4 g N/kg PV)

With "entrée azote" = sum of:

- *nitrogen contained in the feed (kg N): mass feed consumed * N content of feed*
- *nitrogen contained in the litter (initial input + additions) (kg): mass litter input * nitrogen content of litter*
- *nitrogen contained in the animals at the beginning of batch (kg): PV animals * nitrogen content of animals (17,4 g N/kg PV)*

Avec « sortie azote » = somme de :

- azote contenu dans l'effluent en fin de lot (kg) : masse effluent produit * teneur azote effluent

With "sortie azote" = sum of:

- *nitrogen contained in manure at the end of the batch (kg N): mass manure produced * nitrogen*

- azote contenu dans les animaux en fin de lot (kg) : PV des animaux * teneur azote animaux (17,4 g N/kg PV)	<i>content in manure</i> - <i>nitrogen contained in the animals at the end of batch (kg): PV animals * nitrogen content of animals (17,4 g N/kg PV)</i>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Perte de phosphore	Phosphorus loss
---------------------------	------------------------

[39] entrée phosphore - sortie phosphore = Perte phosphore

<p>Avec « entrée phosphore » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - phosphore contenu dans la litière (apport en début de lot + rajouts) (kg) : masse litière apportée * teneur phosphore litière - phosphore contenu dans l'aliment (kg) : masse aliment * teneur phosphore aliment - phosphore contenu dans les animaux en début de lot (kg) : PV des animaux * teneur phosphore animaux (2,15 g P/kg PV) <p>Avec « sortie phosphore » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - phosphore contenu dans l'effluent en fin de lot (kg) : masse effluent produit * teneur phosphore effluent - phosphore contenu dans l'effluent enlevé en cours de lot (kg) : masse effluent enlevé * teneur phosphore effluent - phosphore contenu dans les animaux en fin de lot (kg) : PV des animaux * teneur phosphore animaux (2,15 g P/kg PV) 	<p><i>With "entrée phosphore" = sum of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>phosphorus contained in the litter (contribution at the beginning of batch + additions) (kg): mass of added fresh litter * phosphorus content in litter</i> - <i>phosphorus contained in the feed (kg): mass feed consumed * phosphorus content of feed</i> - <i>phosphorus contained in the animals at the beginning of batch (kg): PV animals * phosphorus content of animals (2,15 g P/kg PV)</i> <p><i>With "sortie phosphore" = sum of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>phosphorus contained in manure at the end of the batch (kg): mass manure produced * phosphorus content in manure</i> - <i>phosphorus contained in the manure removed during the batch (kg): mass manure removed * phosphorus content in manure</i> - <i>phosphorus contained in the animals at the end of batch (kg): PV animals * phosphorus content of animals (2,15 g P/kg PV)</i>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Perte de potassium	Potassium loss
---------------------------	-----------------------

[40] Perte potassium = entrée potassium - sortie potassium

<p>Avec « entrée potassium » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - potassium contenu dans la litière (apport en début de lot + rajouts) (kg) : masse litière apportée * teneur potassium litière - potassium contenu dans l'aliment (kg) : masse aliment * teneur potassium aliment - potassium contenu dans les animaux en début de lot (kg) : PV des animaux * teneur potassium animaux (1,2 g K/kg PV) <p>Avec « sortie potassium » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - potassium contenu dans l'effluent en fin de lot (kg) : masse effluent produit * teneur potassium effluent 	<p><i>With "entrée potassium" = sum of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>potassium contained in the litter (contribution at the beginning of batch + additions) (kg): mass fresh litter added * potassium content in litter</i> - <i>potassium contained in the feed (kg): mass feed consumed * content potassium content in feed</i> - <i>potassium contained in the animals at the beginning of batch (kg): PV animals * potassium content of animals (1,2 g K/kg PV)</i> <p><i>With "sortie potassium" = sum of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>potassium contained in manure at the end of the batch (kg): mass manure produced * potassium content in manure</i>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>- potassium contenu dans l'effluent enlevé en cours de lot (kg) : masse effluent enlevé * teneur potassium effluent</p> <p>- potassium contenu dans les animaux en fin de lot (kg) : PV des animaux * teneur potassium animaux (1,2 g K/kg PV)</p>	<p>- <i>potassium contained in the manure removed during the batch (kg): mass manure removed * potassium content in manure</i></p> <p>- <i>potassium contained in the animals at the end of batch (kg): PV animals * potassium content of animals (1,2 g K/kg PV)</i></p>
<p>Conversion des concentrations gazeuses mesurées en ppm en mg.m-3</p> <p>Les concentrations gazeuses données par l'analyseur de gaz sont fréquemment exprimées en partie par millions (ppm). Pour leur utilisation présente, il convient de les convertir en mg/m³ avec la formule suivante :</p> <p>Concentration en mg/m³ = (Concentration en ppm * masse moléculaire gaz)/24,45</p> <p>Masse Moléculaire CO₂ : 44 g.mol⁻¹</p> <p>Masse Moléculaire CH₄ : 16 g.mol⁻¹</p> <p>Masse Moléculaire N₂O : 44 g.mol⁻¹</p> <p>Masse Moléculaire NH₃ : 17 g.mol⁻¹</p> <p>Masse Moléculaire H₂O : 18 g.mol⁻¹</p> <p>Les concentrations en CO₂, CH₄, N₂O et NH₃ obtenues doivent également être converties en C-CO₂, C-CH₄, N-N₂O et N-NH₃ via l'application d'un facteur respectif de 12/44, 12/16, 28/44 et 14/17 (rapports entre les masses moléculaires pour les différentes espèces chimiques).</p> <p>Calcul des gradients gazeux (exprimés en mg gaz. m⁻³ air humide)</p> <p>Après conversion des mesures brutes de concentration, on calcule les médianes des concentrations gazeuses intérieures et extérieures relevées pour chaque gaz.</p> <p>On en déduit :</p> <p>Gradient gaz = médiane concentration intérieure gaz – médiane concentration extérieure gaz</p> <p>Dans le cas où plusieurs jours de mesure sont utilisés :</p> <p>Gradient gaz moyen = moyenne (gradient gaz visite 1 + gradient gaz visite 2 + ...)</p>	<p>Conversion of the gas concentrations measured in ppm into mg.m-3</p> <p><i>The gas concentrations given by the gas analyzer are frequently expressed in parts per million (ppm). For the present use, they should be converted into mg/m³ with the following formula:</i></p> <p><i>Concentration in mg/m³ = (Concentration in ppm * molecular mass gas) /24,45</i></p> <p><i>Molecular mass CO₂: 44 g.mol⁻¹</i></p> <p><i>Molecular mass CH₄: 16 g.mol⁻¹</i></p> <p><i>Molecular mass N₂O: 44 g.mol⁻¹</i></p> <p><i>Molecular mass NH₃: 17 g.mol⁻¹</i></p> <p><i>Molecular mass H₂O: 18 g.mol⁻¹</i></p> <p><i>The concentrations in CO₂, CH₄, N₂O and NH₃ obtained must also be converted into C-CO₂, C-CH₄, N-N₂O and N-NH₃ using respective factor of 12/44, 12/16, 28/44 and 14/17 (relationship between the molecular masses for the various chemical species).</i></p> <p>Calculation of the gas gradients (expressed out of Mg gas. m³ humid air)</p> <p><i>After conversion of raw measurements into concentrations, the medians are calculated for both inside and outside gas concentrations recorded for each gas.</i></p> <p><i>The gradient is deduced:</i></p> <p><i>Gas gradient = median of inside gas concentration - median of outside gas concentration</i></p> <p><i>If several days of measurement are used:</i></p> <p><i>Gradient average gas = average (gradient gas visits 1 + gradient gas visits 2 +...)</i></p>

calcul des émissions de CO₂, CH₄, N₂O et NH₃ par la méthode des rapports de concentration

On fait l'hypothèse que :

$$\text{Perte C} = \text{Emission C-CO}_2 + \text{Emission C-CH}_4$$

et que les émissions sont restées proportionnelles entre elles et proportionnelles aux gradients de concentration. D'où :

$$\text{Emission C-CO}_2 = \text{Perte C} / [1 + (\text{gradient moyen C-CH}_4 / \text{gradient moyen C-CO}_2)]$$

$$\text{Emission C-CH}_4 = \text{Emission C-CO}_2 * (\text{gradient moyen C-CH}_4 / \text{gradient moyen C-CO}_2)$$

$$\text{Emission N-NH}_3 = \text{Emission C-CO}_2 * (\text{gradient moyen N-NH}_3 / \text{gradient moyen C-CO}_2)$$

$$\text{Emission N-N}_2\text{O} = \text{Emission C-CO}_2 * (\text{gradient moyen N-N}_2\text{O} / \text{gradient moyen C-CO}_2)$$

$$\text{Emission H}_2\text{O} = \text{Emission C-CO}_2 * (\text{gradient moyen H}_2\text{O} / \text{gradient moyen C-CO}_2)$$

calculation of the emissions of CO₂, CH₄, N₂O and NH₃ by the method of the reports/ratios of concentration

It is assumed that:

$$\text{Loss C} = \text{Emission C-CO}_2 + \text{Emission C-CH}_4$$

and that the emissions remained proportional between them and proportional to the concentration gradients. Therefore:

$$\text{Emission C-CO}_2 = \text{Perte C} [1 + (\text{average gradient of C-CH}_4 / \text{average gradient C-CO}_2)]$$

$$\text{Emission C-CH}_4 = \text{Emission C-CO}_2 * (\text{average gradient C-CH}_4 / \text{average gradient C-CO}_2)$$

$$\text{Emission NH}_3 = \text{Emission C-CO}_2 * (\text{average gradient NH}_3 / \text{average gradient C-CO}_2)$$

$$\text{Emission N-N}_2\text{O} = \text{Emission C-CO}_2 * (\text{average gradient N-N}_2\text{O} / \text{average gradient C-CO}_2)$$

$$\text{Emission H}_2\text{O} = \text{Emission C-CO}_2 * (\text{average gradient H}_2\text{O} / \text{average gradient C-CO}_2)$$

7.6.5 Contrôles et vérifications (Control and checkout)

Les contrôles sur les éléments non volatils permettent de vérifier si les quantités observées d'éléments en entrée et sortie sont représentatives du lot suivi. Des écarts importants peuvent être observés lorsque soit les entrées sont mal connues (par exemple la composition de l'aliment), soit les prélèvements n'ont pu être représentatifs des effluents (par exemple fond de fosse à lisier inaccessible ou fumier très hétérogène). Dans le cas d'écarts importants sur P et K il est préférable d'utiliser les références nationales ou régionales d'alimentation et de rejets pour estimer les pertes de C et N :

Perte P = 0, si l'échantillonnage de l'effluent est homogène (« échantillonnage parfait ») et si la composition de l'aliment est bien connue.

Perte K = 0, s'il n'y a pas de pertes de liquides par percolation dans l'effluent et si la composition de l'aliment est bien connue.

Le contrôle sur le bilan d'eau peut être effectué lorsque l'on dispose d'une estimation assez précise de l'entrée d'eau. C'est le cas en général

Controls on the nonvolatile elements allow to check if the measured masses of elements in input and output are representative of the observed batch. Important variations can be observed when either the entries are badly known (for example the composition of feed), or samplings could not be representative of manure (for example bottom of a pit with inaccessible slurry or very heterogeneous solid manure). In the case of important variations on P and K it is preferable to use national or regional references of feed and effluents to estimate the losses of C and N:

Perte P = 0, if the sampling of manure is homogeneous ("perfect sampling") and if the composition of feed is well-known.

Perte K = 0, if there are no losses of liquids by lixiviation in manure and if the composition of feed is well-known.

Control of the water budget can be carried out when there are rather accurate estimates of the water input. This is generally the case in animal

des élevages sans accès extérieur (parcours ou pâturage). Dans ce cas la vérification du bilan d'eau indique que les hypothèses sur la proportionnalité des émissions entre elles et des émissions avec les gradients de concentration moyens sont probablement vérifiées :

$$\text{Perte Eau} \leq \text{Emission H}_2\text{O}$$

S'il y a un fort écart entre l'émission d'eau et le défaut de bilan d'eau, il convient d'utiliser avec prudence les émissions d' NH_3 et de GES calculées avec ces observations.

Le contrôle sur le bilan d'azote permet de s'assurer que la représentativité des observations reste acceptable :

$$\text{Perte N} = \text{Emission N-NH}_3 + \text{Emission N-N}_2\text{O} + \text{Emission N-N}_2$$

d'où :

$$\text{Perte N} > \text{Emission N-NH}_3 + \text{Emission N-N}_2\text{O}$$

Les émissions ammoniacales sont souvent plus fortes en fin de lot qu'au début. C'est donc en fin de lot que les mesures sont les plus pertinentes pour s'assurer que les émissions du lot sont effectivement faibles. En revanche, il est possible, dans le cas de fortes émissions ammoniacales, que l'émission journalière dépasse l'apport journalier d'azote excrété. Dans ce cas, l'extrapolation de ces mesures à l'ensemble du lot conduit à une incohérence (émission $\text{N-NH}_3 > N_{\text{ex}}$). On peut alors conclure que le système est fortement émetteur à ce stade (usage qualitatif des mesures) mais on ne peut utiliser ces observations pour calculer l'émission de l'ensemble du lot (usage quantitatif des mesures).

farms without outdoor access (outdoor farming or grazing). In these cases checking the water budget indicates that the assumptions on the proportionality between the emissions and between the emissions and the average concentration gradients are probably checked:

$$\text{Loss Eau} \leq \text{Emission H}_2\text{O}$$

If there is a strong difference between the water emission and the water mass balance deficit, it is recommended to use with prudence the emissions of NH_3 and GHG calculated with these observations.

Control on the nitrogen budget makes it possible to make sure that the representativeness of the observations remains acceptable:

$$\text{Perte N} = \text{Emission N-NH}_3 + \text{Emission N-N}_2\text{O} + \text{Emission N-N}_2$$

therefore:

$$\text{Perte N} > \text{Emission N-NH}_3 + \text{Emission N-N}_2\text{O}$$

The ammoniacal emissions are often higher at the end of the batch than at the beginning. Therefore, measurements done at the end of the batch are more relevant to make sure that the emissions of the batch were indeed low. On the other hand, it is possible, in the case of strong ammoniacal emissions, that the daily ammonia emission exceeds the daily excreted nitrogen. In this case, the extrapolation of these measurements to the whole batch shows inconsistency ($\text{Emission NH}_3 > N_{\text{ex}}$). It can then be concluded that the system has high emissions (qualitative use of measurements) but these observations cannot be used to calculate emissions for the whole batch (quantitative use of measurements).

7.7 Procédure pour la mesure du défaut de bilan de masse d'un bâtiment d'élevage de poules pondeuses (*Guidelines for the measurement of the mass balance deficit of an animal house with laying hens*)

7.7.1 Introduction (Introduction)

7.7.1.1 Objectif (Objective)

L'objectif de ces recommandations est d'indiquer la méthode probablement la plus simple pour mesurer les émissions d'un bâtiment de poules pondeuses.

Faire des mesures en continu au cours de toute une période d'élevage est cher en regard de la valeur de la production animale. Des méthodes peu coûteuses sont nécessaires pour développer rapidement les connaissances sur les émissions, identifier les élevages qui ont déjà des émissions faibles et certifier les réductions d'émission.

Le bilan de matière fournit un outil approprié pour estimer la totalité des pertes gazeuses élémentaires (eau, carbone, azote, etc.) quel que soit le type de bâtiment (ventilé naturellement ou mécaniquement, isolé ou non, gestion liquide ou solide de l'effluent). L'avantage des bâtiments d'élevage de poules pondeuses est que la variabilité temporelle des conditions d'élevage au cours d'une saison est faible en regard de celle qui existe lors de l'élevage d'un lot d'animaux en croissance (volailles de chair).

The objective of these guidelines is to indicate probably the simplest method to quantify the emissions of a laying hen house.

Continuous measurements during the whole period of animal breeding are expensive compared to the value of the animal production. Low-cost methods are necessary to develop knowledge on emissions, identify the animal farms where emissions are already low and certify emission reductions.

The mass balance provides a relevant tool to estimate the total gaseous losses of elements (water, carbon, nitrogen, etc.) whatever the type of building (insulated or not, naturally or mechanically ventilated, liquid or solid management of the manure). The advantage of laying hen houses is that the temporal variability of rearing conditions during one season should be minimal compared to animals reared for meat production.

7.7.1.2 Domaine d'application (Scope)

Ces recommandations sont adaptées aux cas des bâtiments d'élevage de poules pondeuses où les intrants liquides et solides, et les sorties, peuvent être clairement définis. Les périodes de mesure ne devraient pas être trop courtes (au moins plusieurs semaines) de sorte que le défaut de bilan de masse soit plus grand que l'incertitude sur la somme des intrants ou la somme des sorties.

Lors des expériences où des concentrations en gaz sont observées, le bilan de matière peut être soit mesuré soit calculé à partir de références de la production animale (espèces animales, poids, alimentations) et de valeurs de composition de l'effluent représentatives du cas étudié.

Si l'on est dans des conditions habituelles

These guidelines are adapted to cases of laying hen houses where the liquid and solid inputs, and the outputs, can be clearly defined. The measuring periods should not be too short (at least several weeks) so that the mass balance deficit will be higher than the uncertainty of total inputs or outputs.

During the experiments where gas concentrations are observed, the mass balance can be either observed or deduced from references of animal production (animal species, weights, feeds) and of manure composition representative of the studied case.

d'alimentation et de génétique animale, la rétention corporelle et l'excrétion animales peuvent être calculées à l'aide des modèles de la production animale utilisant des données sur les aliments du bétail, la croissance et la production d'oeufs. Quand les intrants du bâtiment et les productions des animaux ne peuvent pas être déduits des modèles, ces recommandations sont utilisables seulement quand il est possible de peser les animaux et de peser et échantillonner les aliments et les effluents.

Les sorties du bâtiment d'élevage (animaux, effluents, oeufs) peuvent se produire une fois ou plusieurs fois selon les pratiques de gestion de l'effluent. Il devrait être possible de prélever toutes les sorties du bâtiment si des analyses sont nécessaires (par exemple pour confirmer des concentrations de l'effluent), et pour les peser, ou pour analyser un traceur conservatif identifié dans les intrants pour estimer la masse d'effluents. Si des analyses d'effluents sont pratiquées, les aliments correspondants devraient être également analysés pour éviter une incertitude trop forte sur le bilan de masse.

La précision des résultats dépendra fortement de la fréquence des observations de gaz. Un biais élevé peut se produire quand les concentrations en gaz observées ne représentent pas bien la variabilité temporelle de ces concentrations entre les observations.

If standard feed and animal genetics are used, the animal retention and excretion can be computed from models of animal production using data on animal feed, growth and egg production. When the inputs of the house and the outputs of animals can not be deduced from models, these guidelines are only adapted when it is possible to weight the animals and weight and sample the effluents.

The outputs of the animal house (animals, eggs, droppings) can occur once or several times depending on the practices of animal and manure management. It should be possible to sample all the outputs of the house if analyses are required (e.g. to confirm concentrations in droppings), and either to weight them, or to analyze a conservative tracer identified in the inputs to estimate the mass of outputs. When effluents are sampled and analyzed, feed should also be sampled and analyzed to avoid a too high uncertainty when calculating the mass balance.

The accuracy of the results will highly depend on the frequency of the gas observations. High bias occur when the observed gas concentrations does not represent well the temporal variability of these concentrations between the observations.

7.7.1.3 Principes (Principles)

D'une part, pendant la production d'oeufs, presque la moitié des intrants en eau et carbone est perdue sous forme gazeuse par le métabolisme respiratoire. D'autre part, le métabolisme des animaux et leur alimentation et l'efficacité de l'eau bue sont fortement reproductibles d'une ferme à l'autre parce qu'ils ont un impact significatif sur le bilan économique et sur le temps de travail de la ferme. Par conséquent, le bilan de matière d'un bâtiment d'élevage de poules pondeuses donné, pendant l'élevage d'un lot d'animaux, devrait soit être déjà connu à partir des données existantes soit être assez facile à évaluer ou à mesurer.

Première étape : bilan de masse

Dans une première étape, le bilan matière est fait pour l'eau, le carbone, l'azote, le phosphore, et le potassium pour les raisons exposées ci-dessous. D'autres éléments ou isotopes peuvent être ajoutés pour vérifier ou préciser les calculs.

On the one hand, during laying hen production, almost half of the inputs of water and carbon are lost as gases through the respiration metabolism. On the other hand, animal metabolism and feed and water efficiency are highly reproducible on a given farm because they have a significant impact on the economical and time budget of the farm. Therefore, the mass balance of a given laying hen house for a given period should be either already known from existing data or rather easy to evaluate or measure.

First step: mass balance

In a first step, the mass balance is done for water, carbon, nitrogen, phosphorous, and potassium for following reasons. Other elements or isotopes can be added to check the calculations or to reduce their uncertainty.

L'effluent est constitué de composés volatils et de composés non volatils. La partie volatile est faite principalement d'eau (O, H), de carbone, et de composés azotés. Les espèces chimiques de ces composés est soit de type minéral (par exemple l'eau, l'ammoniac, l'anhydride carbonique) soit de type organique (par exemple les acides gras volatils, les amines, et autres composés plus ou moins odorants). Les espèces volatiles d'autres éléments (P, K, etc.) ne peuvent pas être exclues, et ces éléments non-volatils peuvent également être perdus sous forme de poussières émises, mais on suppose généralement que les pertes d'éléments non volatils sont négligeables.

Le bilan de matière compare les stocks initiaux et finaux (ou les sommes d'intrants et de sorties). Le bilan de matière est dit « fermé » si les stocks initiaux et finaux sont égaux. Quand il est « ouvert », la différence correspond aux émissions totales, comprenant toutes les espèces organiques et minérales perdues sous forme gazeuse. En raison des incertitudes dans les mesures, le bilan de matière est habituellement « ouvert » même si l'on y inclue des émissions gazeuses observées.

La fermeture du bilan de matière des composés non-volatils indique la qualité de l'échantillonnage, de la conservation, et des méthodes de sous-échantillonnage. Le phosphore est trouvé majoritairement dans la fraction particulaire de l'effluent tandis que le potassium est trouvé majoritairement dans la fraction liquide. L'utilisation de ces deux éléments permet de vérifier si les méthodes d'échantillonnage ont été adaptées pour les deux fractions, ou s'il y avait des pertes de solides ou de lixiviats au cours de la période expérimentale.

Les espèces chimiques concernées par le bilan de matière ou par les émissions sont différentes. L'eau peut être analysée dans les intrants, les sorties et dans l'air. Habituellement, l'émission totale est légèrement plus grande que la différence entre les entrées et les sorties d'eau, en raison de la production d'eau métabolique. Pour le carbone, la majeure partie du carbone est perdue sous forme d'anhydride carbonique dans les systèmes aérobies. Ainsi, l'émission d'anhydride carbonique devrait être légèrement inférieure au déficit de carbone du bilan de matière. Pour l'azote, des échanges de diazote (N_2 , le composant principal de l'atmosphère) ne peuvent pas être mesurés. Les réactions de dénitrification se produisent fréquemment dans des zones anaérobies des effluents d'élevage riches en azote. Elles peuvent mener à des

The manure is composed of either volatile or non volatile compounds. The main volatile part is made of water (O, H), carbon, and nitrogenous compounds. These chemical species of these compounds is either mineral (e.g. water, ammonia, carbon dioxide) or organic (e.g. volatile fatty acids, amines, and other more or less odorous compounds). Volatile species of other elements (P, K, etc.) can not be excluded, and these non-volatile elements can also be lost as particulate matter, but it is generally assumed that losses of non volatile elements are negligible.

The mass balance compares initial and final stocks (or the sums of inputs and outputs). The mass balance is called "closed" if initial and final stocks are equal. When "not closed", the difference corresponds to the bulk emissions, including all organic and mineral species. Because of inaccuracies in measurements, the mass balance is usually "not closed", even if observed gaseous emissions are included.

The closure of the mass balance of non-volatile compounds indicates the quality of sampling, conservation, and subsampling methods. Most of the phosphorous is usually found in the particulate fraction of the manure while potassium is mostly found in the liquid fraction. Using these two elements allows to check whether the sampling procedure was adequate for both fractions, and whether there were specific particulate or leaching losses during the experimental period.

The chemical species concerned by the mass balance or by the emissions are different. For the water, it can be analyzed in the inputs, outputs and in air. Usually, the total emission is slightly higher than the difference between input and output water due to the metabolic water. For the carbon, most of the carbon is lost as carbon dioxide in aerobic systems. So, carbon dioxide emission should be slightly lower than the carbon deficit of the mass balance. For the nitrogen, exchanges of dinitrogen (N_2 , the main component of air) can not be quantified. Denitrification reactions frequently occur in anaerobic zones of animal manure rich in nitrogen. It can lead to significant dinitrogen emissions. When there are significant dinitrogen emissions, nitrous oxide (N_2O , or nitrogen monoxide) is generally also emitted in detectable amounts. In this case, the sum of all observed nitrogenous emissions can be

émissions significatives de diazote. Quand les émissions de diazote sont significatives, le protoxyde d'azote (N₂O) est généralement émis dans des proportions détectables. Dans ces cas, la somme de toutes les émissions azotées observées peut être notablement inférieure au déficit du bilan d'azote.

Par conséquent le bilan de matière de plusieurs composés, associant des composés volatils et des composés non volatils, est présenté comme un outil robuste permettant d'évaluer la validité des mesures d'émission.

Deuxième étape : prélèvements d'air

Dans une deuxième étape l'atmosphère du bâtiment (et l'extérieur au besoin) est soit échantillonnée dans une poche inerte soit analysée directement pour connaître les teneurs en espèces volatiles de carbone, d'eau et d'azote (CO₂, CH₄, H₂O, NH₃, N₂O). La fréquence des mesures dépend de la variabilité temporelle des concentrations en gaz. Si la variabilité quotidienne est élevée, le prélèvement devrait être représentatif des variations quotidiennes, soit en choisissant un moment représentatif de la journée, soit par le prélèvement régulier au cours de la journée. Si l'essentiel de la variabilité se produit entre le début et la fin de bande, quelques dates de prélèvement doivent être programmées pour expliquer cette variabilité.

notably lower than the deficit of the nitrogen balance.

Therefore the mass balance of several compounds, associating volatile and non volatile elements, is described as a tool to discuss the validity of emission measurements.

Second step: air sampling

In a second step the atmosphere within the house (and outside if necessary) is collected in an inert bag or directly analyzed for volatile species of carbon, water and nitrogen (CO₂, CH₄, H₂O, NH₃, N₂O). The frequency of the measurements depends on the temporal variability of the gas concentrations. If the daily variability is quite high, the sampling should be representative of the daily variations, either by choosing a representative moment in the day, or by regular sampling during the day. If most variability occur between the beginning and the end of the flock, some sampling dates should be programmed to account for this variability.

7.7.2 Appareillage (equipment)

- vêtements d'élevage (cotte et bottes jetables ou vêtements spécifiques de l'élevage)
- matériel pour prise de notes
- matériel de nettoyage et désinfection des appareils à l'issue des mesures
- Analyseur de gaz (par exemple analyseur infrarouge photo-acoustique INNOVA® 1312 équipé de filtres CO₂, CO, CH₄, NH₃, N₂O, H₂O)
- 1 sac TEDLAR® pour le prélèvement d'air extérieur
- 1 sac TEDLAR® pour le prélèvement d'air intérieur
- Thermo Hygromètre pour caractériser les conditions de température et d'hygrométrie à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment
- Pompe à air (par exemple aérateur d'aquarium)

- *clothing for animal farm (disposable coat and boots or specific clothing of the animal farm)*
- *material for taking notes*
- *material of cleaning and disinfection of equipment after the measurements*
- *Gas Analyzer (for example infra-red photo-acoustics analyzer INNOVA® 1312 with filters CO₂, CO, CH₄, NH₃, N₂O, H₂O)*
- *1 TEDLAR® bag for the sampling of outside air*
- *1 TEDLAR® bag for the sampling of inside air*
- *Thermo Hygromètre to characterize the temperature and hygrometry inside and outside the house*
- *air pump (for example aerator of aquarium)*
- *Filters (Milipore Millex- HV Hydrophile PVDF 0,45 µm) placed at entry of the sampling system, one for outside and one for the inside air*
- *PTFE tubes to connect filters, bags, pumps and analyzer gas*

<ul style="list-style-type: none"> - Filtres (Milipore Millex- HV Hydrophile PVDF 0,45 µm) placé en entrée du système de prélèvement, un pour extérieur et un pour l'intérieur - Tuyaux PTFE pour raccorder filtres, sacs, pompes et analyseur de gaz - si nécessaire, ajouter le matériel pour les prélèvements d'échantillons d'aliments et d'effluents 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>if necessary, add the material for samplings of feeds and manure</i>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.7.3 Observations (Observations)

<p>Liste des informations nécessaires</p>	<p>List of required informations</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Type de bâtiment - Age des animaux lors des visites - Nombre d'animaux en début et fin de lot et lors des visites - Poids des animaux en début et fin de lot et lors des visites - Nombre d'œufs produits sur la journée - Quantité d'aliment consommée par jour - Quantité d'eau bue par jour - Quantité de litière ajoutée par jour - Quantité d'effluents produits par jour 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Type of house</i> - <i>Age of the animals at the time of the visits</i> - <i>Number of animals at the beginning and at the end of the batch, and at the sampling dates</i> - <i>Weight of the animals at the beginning and at the end of the batch, and at the sampling dates</i> - <i>Daily production of eggs</i> - <i>Quantity of feed consumed per day</i> - <i>Water quantity drunk per day</i> - <i>Quantity of litter added per day</i> - <i>Manure quantity produced per day</i>
<p>Précautions générales d'utilisation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dans le cas où les animaux ne restent que quelques heures par jour en bâtiment, il est préférable de réaliser le prélèvement d'air au minimum 1h30 après l'entrée des animaux - Effectuer le prélèvement d'air de manière à être dans de l'aire de vie des animaux - Le prélèvement devant être homogène, effectuer un circuit dans tout le bâtiment (aire de couchage, de déjection, d'alimentation, d'abreuvement) - Lors du prélèvement extérieur, éviter toute source d'altération (passage à proximité de fosse à lisier, fumière, ventilateur en marche, tracteur en marche, feu, etc.) - Entre 2 visites d'élevage, rincer les 2 sacs TEDLAR® avec de l'air peu concentré pour diminuer au maximum la présence de résidus dans le sac, vérifier avec l'analyseur que les mesures sont faibles 	<p>General precautions of use</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>If the animals remain only a few hours per day in the house, it is preferable to sample the air at least 1:30 after the entry of the animals</i> - <i>sample the air so as to be within the volume of life of the animals</i> - <i>Sampling having to be homogeneous, carry out a circuit in all the house (lying area, excreting area, feeding area, watering area)</i> - <i>when sampling outside, avoid any source of gas contamination (passage near pit with slurry, dunghill, ventilator moving, tractor moving, fire, etc)</i> - <i>Between 2 visits of animal farm, rinse the 2 TEDLAR® bags with air with low concentrations to decrease to the maximum the presence of residues in the bag, check with the analyzer that measurements are low.</i> - <i>In the case of closed buildings, the air inside animal housings is particularly wet in winter, there is consequently a risk of water</i>

- Dans le cas des bâtiments fermés, l'air intérieur des bâtiments d'élevage est humide en particulier en hiver, il y a par conséquent un **risque de condensation d'eau à l'intérieur des équipements électroniques lorsque ceux-ci sont équipés d'un système de refroidissement par ventilation et qu'ils sont froids**, par exemple après un transport en hiver ; il peut être alors nécessaire de réchauffer ces appareils avant de les allumer.

Fréquence des prélèvements

Les émissions étant calculées journalièrement, un **seul prélèvement suffit pour effectuer une estimation**. Mais la durée d'élevage étant importante, et l'effet des saisons pouvant être significatif, il est préférable d'intervenir à plusieurs reprises pour déterminer les émissions gazeuses à différents stades d'élevage et pour différentes conditions climatiques.

Prélèvements d'air sur le terrain

- Installation du matériel dans le sas du bâtiment d'élevage
- Paramétrage de l'analyseur
 - o Démarrer l'analyseur
 - o Effectuer une mesure de température dans le sas via le thermo hygromètre
 - o Enregistrer cette valeur dans l'analyseur
 - o Lancer le menu de mesure de l'analyseur afin que sa température interne s'équilibre
- Prélèvement d'air extérieur
 - o S'équiper de la pompe à air, du sac TEDLAR® prélèvement extérieur et du thermo hygromètre
 - o En restant sur place, commencer à remplir le sac TEDLAR® avec l'air extérieur pendant 3 à 5 minutes
 - o Arrêter la pompe, et vider le sac TEDLAR®, vérifier que les mesures de température et hygrométrie sont stables, sinon attendre quelques minutes
 - o Effectuer le prélèvement d'air en contournant le bâtiment d'élevage

condensation inside the electronic equipments when they are cooled by ventilation and when they are cold, for example after a transport in winter; it can therefore be necessary to heat such equipment before turning them on.

Frequency of samplings

*The emissions being calculated on a daily time step, **only one sampling is enough to carry out an estimate**. But duration of animal rearing being important, and as the effect of the seasons can be significant, it is preferable to carry out several samplings to determine the gas emissions at various stages of animal rearing and for various climatic conditions.*

Sampling air on the field

- *Installation of the material in the hopper of the animal housing*
- *Parameter setting of the analyzer*
 - o *start the analyzer*
 - o *measure the temperature in the hopper via the thermo hygrometer*
 - o *record this value in the analyzer*
 - o *start the measurements with the analyzer so that its internal temperature reach an equilibrium*
- *Sampling of outside air*
 - o *take the air pump, the TEDLAR® bag for outside sampling and the thermo hygrometer*
 - o *while remaining on the same place, start to fill the TEDLAR® bag with the air outside during 3 to 5 minutes*
 - o *stop the pump, and empty the TEDLAR® bag, check that the thermo hygrometer has stabilized, wait some minutes if not*
 - o *sample the air by circumventing the animal housing*
 - o *meanwhile record hygrometry and temperature measurements (3 to 5)*
 - o *once completed, close the bag before*

<ul style="list-style-type: none"> o En même temps effectuer des mesures de température et d'hygrométrie (3 à 5) o Une fois terminé, fermer le sac avant de le décrocher de la pompe o Brancher le sac TEDLAR® sur l'analyseur pour effectuer l'analyse de l'échantillon <p>- Prélèvement d'air intérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> o Effectuer les mêmes opérations que pour le prélèvement extérieur en utilisant le sac TEDLAR® adéquat o (l'étape « remplissage du sac 3 à 5 minutes » est à effectuer dans le bâtiment, la durée peut être de 20 minutes environ selon la taille du bâtiment) <p>- Analyse des échantillons</p> <ul style="list-style-type: none"> o Brancher le sac TEDLAR® sur l'analyseur o Ouvrir le sac TEDLAR® o Ne pas noter les premières valeurs données, attendre la stabilisation des concentrations pour enregistrer les mesures o Noter les 10 valeurs suivantes o Débrancher le sac TEDLAR® o Vider le sac TEDLAR® 	<p><i>disconnecting the pump</i></p> <p><i>O connect the TEDLAR® bag to the analyzer to analyse the sample</i></p> <p>- <i>Sampling of inside air</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>O carry on same operations as for outside sampling by using adequate TEDLAR® bag</i> <i>O (the stage "filling of bag 3 to 5 minutes" is to be carried out in all the house, so it may take around 20 minutes depending on its size)</i> <p>- <i>Analysis of the samples</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>O connect the TEDLAR® bag to the analyzer</i> <i>O open the TEDLAR® bag</i> <i>O do not note the first values given, but await the stabilization of the concentrations to record measurements</i> <i>O record the 10 following values</i> <i>O disconnect the TEDLAR® bag</i> <i>O empty the TEDLAR® bag</i>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.7.4 Calculs (Calculations)

<p>Généralités</p> <p>Le calcul est basé sur la mesure des gradients de concentration en gaz et sur la connaissance des défauts de bilan calculés sur les solides et liquides. La forme générale d'un défaut de bilan calculé pour une période donnée est la suivante :</p>	<p>General information</p> <p><i>Calculation is based on measurements of the gas concentration gradients and on the knowledge of the mass balance deficits calculated on the solids and liquids. The general form of a deficit of the mass balance calculated for a given period is the following one:</i></p>
<p>[41] $\text{Perte}_E = (M_i^h \times E_i^h + M_a^h \times E_a^h + N_b \times E_{ex} - M_f^h \times E_f^h - M_e^h \times E_e^h) / (M_i^h \times E_i^h + M_a^h \times E_a^h + E_{ex})$</p>	
<p>où :</p> <p>Perte_E est la perte relative d'un élément E (l'abattement en pourcentage de la quantité apportée),</p> <p>les indices i et f correspondent aux dates initiale et finale de la période de mesure ; s'il s'agit de la</p>	<p>where:</p> <p><i>Perte_E is the relative loss of an element E (abattement expressed as a percentage of the input quantity),</i></p> <p><i>indices i and f correspond to the initial and final dates of the period of measurement ; when it is</i></p>

période d'élevage habituelle de poules pondeuses, on peut alors utiliser des références régionales ou nationales pour l'aliment entrant et l'effluent sortant,

l'exposant s correspond au produit sec et l'exposant h au produit humide,

M_i^h et M_f^h les masses totales de fumier (ou fientes) brut initiale et finale,

M_a^h et M_e^h les masses de litière neuve apportée et de fumier (ou fientes) enlevé,

Nb, le nombre d'animaux de la salle considérée,

E_i^h et E_f^h , les teneurs de l'élément E initiale et finale mesurées sur le produit brut, E_{ex} , la quantité d'élément E excrétée par volaille, E_a^h et E_e^h , les teneurs en E de la litière neuve et du fumier (ou fientes) enlevé en cours de période, mesurées sur le produit ou issues de références nationales ou régionales. Pour le P et le K, les références peuvent être exprimées en P_2O_5 et en K_2O . Dans ce cas on convertit 1 kg de P en 2,3 kg de P_2O_5 [$2,3 = (31*2 + 16*5)/(31*2)$] et 1 kg de K en 1,2 kg de K_2O [$1,2 = (39*2 + 16)/(39*2)$].

Les quantités excrétées sont calculées de la façon suivante.

Pour l'azote :

$$N_{ex} = N_{ing} - N_{retenu}$$

où N_{ing} est la quantité d'azote ingérée par volaille, le mode de calcul de N_{retenu} est indiqué ci-dessous, il est calculé en utilisant PV le poids vif moyen des volailles. La mortalité animale est négligée au pas de temps journalier.

Pour le phosphore :

$$P_{ex} = P_{ing} - P_{retenu}$$

où P_{ing} est la quantité de phosphore ingérée par volaille, P_{retenu} est la quantité retenue dans la masse corporelle de l'animal, les calculs sont indiqués ci-dessous.

Pour le potassium (en kg K/volaille) :

the usual period of animal rearing of laying hens, regional or national references can be used for feed input and manure output,

the superscript s corresponds to the dry product and the superscript h to the wet product,

M_i^h and M_f^h are the initial and final total masses of raw solid manure (or droppings),

M_a^h and M_e^h are the masses of the fresh litter added and of the removed solid manure (or droppings),

Nb, the number of animals in the room considered,

*E_i^h and E_f^h , initial and final contents of the element E measured on the raw product, E_{ex} , the quantity of element E excreted by poultry, E_a^h and E_e^h , the E contents of the fresh litter and the solid manure (or droppings) removed during the period; these contents can be either measured on the product or can be deduced from national or regional references. For P and K, the references can be expressed in P_2O_5 and K_2O . In this case one converts 1 kg of P into 2,3 kg of P_2O_5 [$2,3 = (31*2 + 16*5)/(31*2)$] and 1 kg of K in 1,2 kg of K_2O [$1,2 = (39*2 + 16)/(39*2)$].*

The excreted quantities are calculated in the following way.

For nitrogen:

$$N_{ex} = N_{ing} - N_{retenu}$$

where N_{ing} is the quantity of nitrogen introduced by poultry, the calculation of N_{retenu} is indicated below, it is calculated from PV, the average live weight of the poultry. Died animals are neglected at the daily time step.

For phosphorus:

$$P_{ex} = P_{ing} - P_{retenu}$$

where P_{ing} is the quantity of phosphorus eaten by poultry, P_{retenu} is the quantity retained in the body mass of the animal, calculations are indicated below.

For potassium (in kg K/poultry):

$$K_{ex} = K_{ing} - K_{retenu}$$

where K_{ing} is the quantity of potassium eaten by the poultry, K_{retenu} is the quantity retained in the

<p>$K_{ex} = K_{ing} - K_{retenu}$</p> <p>où K_{ing} est la quantité de potassium ingérée par volaille, K_{retenu} est la quantité retenue dans la masse corporelle de l'animal, les calculs sont indiqués ci-dessous.</p> <p>Perte d'eau</p>	<p><i>body mass of the animal, calculations are indicated below.</i></p> <p>Water loss</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

[42] Perte eau (*Water loss*) = entrée eau - sortie eau

<p>Avec « entrée eau » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - eau contenue dans l'alimentation (masse apportée par jour) (kg/j) : masse aliment consommé – (masse aliment consommé * MS aliment) - eau bue sur une journée (litres/j) : relevé d'élevage (compteur d'eau) ou estimé par le ratio eau/aliment ; on peut accroître cette quantité de 5% pour tenir compte de l'eau métabolique, c'est-à-dire celle produite lors de la dégradation de la matière sèche des aliments et qui ne vient ni de l'eau bue ni de l'eau liquide contenue dans les aliments. On dispose ainsi d'une estimation faible (sans eau métabolique) et d'une estimation haute (avec eau métabolique) de la perte d'eau. - eau contenue dans la litière (apport moyen par jour) (kg/j) : masse litière apportée – (masse litière apportée * MS litière) - eau contenue dans les animaux en début de journée (kg) : estimée à 65% PV <p>Avec « sortie eau » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - eau contenue dans l'effluent produit sur une journée d'élevage (kg/j) : masse effluent produit – (masse effluent produit * MS effluent) - eau contenue dans les animaux en fin de journée (kg) estimée à 65% du poids vif (PV) - eau contenue dans les œufs produits (kg/j) : poids d'œufs produits * teneur eau (740 g eau/kg œufs) <p>Perte de carbone</p> <p>Comme l'analyse du carbone total, organique et inorganique, dans les échantillons frais est coûteuse, on estime ici le carbone par la moitié de la matière sèche ; cette hypothèse est acceptable</p>	<p><i>With "entrée eau" = sum of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>water contained in the feed (mass input during one day) (kg/d): mass feed consumed - (mass feed consumed * MS feed)</i> - <i>water drunk during one day (liters/d): local measurement of animal farm (water flowmeter) or estimated from the water:feed ratio; one can increase this quantity by 5% to take account of metabolic water, i.e. that produced during the degradation of the dry matter of the feeds and which comes neither from the drunk water nor from the liquid water contained in feeds. One has thus both a low estimate (without metabolic water) and a high estimate (with metabolic water) of the water loss.</i> - <i>water contained in the litter (average addition per day) (kg/d): mass litter input - (mass litter input * MS litter)</i> - <i>water contained in the animals at the beginning of the day (kg) estimated from 65% of the live weight (PV)</i> <p><i>With "sortie eau" = sum of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>water contained in the manure produced each day (kg/d): mass of effluent produced - (mass of effluent produced * MS manure)</i> - <i>water contained in the animals at the end of the day (kg) estimated at 65% of the live weight (PV)</i> - <i>water contained in the produced eggs (kg/d): weight of produced eggs * water content (740 g water/kg eggs)</i> <p>Carbon loss</p> <p><i>As the analysis of total organic and inorganic carbon in wet samples is expensive, carbon is estimated here from half of the dry matter; this assumption is acceptable for fresh organic matter (case excretion or feeds) and it becomes less acceptable with more and more composted</i></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

pour des matières organiques fraîches (cas des fèces ou des aliments) et le devient de moins en moins à mesure du compostage en raison de l'accumulation des matières minérales non volatiles au détriment des éléments volatiles (C, H, O, N) : $C = MS / 2$

products because of the accumulation of the nonvolatile mineral matters to the detriment of the volatile elements (C, H, O, N): $C = MS/2$

[43] Perte carbone = entrée carbone – sortie carbone

Avec « entrée carbone » = somme de :

- carbone contenu dans l'alimentation quotidienne (kg/j) : masse aliment consommé * teneur C (ou calculé à partir de MS/2)
- carbone contenu dans la litière (apport moyen par jour) (kg/j) : masse litière apportée * teneur C (ou calculé à partir de MO/2)
- carbone contenu dans les animaux en début de journée (kg) : PV animaux * teneur C (ou calculé à partir de MS/2 = 175 g C/kg PV)

Avec « sortie carbone » = somme de :

- carbone contenu dans l'effluent produit sur une journée d'élevage (kg/j) : masse effluent produit * teneur C (ou calculé à partir de MS/2)
- carbone contenu dans les animaux en fin de journée (kg) : PV animaux * teneur C (ou calculé à partir de MS/2 = 175 g C/kg PV)
- carbone contenu dans les œufs produits (kg/j) : poids d'œufs produits * teneur carbone (ou calculé à partir de MS/2 = 130 g C/kg œufs)

With "entrée carbone" = sum of:

- *carbon contained in the daily feed input (kg/d): mass feed consumed * C content (calculated from MS/2)*
- *carbon contained in the litter (average daily addition) (kg/d): mass litter input * C content (calculated from MO/2)*
- *carbon contained in the animals at the beginning of the day (kg): PV animals * C content (calculated from MS/2 = 175 g C/kg PV)*

With "sortie carbone" = sum of:

- *carbon contained in the manure produced each day (kg/d): mass manure produced * C content (calculated from MS/2)*
- *carbon contained in the animals at the end of the day (kg): PV animals * C content (calculated from MS/2 = 175 g C/kg PV)*
- *carbon contained in the daily production of eggs (kg/d): egg daily production * C content (calculated from MS/2 = 130 g C/kg eggs)*

Perte d'azote :

Nitrogen loss

[44] Perte azote = entrée azote – sortie azote

Avec « entrée azote » = somme de :

- azote contenu dans l'aliment apporté par jour (kg/j) : masse aliment * teneur azote aliment
- azote contenu dans la litière (apport moyen par jour) (kg/j) : masse litière apportée * teneur azote litière
- azote contenu dans les animaux en début de journée (kg) : PV des animaux * teneur azote animaux (17,4 g N/kg PV)

With "entrée azote" = sum of:

- *nitrogen contained in the daily feed input (kg/d): mass feed consumed * N content of feed*
- *nitrogen contained in the litter (average daily addition) (kg/d): mass litter input * nitrogen content of litter*
- *nitrogen contained in the animals at the beginning of the day (kg): PV animals * nitrogen content of animals (17,4 g N/kg PV)*

Avec « sortie azote » = somme de :

- azote contenu dans l'effluent produit sur une journée d'élevage (kg/j) : masse effluent produit * teneur azote effluent

With "sortie azote" = sum of:

- *nitrogen contained in the manure produced each day (kg/d): mass manure produced * nitrogen content in manure*

<ul style="list-style-type: none"> - azote contenu dans les animaux en fin de journée (kg) : PV des animaux * teneur azote animaux (17,4 g N/kg PV) - azote contenu dans les œufs produits par jour (kg/j) : poids d'œufs produits * teneur azote (19,7 g N/kg œufs) 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>nitrogen contained in the animals at the end of the day (kg): PV animals * nitrogen content of animals (17,4 g N/kg PV)</i> - <i>nitrogen contained in the daily production of eggs (kg/d): mass of egg daily production * nitrogen content of eggs (19,7 g N/kg eggs)</i>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Perte de phosphore :	Phosphorus loss
-----------------------------	------------------------

[45] entrée phosphore - sortie phosphore = Perte phosphore

<p>Avec « entrée phosphore » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - phosphore contenu dans la litière (apport moyen par jour) (kg/j) : masse litière apportée * teneur phosphore litière - phosphore contenu dans l'aliment apporté par jour (kg/j) : masse aliment * teneur phosphore aliment - phosphore contenu dans les animaux en début de journée (kg) : PV des animaux * teneur phosphore animaux (2,15 g P/kg PV) <p>Avec « sortie phosphore » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - phosphore contenu dans l'effluent produit sur une journée d'élevage (kg/j) : masse effluent produit * teneur phosphore effluent - phosphore contenu dans les animaux en fin de journée (kg) : PV des animaux * teneur phosphore animaux (2,15 g P/kg PV) - phosphore contenu dans les œufs produits par jour (kg/j) : poids d'œufs produits * teneur phosphore (2 g P/kg œufs) 	<p>With "entrée phosphore" = sum of:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>phosphorus contained in the litter (average daily addition) (kg/d): mass of added fresh litter * phosphorus content in litter</i> - <i>phosphorus contained in the daily feed input (kg/d): mass feed consumed * phosphorus content of feed</i> - <i>phosphorus contained in the animals at the beginning of the day (kg): PV animals * phosphorus content of animals (2,15 g P/kg PV)</i> <p>With "sortie phosphore" = sum of:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>phosphorus contained in the manure produced each day (kg/d): mass manure produced * phosphorus content in manure</i> - <i>phosphorus contained in the animals at the end of the day (kg): PV animals * phosphorus content of animals (2,15 g P/kg PV)</i> - <i>phosphorus contained in the daily production of eggs (kg/d): mass of daily egg production * phosphorus content of eggs (2 g P/kg eggs)</i>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Perte de potassium :	Potassium loss
-----------------------------	-----------------------

[46] Perte potassium = entrée potassium - sortie potassium

<p>Avec « entrée potassium » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - potassium contenu dans la litière (apport moyen par jour) (kg/j) : masse litière apportée * teneur potassium litière - potassium contenu dans l'aliment apporté par jour (kg/j) : masse aliment * teneur potassium aliment - potassium contenu dans les animaux en début de journée (kg) : PV des animaux * teneur potassium animaux (1,2 g K/kg PV) 	<p>With "entrée potassium" = sum of:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>potassium contained in the litter (average daily addition) (kg/d): mass fresh litter added * potassium content in litter</i> - <i>potassium contained in the daily feed input (kg/d): mass feed consumed * potassium content in feed</i> - <i>potassium contained in the animals at the beginning of the day (kg): PV animals * potassium content of animals (1,2 g K/kg PV)</i>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Avec « sortie potassium » = somme de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - potassium contenu dans l'effluent produit sur une journée d'élevage (kg/j) : masse effluent produit * teneur potassium effluent - potassium contenu dans les animaux en fin de journée (kg) : PV des animaux * teneur potassium animaux (1,2 g K/kg PV) - potassium contenu dans les œufs produits par jour (kg/j) : poids d'œufs produits * teneur potassium (1,4 g K/kg œufs) 	<p>With "sortie potassium" = sum of:</p> <ul style="list-style-type: none"> - potassium contained in the manure produced each day (kg/d): mass manure produced * potassium content in manure - potassium contained in the animals at the end of the day (kg): PV animals * potassium content of animals (1,2 g K/kg PV) - potassium contained in the daily production of eggs (kg/d): mass of daily egg production * potassium content of eggs (1,4 g P/kg eggs)
<p>Conversion des concentrations gazeuses mesurées en ppm en mg.m⁻³</p> <p>Les concentrations gazeuses données par l'analyseur de gaz sont fréquemment exprimées en partie par millions (ppm). Pour leur utilisation présente, il convient de les convertir en mg/m³ avec la formule suivante :</p> <p>Concentration en mg/m³ = (Concentration en ppm * masse moléculaire gaz)/24,45</p> <p>Masse Moléculaire CO₂ : 44 g.mol⁻¹</p> <p>Masse Moléculaire CH₄ : 16 g.mol⁻¹</p> <p>Masse Moléculaire N₂O : 44 g.mol⁻¹</p> <p>Masse Moléculaire NH₃ : 17 g.mol⁻¹</p> <p>Masse Moléculaire H₂O : 18 g.mol⁻¹</p> <p>Les concentrations en CO₂, CH₄, N₂O et NH₃ obtenues doivent également être converties en C-CO₂, C-CH₄, N-N₂O et N-NH₃ via l'application d'un facteur respectif de 12/44, 12/16, 28/44 et 14/17 (rapports entre les masses moléculaires pour les différentes espèces chimiques).</p> <p>Calcul des gradients gazeux (exprimés en mg gaz. m⁻³ air humide)</p> <p>Après conversion des mesures brutes de concentration, on calcule les médianes des concentrations gazeuses intérieures et extérieures relevées pour chaque gaz.</p> <p>On en déduit :</p> <p>Gradient gaz = médiane concentration intérieure gaz – médiane concentration extérieure gaz</p> <p>Dans le cas où plusieurs jours de mesure sont utilisés :</p>	<p>Conversion of the gas concentrations measured in ppm into mg.m⁻³</p> <p>The gas concentrations given by the gas analyzer are frequently expressed in parts per million (ppm). For the present use, they should be converted into mg/m³ with the following formula:</p> <p>Concentration in mg/m³ = (Concentration in ppm * molecular mass gas) /24,45</p> <p>Molecular mass CO₂: 44 g.mol⁻¹</p> <p>Molecular mass CH₄: 16 g.mol⁻¹</p> <p>Molecular mass N₂O: 44 g.mol⁻¹</p> <p>Molecular mass NH₃: 17 g.mol⁻¹</p> <p>Molecular mass H₂O: 18 g.mol⁻¹</p> <p>The concentrations in CO₂, CH₄, N₂O and NH₃ obtained must also be converted into C-CO₂, C-CH₄, N-N₂O and N-NH₃ using respective factor of 12/44, 12/16, 28/44 and 14/17 (relationship between the molecular masses for the various chemical species).</p> <p>Calculation of the gas gradients (expressed out of Mg gas. m³ humid air)</p> <p>After conversion of raw measurements into concentrations, the medians are calculated for both inside and outside gas concentrations recorded for each gas.</p> <p>The gradient is deduced:</p> <p>Gas gradient = median of inside gas concentration - median of outside gas concentration</p> <p>If several days of measurement are used:</p>

<p>Gradient gaz moyen = moyenne (gradient gaz visite 1 + gradient gaz visite 2 + ...)</p> <p>calcul des émissions de CO₂, CH₄, N₂O et NH₃ par la méthode des rapports de concentration</p> <p>On fait l'hypothèse que :</p> <p>Perte C = Emission C-CO₂ + Emission C-CH₄</p> <p>et que les émissions sont restées proportionnelles entre elles et proportionnelles aux gradients de concentration. D'où :</p> <p>Emission C-CO₂ = Perte C / [1 + (gradient moyen C-CH₄/ gradient moyen C-CO₂)]</p> <p>Emission C-CH₄ = Emission C-CO₂ * (gradient moyen C-CH₄/ gradient moyen C-CO₂)</p> <p>Emission N-NH₃ = Emission C-CO₂ * (gradient moyen N-NH₃/ gradient moyen C-CO₂)</p> <p>Emission N-N₂O = Emission C-CO₂ * (gradient moyen N-N₂O/ gradient moyen C-CO₂)</p> <p>Emission H₂O = Emission C-CO₂ * (gradient moyen H₂O/ gradient moyen C-CO₂)</p>	<p><i>Gradient average gas = average (gradient gas visits 1 + gradient gas visits 2 +...)</i></p> <p>calculation of the emissions of CO₂, CH₄, N₂O and NH₃ by the method of the reports/ratios of concentration</p> <p><i>It is assumed that:</i></p> <p><i>Loss C = Emission C-CO₂ + Emission C-CH₄</i></p> <p><i>and that the emissions remained proportional between them and proportional to the concentration gradients. Therefore:</i></p> <p><i>Emission C-CO₂ = Perte C [1 + (average gradient of C-CH₄/average gradient C-CO₂)]</i></p> <p><i>Emission C-CH₄ = Emission C-CO₂ * (average gradient C-CH₄/average gradient C-CO₂)</i></p> <p><i>Emission NH₃ = Emission C-CO₂ * (average gradient NH₃ average gradient C-CO₂)</i></p> <p><i>Emission N-N₂O = Emission C-CO₂ * (average gradient N-N₂O/average gradient C-CO₂)</i></p> <p><i>Emission H₂O = Emission C-CO₂ * (average gradient H₂O/average gradient C-CO₂)</i></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.7.5 Contrôles et vérifications (Control and checkout)

<p>Les contrôles sur les éléments non volatils permettent de vérifier si les quantités observées d'éléments en entrée et sortie sont représentatives du lot suivi. Des écarts importants peuvent être observés lorsque soit les entrées sont mal connues (par exemple la composition de l'aliment), soit les prélèvements n'ont pu être représentatifs des effluents (par exemple fond de fosse à lisier inaccessible ou fumier très hétérogène). Dans le cas d'écarts importants sur P et K il est préférable d'utiliser les références nationales ou régionales d'alimentation et de rejets pour estimer les pertes de C et N :</p> <p>Perte P = 0, si l'échantillonnage de l'effluent est homogène (« échantillonnage parfait ») et si la composition de l'aliment est bien connue.</p> <p>Perte K = 0, s'il n'y a pas de pertes de liquides par percolation dans l'effluent et si la composition de l'aliment est bien connue.</p> <p>Le contrôle sur le bilan d'eau peut être effectué</p>	<p><i>Controls on the nonvolatile elements allow to check if the measured masses of elements in input and output are representative of the observed batch. Important variations can be observed when either the entries are badly known (for example the composition of feed), or samplings could not be representative of manure (for example bottom of a pit with inaccessible slurry or very heterogeneous solid manure). In the case of important variations on P and K it is preferable to use national or regional references of feed and effluents to estimate the losses of C and N:</i></p> <p><i>Perte P = 0, if the sampling of manure is homogeneous ("perfect sampling") and if the composition of feed is well-known.</i></p> <p><i>Perte K = 0, if there are no losses of liquids by lixiviation in manure and if the composition of feed is well-known.</i></p> <p><i>Control of the water budget can be carried out</i></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

lorsque l'on dispose d'une estimation assez précise de l'entrée d'eau. C'est le cas en général des élevages sans accès extérieur (parcours ou pâturage). Dans ce cas la vérification du bilan d'eau indique que les hypothèses sur la proportionnalité des émissions entre elles et des émissions avec les gradients de concentration moyens sont probablement vérifiées :

$$\text{Perte Eau} \leq \text{Emission H}_2\text{O}$$

S'il y a un fort écart entre l'émission d'eau et le défaut de bilan d'eau, il convient d'utiliser avec prudence les émissions d' NH_3 et de GES calculées avec ces observations.

Le contrôle sur le bilan d'azote permet de s'assurer que la représentativité des observations reste acceptable :

$$\text{Perte N} = \text{Emission N-NH}_3 + \text{Emission N-N}_2\text{O} + \text{Emission N-N}_2$$

d'où :

$$\text{Perte N} > \text{Emission N-NH}_3 + \text{Emission N-N}_2\text{O}$$

Les émissions ammoniacales sont souvent plus fortes en fin de lot qu'au début. C'est donc en fin de lot que les mesures sont les plus pertinentes pour s'assurer que les émissions du lot sont effectivement faibles. En revanche, il est possible, dans le cas de fortes émissions ammoniacales, que l'émission journalière dépasse l'apport journalier d'azote excrété. Dans ce cas, l'extrapolation de ces mesures à l'ensemble du lot conduit à une incohérence (émission $\text{N-NH}_3 > N_{\text{ex}}$). On peut alors conclure que le système est fortement émetteur à ce stade (usage qualitatif des mesures) mais on ne peut utiliser ces observations pour calculer l'émission de l'ensemble du lot (usage quantitatif des mesures).

when there are rather accurate estimates of the water input. This is generally the case in animal farms without outdoor access (outdoor farming or grazing). In these cases checking the water budget indicates that the assumptions on the proportionality between the emissions and between the emissions and the average concentration gradients are probably checked:

$$\text{Loss Eau} \leq \text{Emission H}_2\text{O}$$

If there is a strong difference between the water emission and the water mass balance deficit, it is recommended to use with prudence the emissions of NH_3 and GHG calculated with these observations.

Control on the nitrogen budget makes it possible to make sure that the representativeness of the observations remains acceptable:

$$\text{Perte N} = \text{Emission N-NH}_3 + \text{Emission N-N}_2\text{O} + \text{Emission N-N}_2$$

therefore:

$$\text{Perte N} > \text{Emission N-NH}_3 + \text{Emission N-N}_2\text{O}$$

The ammoniacal emissions are often higher at the end of the batch than at the beginning. Therefore, measurements done at the end of the batch are more relevant to make sure that the emissions of the batch were indeed low. On the other hand, it is possible, in the case of strong ammoniacal emissions, that the daily ammonia emission exceeds the daily excreted nitrogen. In this case, the extrapolation of these measurements to the whole batch shows inconsistency ($\text{Emission NH}_3 > N_{\text{ex}}$). It can then be concluded that the system has high emissions (qualitative use of measurements) but these observations cannot be used to calculate emissions for the whole batch (quantitative use of measurements).

7.8 Procédure pour la mesure du défaut de bilan de masse d'un bâtiment d'élevage de vaches laitières (*Guidelines for the measurement of the mass balance deficit of an animal house with dairy cows*)

7.8.1 Introduction (Introduction)

7.8.1.1 Objectif (Objective)

Dans la plupart des cas où les émissions de la production animale doivent être réduites, elles représentent une quantité significative des intrants totaux du système. Les mesures continues au cours de toute la période d'élevage sont chères. C'est le cas, en particulier, des bâtiments à ventilation naturelle qui sont couramment employés lorsque les conditions climatiques conviennent toute l'année aux animaux, par exemple pour les bovins en France. Des méthodes peu coûteuses sont nécessaires pour développer rapidement les connaissances sur les émissions, identifier les élevage qui ont déjà des émissions faibles et certifier les réductions d'émission. Le bilan de masse fournit un outil approprié pour estimer les pertes gazeuses élémentaires totales (eau, carbone, azote, etc.) et pour les comparer aux mesures d'émissions gazeuses.

Dans le cas des bâtiments d'élevage, les masses d'intrants solides et liquides peuvent être certifiées (poids d'animaux, de nourriture, d'eau, et de litière). Le bilan de masse du système peut fournir des contraintes physiques réalistes pour vérifier les mesures d'émission. Par conséquent il peut être employé dans un processus d'assurance qualité (QA/QC).

L'objectif de ces recommandations est de proposer des outils qui devraient être utilisables pour calculer le bilan de masse de la plupart des bâtiments de vaches laitières.

In most cases where emissions from animal production have to be reduced, they represent a significant amount of the total input of the system. Continuous measurements during the whole period of animal rearing are expensive. Particularly in the case of naturally ventilated housing, that is widely used in all regions where the climate suits to the animals throughout the year, that is the case of cattle in France. Low-cost methods are necessary to develop knowledge on emissions, identify the animal farms where emissions are already low and certify emission reductions. The mass balance provides a relevant tool to estimate the total gaseous losses of elements (water, carbon, nitrogen, etc.) and compare it to the measurements of gaseous emissions.

In the case of animal houses, mass inputs can be ascertained (weight of animals, food, water, and litter). The mass budget of the system can provide realistic physical constraints to control the emission estimates. Therefore it can be used in the QA/QC process.

The objective of these guidelines is to propose tools that should apply to the mass balance of most dairy cows' buildings.

7.8.1.2 Domaine d'application (Scope)

Ces recommandations s'appliquent à tous les bâtiments d'élevage où les intrants et les sorties peuvent être clairement définis.

C'est le cas de toutes les élevages hors-sol (CAFO) où l'alimentation est préparée à l'extérieur du bâtiment, les animaux entrent et sortent du bâtiment à des poids définis, l'effluent est collecté

These guidelines apply to all animal houses where inputs and outputs can be clearly defined.

It is the case of all concentrated animal feeding operations (CAFO) where feed is prepared outside the building, animals come in the house and go out at defined weights, manure is collected

dans le bâtiment. Dans les bâtiments où l'effluent est retiré fréquemment (par exemple par des raclages ou chasses d'eau fréquents), le système peut être réduit à un bâtiment contenant seulement des animaux.

Ce n'est pas le cas quand une quantité significative d'aliment ou d'effluent est mal connue, par exemple dans les systèmes avec pâturage, à moins que des modèles ne prévoient des valeurs représentatives d'excrétion à partir de données sur les animaux, leurs performances de production et le type d'aliment. Par conséquent, une modélisation est incluse dans ces recommandations.

Le bilan de matière peut être appliqué soit à des valeurs observées, spécifiques du système considéré pour la mesure des émissions, soit à des valeurs de référence, représentatives de la catégorie de bâtiment d'élevage à laquelle le système appartient. Lorsque l'on utilise des références plutôt que des observations, la représentativité peut être vérifiée en comparant la composition d'un échantillon effluent et d'un échantillon d'aliment aux références.

Des similitudes de composition des effluents, des aliments et des animaux ne signifie pas que les émissions sont voisines. Par exemple, dans le cas des systèmes de fumier en France, on peut observer des pertes semblables d'azote dans les fermes commerciales, sur la base de l'analyse des effluents produits, alors que les émissions d'ammoniac et de protoxyde d'azote peuvent être beaucoup plus variables (CORPEN, 2003).

within the house. In houses where excretion is immediately removed (e.g. through frequent washing or scraping), the system can be reduced to a house with only animals.

It is not the case when a significant amount of feed or manure is unknown, for example in pasture systems, except if models can predict representative values of excretion from data concerning animal production and feed type. Therefore, modeling is also proposed within these guidelines.

Mass balance can be applied either to observed values, specific of the system considered for emissions, or to reference values, representative of the animal house category to which the system belongs. When using references rather than observations, the representativeness can be checked by comparing the composition of an effluent sample and of a feed sample to the references.

Similar compositions of manure and feed, and similar animals does not mean that housing emissions are similar. For example, in the case of solid manure systems in France, similar nitrogen losses can be observed in commercial farms, considering the manure produced, while emissions of ammonia and nitrous oxide can be much more variable (CORPEN, 2003).

7.8.1.3 Principes (Principles)

Le bilan matière est calculé pour l'eau, le carbone, l'azote, le phosphore, et le potassium pour les raisons exposées ci-dessous. D'autres éléments ou isotopes peuvent être ajoutés pour vérifier ou préciser les calculs.

L'effluent est constitué de composés volatils et de composés non volatils. La partie volatile est faite principalement d'eau (O, H), de carbone, et de composés azotés. Les espèces chimiques de ces composés sont soit de type minéral (par exemple l'eau, l'ammoniac, l'anhydride carbonique) soit de type organique (par exemple les acides gras volatils, les amines, et autres composés plus ou moins odorants). Les espèces volatiles d'autres éléments (P, K, etc.) ne peuvent pas être exclues, et ces éléments non-volatils peuvent également être perdus sous forme de poussières émises, mais on suppose généralement que les pertes

Mass balance is done for water, carbon, nitrogen, phosphorous, and potassium for following reasons. Other elements or isotopes can be added to check the calculations or to reduce their uncertainty.

The manure is composed of either volatile or non volatile compounds. The main volatile part is made of water (O, H), carbon, and nitrogenous compounds, either mineral (e.g. water, ammonia, carbon dioxide) or organic (e.g. volatile fatty acids, amines, and other more or less odorous compounds). Volatile species of other elements (P, K, etc.) can not be excluded, and these non-volatile elements can also be lost as particulate matter, but it is generally assumed that losses of non volatile elements are negligible.

d'éléments non volatils sont négligeables.

Le bilan de matière compare les stocks initiaux et finaux (ou les sommes d'intrants et de sorties). Le bilan de matière est dit « fermé » si les stocks initiaux et finaux sont égaux. Quand il est « ouvert », la différence correspond aux émissions totales, comprenant toutes les espèces organiques et minérales perdues sous forme gazeuse. En raison des incertitudes dans les mesures, le bilan de matière est habituellement « ouvert » même si l'on y inclue des émissions gazeuses observées.

La fermeture du bilan de matière des composés non-volatils indique la qualité de l'échantillonnage, de la conservation, et des méthodes de sous-échantillonnage. Le phosphore est trouvé majoritairement dans la fraction particulaire de l'effluent tandis que le potassium est trouvé majoritairement dans la fraction liquide. L'utilisation de ces deux éléments permet de vérifier si les méthodes d'échantillonnage ont été adaptées pour les deux fractions, ou s'il y avait des pertes de solides ou de lixiviats au cours de la période expérimentale.

Les espèces chimiques concernées par le bilan de matière ou par les émissions sont différentes. L'eau peut être analysée dans les intrants, les sorties et dans l'air. Habituellement, l'émission totale est légèrement plus grande que la différence entre les entrées et les sorties d'eau, en raison de la production d'eau métabolique. Pour le carbone, la majeure partie du carbone est perdue sous forme d'anhydride carbonique dans les systèmes aérobies. Ainsi, l'émission d'anhydride carbonique devrait être légèrement inférieure au déficit de carbone du bilan de matière. Pour l'azote, des échanges de diazote (N_2 , le composant principal de l'atmosphère) ne peuvent pas être mesurés. Les réactions de dénitrification se produisent fréquemment dans des zones anaérobies des effluents d'élevage riches en azote. Elles peuvent mener à des émissions significatives de diazote. Quand les émissions de diazote sont significatives, le protoxyde d'azote (N_2O) est généralement émis dans des proportions détectables. Dans ces cas, la somme de toutes les émissions azotées observées peut être notablement inférieure au déficit du bilan d'azote.

Par conséquent le bilan de matière de plusieurs composés, associant des composés volatils et des composés non volatils, est présenté comme un outil robuste permettant d'évaluer la validité des mesures d'émission.

The mass balance compares initial and final stocks (or the sums of either inputs or outputs). The mass balance is called "closed" if initial and final stocks are equal. When "not closed", the difference corresponds to the bulk emissions, including all organic and mineral species lost as volatilization. Because of inaccuracies in measurements, the mass balance is usually "not closed" even if observed gaseous emissions are included.

The closure of the mass balance of non-volatile compounds indicates the quality of sampling, conservation, and subsampling methods. Most of the phosphorous is usually found in the particulate fraction of the manure while potassium is mostly found in the liquid fraction. Using these two elements allows to check whether the sampling procedure was adequate for both fractions, and whether there were specific particulate or leaching losses during the experimental period.

The chemical species concerned by the mass balance or by the emissions are different. For the water, it can be analyzed in the inputs, outputs and in air. Usually, the total emission is slightly higher than the difference between input and output water due to the metabolic water. For the carbon, most of the carbon is lost as carbon dioxide in aerobic systems. So, carbon dioxide emission should be slightly lower than the carbon deficit of the mass balance. For the nitrogen, exchanges of dinitrogen (N_2 , the main component of air) can not be quantified while denitrification reactions frequently occur in anaerobic zones of animal manure rich in nitrogen and can lead to significant dinitrogen emissions. When there are significant dinitrogen emissions, nitrous oxide (N_2O) is generally also emitted in detectable amounts. In this case, the sum of all observed nitrogenous emissions can be notably lower than the deficit of the nitrogen balance.

Therefore the mass balance of several compounds, associating volatile and non volatile elements, is described as a tool to discuss the validity of emission measurements.

7.8.2 Identification des sites émetteurs (Identification of emission site)

<ul style="list-style-type: none"> - localisation géographique du bâtiment - saison à laquelle l'estimation est faite - type de bâtiment (couchage / effluents) - effectifs actuels (VL + autres si dans le même bâtiment) - production moyenne de lait + taux (TB, TP) - matières premières entrant dans l'alimentation + quantités apportées/j (fourrages, concentrés, compléments minéraux et vitaminés) - quantité de litière apportée/ j - temps de présence des animaux (heures/jour) - évaluation de la répartition des effluents (FTC, FC, FM, LIS, cf. tableau ci-dessous) dans le bâtiment (proportions sur une échelle de 0 à 1) : 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>geographical localization of the house</i> - <i>season to which the estimate is made</i> - <i>type of house (floor / manure)</i> - <i>animal number (dairy cows + others if they are in the same house)</i> - <i>average production of milk + content (fat, proteins)</i> - <i>raw feed + daily amounts (fodder, concentrates, complements mineral and vitaminized)</i> - <i>mass of litter per day</i> - <i>presence of the animals (hours/day)</i> - <i>evaluation of the various types of manure (FTC, FC, FM, LIS, cf table below) in the house (proportions on a scale from 0 to 1):</i>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tableau 7. Types de logement et types de déjections associées / Housing categories and associated manure categories

Logement / Housing category	Logement/Housing	Type de déjections / Manure category	Effluent / Manure
LAF	Litière Accumulée avec couloir raclé en fumier / <i>Accumulated Solid Manure beside a floor with solid manure scraping</i>	FTC + FM	Fumier très compact + Fumier mou / <i>High density solid manure + Limp manure</i>
LAL	Litière Accumulée avec couloir raclé en lisier / <i>Accumulated Solid Manure beside a floor with liquid manure scraping</i>	FTC + LIS	Fumier très compact + Lisier / <i>High density solid manure + Slurry</i>
LF	Logettes Fumier / <i>Cubicles with solid manure</i>	FM + LIS	Fumier mou + Lisier / <i>Limp manure + Slurry</i>
LL	Logettes Lisier/ <i>Cubicles with liquid manure</i>	LIS	Lisier / <i>Slurry</i>
LC	Logettes Caillebotis/ <i>Cubicles with slatted floor</i>	LIS	Lisier / <i>Slurry</i>
EE	Etable Entravée / <i>tethered housing</i>	FC	Fumier compact / <i>Dense solid manure</i>
LAI	Litière Accumulée Intégrale / <i>Loose housing</i>	FTC	Fumier très compact / <i>High density solid manure</i>

7.8.3 Appareillage (equipment)

<p>Échantillonnage des gaz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analyseur de gaz (par exemple analyseur infrarouge photo-acoustique INNOVA® 1312 équipé de filtres CO₂, CO, CH₄, NH₃, N₂O, H₂O) - 1 sac TEDLAR® pour le prélèvement d'air extérieur - 1 sac TEDLAR® pour le prélèvement d'air intérieur - Thermo Hygromètre pour caractériser les conditions de température et d'hygrométrie à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment - Pompe à air (par exemple aérateur d'aquarium) - Filtres (Milipore Millex- HV Hydrophile PVDF 0,45 µm) placé en entrée du système de prélèvement, un pour extérieur et un pour l'intérieur - Tuyaux PTFE pour raccorder filtres, sacs, pompes et analyseur de gaz <p>Échantillonnage des stocks</p> <ul style="list-style-type: none"> - voir procédure « bilan de masse au stockage » <p>Autres équipements</p> <ul style="list-style-type: none"> - vêtements d'élevage (cotte et bottes jetables ou vêtements spécifiques de l'élevage) - matériel pour prise de notes - matériel de nettoyage et désinfection des appareils à l'issue des mesures - compteur volumétrique pour l'eau 	<p>Sampling the gases</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gas Analyzer (for example infra-red photo-acoustics analyzer INNOVA® 1312 with filters CO₂, CO, CH₄, NH₃, N₂O, H₂O) - 1 TEDLAR® bag for the sampling of outside air - 1 TEDLAR® bag for the sampling of inside air - Thermo Hygromètre to characterize the temperature and hygrometry inside and outside the house - air pump (for example aerator of aquarium) - Filters (Milipore Millex- HV Hydrophile PVDF 0,45 µm) placed at entry of the sampling system, one for outside and one for the inside air - PTFE tubes to connect filters, bags, pumps and analyzer gas <p>Sampling the stock</p> <ul style="list-style-type: none"> - see procedure "mass balance of storage" <p>Other equipment</p> <ul style="list-style-type: none"> - clothing for animal farm (disposable coat and boots or specific clothing of the animal farm) - material for taking notes - material of cleaning and disinfection of equipment after the measurements - water flowmeter
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.8.4 Observations (Observations)

<p>Liste des informations nécessaires</p> <ul style="list-style-type: none"> - Type de bâtiment (couchage/ effluents) - Age des animaux lors des visites - Nombre d'animaux (de différents types si nécessaire : vaches en production, génisses, etc.) lors des visites - Poids des animaux lors des visites - Production laitière moyenne + taux (TB, TP) - Matières premières entrant dans l'alimentation + Quantités apportées/j 	<p>List of required informations</p> <ul style="list-style-type: none"> - Type of house (lying area / effluent management) - Age of the animals at the time of the visits - Number of animals (of various types: lactating cows, young cattle, etc.) at the sampling dates - Weight of the animals at the sampling dates - Milk production and quality (TB, TP) - Various types of feed and masses per day - Water quantity drunk per day
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- Quantité d'eau bue par jour
- Quantité de litière ajoutée par jour
- Evaluer la répartition des effluents (FTC, FC, FM, LIS) dans le bâtiment (sur une échelle de 0 à 1)
- Des valeurs de masse d'effluents et de composition sont proposées dans la méthode, ces valeurs peuvent être observées
- Temps de présence des animaux le jour du prélèvement

Précautions générales d'utilisation

- Dans le cas où les animaux ne restent que quelques heures par jour en bâtiment, il est préférable de réaliser le **prélèvement d'air au minimum 1h30 après l'entrée des animaux**
- Effectuer le prélèvement d'air de manière à être **dans de l'aire de vie des animaux** (environ 2m de hauteur)
- Le prélèvement devant être homogène, **effectuer un circuit dans tout le bâtiment** (aire de couchage, de déjection, d'alimentation, d'abreuvement)
- Lors du prélèvement extérieur, **éviter toute source d'altération** (passage à proximité de fosse à lisier, fumière, ventilateur en marche, tracteur en marche, feu, etc.)
- Entre 2 visites d'élevage, **rincer les 2 sacs TEDLAR® avec de l'air peu concentré** pour diminuer au maximum la présence de résidus dans le sac, vérifier avec l'analyseur que les mesures sont faibles
- l'air intérieur des stabulations bovines est généralement froid, mais s'il est chaud et humide en hiver, il y aura un **risque de condensation d'eau à l'intérieur des équipements électroniques lorsque ceux-ci sont équipés d'un système de refroidissement par ventilation et qu'ils sont froids**, par exemple après un transport ; il peut être alors nécessaire de réchauffer ces appareils avant de les allumer.

Fréquence des prélèvements

Les émissions étant calculées journalièrement, un **seul prélèvement suffit pour effectuer une estimation**. Mais la durée d'élevage étant importante, et l'effet des saisons pouvant être

- *Quantity of litter added per day*
- *Estimate the proportion of each type of effluent (FTC, FC, FM, LIS) inside the building (between 0 and 1)*
- *Values of the mass of effluents and of their composition are proposed in the method, they also can be observed*
- *Number of hours where the animals are in the house on the sampling date*

General precautions of use

- *If the animals remain only a few hours per day in the house, it is preferable to **sample the air at least 1:30 after the entry of the animals***
- *sample the air so as to **be within the volume of life of the animals** (around 2 m above ground level)*
- *Sampling having to be homogeneous, **carry out a circuit in all the house** (lying area, excreting area, feeding area, watering area)*
- *when sampling outside, **avoid any source of gas contamination** (passage near pit with slurry, dunghill, ventilator moving, tractor moving, fire, etc)*
- *Between 2 visits of animal farm, **rinse the 2 TEDLAR® bags with air with low concentrations** to decrease to the maximum the presence of residues in the bag, check with the analyzer that measurements are low.*
- *Cattle houses are generally cold, but when they are warm and moist during the winter there is a **risk of water condensation inside the electronic equipments when they are cooled by ventilation and when they are cold**, for example after a transport; it can therefore be necessary to heat such equipment before turning them on.*

Frequency of samplings

*The emissions being calculated on a daily time step, **only one sampling is enough to carry out an estimate**. But duration of animal rearing being important, and as the effect of the seasons can be significant, it is preferable to carry out several samplings to determine the gas emissions at various stages of animal rearing and for various*

significatif, il est préférable d'intervenir à plusieurs reprises pour déterminer les émissions gazeuses à différents stades d'élevage et pour différentes conditions climatiques.

Prélèvements d'air sur le terrain

- Installation du matériel dans le sas du bâtiment d'élevage
- Paramétrage de l'analyseur
 - o Démarrer l'analyseur
 - o Effectuer une mesure de température dans le sas via le thermo hygromètre
 - o Enregistrer cette valeur dans l'analyseur
 - o Lancer le menu de mesure de l'analyseur afin que sa température interne s'équilibre
- Prélèvement d'air extérieur
 - o S'équiper de la pompe à air, du sac TEDLAR® prélèvement extérieur et du thermo hygromètre
 - o En restant sur place, commencer à remplir le sac TEDLAR® avec l'air extérieur pendant 3 à 5 minutes
 - o Arrêter la pompe, et vider le sac TEDLAR®, vérifier que les mesures de température et hygrométrie sont stables, sinon attendre quelques minutes
 - o Effectuer le prélèvement d'air en contournant le bâtiment d'élevage
 - o En même temps effectuer des mesures de température et d'hygrométrie (3 à 5)
 - o Une fois terminé, fermer le sac avant de le décrocher de la pompe
 - o Brancher le sac TEDLAR® sur l'analyseur pour effectuer l'analyse de l'échantillon
- Prélèvement d'air intérieur
 - o Effectuer les mêmes opérations que pour le prélèvement extérieur en utilisant le sac TEDLAR® adéquat
 - o (l'étape « remplissage du sac 3 à 5 minutes » est à effectuer dans le bâtiment, la durée peut être de 20 minutes environ selon la taille du bâtiment)

climatic conditions.

Sampling air on the field

- *Installation of the material in the hopper of the animal housing*
- *Parameter setting of the analyzer*
 - o *start the analyzer*
 - o *measure the temperature in the hopper via the thermo hygrometer*
 - o *record this value in the analyzer*
 - o *start the measurements with the analyzer so that its internal temperature reach an equilibrium*
- *Sampling of outside air*
 - o *take the air pump, the TEDLAR® bag for outside sampling and the thermo hygrometer*

 - o *while remaining on the same place, start to fill the TEDLAR® bag with the air outside during 3 to 5 minutes*

 - o *stop the pump, and empty the TEDLAR® bag, check that the thermo hygrometer has stabilized, wait some minutes if not*

 - o *sample the air by circumventing the animal housing*
 - o *meanwhile record hygrometry and temperature measurements (3 to 5)*
 - o *once completed, close the bag before disconnecting the pump*
 - o *connect the TEDLAR® bag to the analyzer to analyse the sample*
- *Sampling of inside air*
 - o *carry on same operations as for outside sampling by using adequate TEDLAR® bag*
 - o *(the stage "filling of bag 3 to 5 minutes" is to be carried out in all the house, so it may take around 20 minutes depending on its size)*
- *Analysis of the samples*
 - o *connect the TEDLAR® bag to the analyzer*

<p>- Analyse des échantillons</p> <ul style="list-style-type: none"> o Brancher le sac TEDLAR® sur l'analyseur o Ouvrir le sac TEDLAR® o Ne pas noter les premières valeurs données, attendre la stabilisation des concentrations pour enregistrer les mesures o Noter les 10 valeurs suivantes o Débrancher le sac TEDLAR® o Vider le sac TEDLAR® 	<ul style="list-style-type: none"> <i>O open the TEDLAR® bag</i> <i>O do not note the first values given, but await the stabilization of the concentrations to record measurements</i> <i>O record the 10 following values</i> <i>O disconnect the TEDLAR® bag</i> <i>O empty the TEDLAR® bag</i>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Echantillonnage pendant les opérations d'entrée-sortie

Idéalement, l'échantillonnage du lisier ou du fumier devrait être pratiqué lorsqu'il est déplacé d'un endroit à l'autre et pesé pendant cette opération. Dans ce cas, l'échantillonnage régulier devrait se produire lors des opérations de chargement ou déchargement de l'effluent. Puis tous les échantillons devraient être regroupés, puis complètement mélangés, puis être divisés en 2 parts, puis à nouveau mélangés et séparés en 2 jusqu'à ce que la taille de l'échantillon soit atteinte. L'échantillon devrait être alors conditionné dans un récipient évitant des pertes de gaz, puis congelé pour éviter des transformations biochimiques (par exemple l'ammoniac peut être produit ou consommé si l'échantillon n'est pas gelé). Une fois congelés, si les échantillons sont faits de grandes particules (> taille de 2mm), les échantillons devraient être broyés pour atteindre une dimension particulière en-dessous de 2mm. Cette opération est nécessaire parce que les grandes particules induiront une variabilité élevée des résultats analytiques. En effet, ces derniers sont obtenues après sous-échantillonnage par petites quantités (quelques grammes). Si le broyage n'est pas faisable, alors l'échantillon devrait être séché, tamisé, et l'analyse devrait être faite sur la fraction fine, en indiquant la proportion de la fraction fine utilisée pour l'analyse (ce procédé est semblable à ce qui est fait pour des sols avec des pierres, quand des pierres sont jetées avant analyse, ou pour quelques déchets ou eaux qui sont également tamisés avant analyse).

Échantillonnage des stocks

Quand le prélèvement n'est pas possible pendant les opérations d'entrée-sortie d'effluents, le prélèvement idéal devrait être précédé d'un mélange du produit. Par conséquent,

Sampling during input-output operations

The ideal sampling of liquid and solid manure can be done when it is moved from one place to another and weighed during this operation. Then regular sampling should occur during either charging or discharging the manure. All samples should be collected in a tank, then thoroughly mixed, then divided in 2 parts until the size of the sample is reached. The sample should be conditioned in a container avoiding gas losses, then deep frozen to avoid biochemical transformations (e.g. ammonia can be produced or consumed if sample is not frozen). Once frozen, if the samples are made of big particles (> 2mm size), the samples should be ground to reach a particle size below 2mm. This operation is necessary because large particles will induce a high variability of analytical results that they are obtained after subsampling a small quantity (some grammes). If it is not feasible, then the sample should be dried, screened, and the analysis should be done on the fine fraction, indicating the fraction of fine fraction used for analysis (this procedure is similar to what is done for soils with stones, when stones are discarded before analysis, or for some wastes or waters that are also screened before analysis).

Sampling the stock

When sampling is not possible during input-output operations, the ideal sampling follows the mixing of the product. Therefore, sampling should be carried on after energy mixing of the slurry or after turning the solid manure heap, each time it is feasible. All samples should be collected in a tank, then processed as described above.

l'échantillonnage devrait être effectué après un brassage énergique du lisier ou après retournement du tas de fumier, chaque fois que ces opérations sont possibles. Tous les échantillons devraient être regroupés, puis être traités comme décrit ci-dessus.

Quand le mélange n'est pas possible, le procédé de prélèvement devrait être représentatif de l'hétérogénéité de l'effluent, qu'il soit liquide ou solide, et du volume des différents stocks. Par exemple, dans une lagune, il devrait tenir compte de la variabilité de l'accumulation de boues, ou de l'évolution du liquide en cas de géométrie complexe. Tous les échantillons devraient être rassemblés, puis être traités comme décrit ci-dessus.

Quand les stocks sont prélevés, le pesage n'est pas systématiquement effectué. La masse peut être déduite de la conservation des éléments non-volatils (P, K). Cependant, un biais peut se produire pendant l'échantillonnage. Par conséquent, quand le pesage n'est pas effectué, au moins 3 dates de prélèvement devraient être employées (commencement, milieu, fin d'expérience) afin de vérifier la validité des données utilisées pour l'évaluation de masse à partir des éléments non volatils (test de l'hypothèse de conservation de ces éléments).

Quand le volume peut être mesuré avec une incertitude inférieure à 10%, il devrait être mesuré au début et à la fin de la période expérimentale. Dans ce cas-ci, la densité devrait être également mesurée en pesant un volume connu d'effluent, au moins au début et à la fin de l'expérience.

Analyses

L'analyse des échantillons porte sur la matière sèche (bilan d'eau), le carbone inorganique et organique total (bilan de carbone), l'ammoniac et l'azote Kjeldahl (bilan d'azote), le potassium et le phosphore (bilan des éléments non-volatils).

Quand le protocole d'analyse passe par un séchage de l'échantillon (chauffage ou lyophilisation), des composés volatils sont perdus. La quantité perdue dépend de la composition de l'échantillon (par exemple le poids moléculaire des espèces chimiques), la température de séchage, le pH, la durée du séchage. Selon l'échantillon, il peut être nécessaire d'adapter le procédé analytique afin d'éviter le biais dû à la volatilisation pendant le séchage. Par exemple, si l'échantillon est riche en composés volatils de carbone, le contenu de carbone devrait être analysé non seulement sur la fraction sèche (c.-à-

When mixing is not possible, the sampling procedure should be representative of the heterogeneity of the manure, whatever liquid or solid, and of the volume of the stock. For example, in a lagoon, it should account for the variability of the sludge accumulation, or of the liquid evolution in case of complex geometry. All samples should be collected in a tank, then processed as described above.

When the stocks are sampled, weighing is generally not carried on. The mass can be deduced from the conservation of non-volatile elements (P,K). However, sampling bias can occur during the experiment. Therefore, when weighing is not carried on, at least 3 sampling dates should be used (beginning, middle, end of experiment) in order to check the validity of the data used for mass estimate (assess the assumption of the conservation of non volatile elements).

When the volume can be measured with an uncertainty lower than 10%, it should be measured at the beginning and at the end of the experimental period. In this case, the density should be also measured by weighing a known volume of manure, at least at the beginning and the end of the experiment.

Analysis

Samples are analyzed for dry matter (mass balance of water), ammonia and Kjeldahl nitrogen (mass balance of nitrogen), total organic and total inorganic carbon (mass balance of carbon), total phosphorous and total potassium (mass balance of non-volatile elements).

When the analysis protocol induces sample drying (by heating or lyophilization), volatile compounds are lost. The amount lost depends on the sample composition (e.g. the molecular weight of the chemical species), the drying temperature, the pH, the duration of the drying. Depending on the sample, it can be necessary to adapt the analytical procedure in order to avoid the bias due to the volatilization during drying. For example, if the sample is rich in volatile carbon compounds,

d. après chauffage, fréquemment faite au-dessus 100°C) mais également sur la fraction liquide, qui peut représenter plus de 90% de la masse de l'échantillon. Quand l'analyse complète de carbone est trop chère, la teneur peut être approchée par la teneur en matière sèche (mesurée en pesant les échantillons humides avant et après séchage durant 48h, ou plus si le poids de l'échantillon continu à descendre, à 60°C pour réduire la perte de composés volatils de carbone) divisée par deux.

the carbon content should be analyzed not only on the dry fraction (i.e. after heating, frequently done above 100°C) but also on the liquid fraction, that can represent over 90% of the sample mass. When the complete carbon analysis is too expensive, it can be approximated by the dry matter content (estimated by weighing the moist samples and the sample dried 48h at 60°C to reduce the loss of volatile carbon compounds) divided by two.

7.8.5 Calculs (Calculations)

Généralités

Le calcul est basé sur la mesure des gradients de concentration en gaz et sur la connaissance des défauts de bilan calculés sur les solides et liquides.

Variables utilisées

%MS : teneur en matière sèche moyenne de l'aliment distribué aux vaches

%dé_i : proportion de chaque type de déjections (i = FTC, FC, FM, LIS)

Anx : nombre d'animaux dans le bâtiment étudié (UGB/bâtiment)

Besoin PDI : besoin de la vache en protéines digestibles dans l'intestin (g/UGB/jour)

Bilan N : bilan de masse d'azote dans la masse corporelle de l'animal (g N/UGB/jour)

C : carbone

C concentrés : carbone ingéré dans les concentrés (g C/UGB/j)

C déjections : carbone excrété dans les déjections (g C/UGB/j)

C fourrages : carbone ingéré dans les fourrages (g C/UGB/j)

C gestation : carbone contenu dans le veau en gestation (g C/UGB/j)

C ingéré : carbone apporté aux animaux (g C/UGB/jour)

C lait : carbone contenu dans le lait produit (g C/UGB/j)

C litière : carbone contenu dans la litière apportée (g C/UGB/j)

General information

Calculation is based on measurements of the gas concentration gradients and on the knowledge of the mass balance deficits calculated on the solids and liquids.

Variables used

%MS: average content of dry matter of feed distributed to the cows

%dé_i: proportion of each type of effluent (i = FTC, FC, FM, LIS)

Anx: number of animals in the house considered (UGB/house)

Besoin PDI: need of one cow for proteins that can be digested in the intestine (g/UGB/day)

Bilan N: mass budget of nitrogen in the body of the animal (g N/UGB/day)

C : carbon

C concentrés: carbon contained in the concentrated feed (g C/UGB/day)

C dejections: carbon excreted in the dejections (g C/UGB/day)

C fourrages: carbon contained in the forrages (g C/UGB/day)

C gestation: carbon contained in the foetus (g C/UGB/day)

C ingéré : carbon input of the animals (g C/UGB/day)

C lait: carbon contained in the produced milk (g C/UGB/day)

C litière: carbon contained in the litter (g C/UGB/day)

<p>C production : carbone contenu dans la production des animaux (g C/UGB/j)</p> <p>CAR K : Coefficient d'Absorption Réelle du potassium lors de la digestion (en % du K ingéré, environ 85%)</p> <p>CAR P : Coefficient d'Absorption Réelle du phosphore lors de la digestion (en % du P ingéré, environ 70%)</p> <p>Dé_i: déjections de type i produites dans le bâtiment quand les animaux sont présents 24h/jour (kg/UGB/j)</p> <p>eau aliment : eau contenue dans les fourrages (kg/UGB/j)</p> <p>eau bue : eau bue à l'abreuvoir</p> <p>eau_{Lait} : eau contenue dans la production de lait</p> <p>eau déjections : eau excrétée par les animaux (faeces + urines ; kg eau/UGB/jour)</p> <p>eau ingérée : eau apportée aux animaux (kg eau/UGB/jour)</p> <p>eau Litière : eau contenue dans la litière apportée (kg eau/UGB/j)</p> <p>eau métabolique : eau produite par la dégradation de la matière sèche des aliments (kg eau/UGB/j)</p> <p>eau production : eau contenue dans la production des animaux (kg eau/UGB/j)</p> <p>Énergie métabolique ingérée : valeurs indiquées dans la composition des aliments (kcal/UGB/day)</p> <p>GMQ foetus : croissance journalière du foetus (poids naissance en kg/durée gestation en jours)</p> <p>H₂O : eau</p> <p>lact : indice d'activité = 1 en stabulation entravée ; 1,1 en stabulation libre ; 1,2 au pâturage</p> <p>K : potassium</p> <p>litière : litière apportée par jour</p> <p>masse : quantité (kg /UGB/jour)</p> <p>MAT : matière azotée totale (g N/UGB/j) ; valeurs indiquées dans la composition des aliments (MAT fourrage et MAT concentré correspondent aux teneurs respectives des fourrages et des concentrés)</p> <p>MOdé_i : matière organique des déjections de type i (en g MO/kg dej)</p> <p>MS : matière sèche (en %)</p>	<p><i>C production : carbone contained in the productions of the animals (g C/UGB/day)</i></p> <p><i>CAR K: absorption efficiency of potassium during digestion (% of ingested K; around 85%)</i></p> <p><i>CAR P: absorption efficiency of th phosphorus during digestion (% of ingested P; around 70%)</i></p> <p><i>Dé_i: dejection of type i that is produced inside the building when the animals are present 24h/day (kg/UGB/day)</i></p> <p><i>eau aliment :water in the feed (kg water/UGB/day)</i></p> <p><i>eau bue : water drunk (kg water/UGB/day)</i></p> <p><i>eau_{Lait} : water in the milk production (kg water/UGB/day)</i></p> <p><i>eau déjections : water output in the ecretion of the animals (feces + urines; kg water/UGB/day)</i></p> <p><i>eau ingérée : water input of the animals (kg water/UGB/day)</i></p> <p><i>eau Litière : water contained in the fresh litter (kg water/UGB/day)</i></p> <p><i>eau métabolique : water produced when dry matter is degraded by the metabolism (kg water/UGB/day)</i></p> <p><i>eau production : water contained in the productions of the animals (kg water/UGB/day)</i></p> <p><i>Énergie métabolique ingérée : metabolic energy indicated in the composition of feed</i></p> <p><i>GMQ fetus: daily growth of the fetus (weight birth in kg/[7.SemG])</i></p> <p><i>H₂O: water</i></p> <p><i>lact: index of activity = 1 in blocked stalling; 1,1 in free stalling; 1,2 with the pasture</i></p> <p><i>K: potassium</i></p> <p><i>litière : daily input of litter</i></p> <p><i>masse: quantity (kg/UGB/day)</i></p> <p><i>MAT: total matter rich in nitrogen (g N/UGB/day); values indicated in the composition of feed (MAT forages and MAT concentrated corresponds to the respective contents of fodder and the concentrates)</i></p> <p><i>MOdé_i: organic matter in dejections of type i (in g OM/kg dej)</i></p> <p><i>MS: dry matter (in %)</i></p> <p><i>MSI: dry matter feed intake (kg/UGB.j)</i></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

MSI : matière sèche ingérée (kg/UGB.j)	<i>MSlitière: dry matter of the litter (in %)</i>
MSlitière : matière sèche de la litière (en %)	<i>MSdej: dry matter of the dejections (in %)</i>
MSdej : matière sèche des déjections (en %)	<i>N: nitrogen</i>
N : azote	<i>N₂O: nitrous oxide</i>
N ₂ O : protoxyde d'azote	<i>Ndéjections: nitrogen excreted in the dejections (g N/UGB/day)</i>
Ndéjections : azote excrété dans les déjections (g N/UGB/j)	<i>NH₃: ammonia</i>
NH ₃ : ammoniac	<i>Nlitière: nitrogen contained in the fresh litter added (g N/UGB/day)</i>
Nlitière : azote contenu dans la litière apportée (g N/UGB/j)	<i>perte: loss calculated from the mass balance (kg/UGB/day)</i>
perte : perte déduite du bilan de masse (kg/UGB/day)	<i>P: phosphorus</i>
P : phosphore	<i>Peffluent: phosphorus contained in manure (g P/UGB/day)</i>
Peffluent : phosphore contenu dans l'effluent (g P/UGB/j)	<i>Pexcrétion: phosphorus excreted by the animals each day (g P/UGB/day)</i>
Pexcrétion : phosphore excrété par les animaux chaque jour (g P/UGB/j)	<i>PL 4%: standardized milk production with 4% fat contents</i>
PL4% : production laitière standardisée à 4% matière grasse	<i>Prod_lait: milk production (kg milk/UGB/day)</i>
Prod_lait : production de lait (kg lait/UGB/jour)	<i>PV : live weight (kg)</i>
PV : poids vif (kg)	<i>PV nai : live weight of calf to the birth (40 - 45 kg)</i>
PV nai : poids vif du veau à la naissance (40 – 45 kg)	<i>Q : heat production of the animals (kcal/UGB/day)</i>
Q : production de chaleur des animaux (kcal/UGB/jour)	<i>SemG: median number of weeks of gestation</i>
SemG : nombre moyen de semaines de gestation	<i>TB: fat content of the milk (average EU = 4,03%)</i>
TB : taux butyreux (moyenne UE = 4,03%)	<i>TP: protein content of milk (default 3,2%)</i>
TP : taux protéique du lait (par défaut 3,2%)	<i>teneur C déj_i: carbon content of the effluents of type i (g C/kg déjection brute) ; mesuré ou estimé à partir de MO/2</i>
teneur C déj _i : teneur en carbone des déjections de type i (g C/kg déjection brute) ; mesuré ou estimé à partir de MO/2	<i>teneur C litière: carbon content of the litter (g C/kg litter); measured or estimated from OM litter/2</i>
teneur C litière : teneur en carbone de la litière apportée (g C/kg litière) ; mesuré ou estimé à partir de MO/2	<i>TPA: presence of the animals = number of hours within the house over one day of 24:00 (hours/day)</i>
TPA : temps de présence des animaux = nombre d'heures dans le bâtiment sur une journée de 24h (heures/jour)	<i>UFL: fodder units for milk, values indicated in the composition of feed</i>
UFL : unités fourragères lait, valeurs indiquées dans la composition des aliments	<i>UGB: "unit large cattle", reference used in France, corresponding to a production of nitrogen, to convert animals of weight and ages different into homogeneous units (UGB/animal)</i>
UGB : unité gros bovins, référence de production d'azote pour convertir des animaux de poids et âges différents en unités homogènes (UGB/animal)	
	Calculations
	<i>The emissions are calculated for one day of the</i>

<p>Calculs</p> <p>Les émissions sont calculées pour une journée d'élevage du cheptel suivi, et exprimées en kg d'eau ou de chaque élément (C, N, P, K) par UGB/j. Pour exprimer les valeurs pour l'ensemble du bâtiment, on multiplie par le nombre d'UGB (anx).</p> <p>Perte d'eau</p>	<p><i>observed livestock, and are expressed in kg of water or each element (C, N, P, K) per UGB/day. The results are expressed for the entire house after multiplication by the number of animals (anx).</i></p> <p>Loss of water</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$[47] \text{ Perte eau} = (\text{eau ingérée} - \text{eau production}) * \text{TPA} + \text{eau Litière} - \text{eau déjection}$$

Avec :	<i>With</i>
--------	-------------

$$[48] \text{ eau ingérée} = \text{eau aliment} + \text{eau bue} + \text{eau métabolique}$$

$$[49] \text{ eau aliment} = (\text{MSI} / \% \text{MS}) - \text{MSI}$$

$$[50] \text{ eau bue} = 4.82 * \text{MSI} + 0.46 * \text{Prod_lait} + 0.01 * \text{MAT fourrage vert} - 0.8 * \text{eau aliment} - 26$$

$$[51] \text{ eau métabolique} = 0.15 * \text{Q} / 1000$$

$$[52] \text{ Q} = \text{Energie Métabolique Ingérée} - 0.44 * \text{PL4\%} * 1700$$

$$[53] \text{ eau production} = \text{eau}_{\text{Lait}}$$

$$[54] \text{ eau}_{\text{lait}} : 0.87 * \text{PL4\%}$$

$$[55] \text{ PL 4\%} : \text{Prod_lait} * (0.4 + (0.015 * \text{TB}))$$

$$[56] \text{ eau Litière} = \text{masse litière (kg/UGB/j)} * (1 - \text{MS litière})$$

eau déjections : eau excrétée dans les déjections (kg eau/animal/j)

$$[57] \text{ eau déjections} = \sum_{i=1}^4 (\% \text{déj}_i * \text{masse Déj}_i * \text{TPA}) * (1 - \text{MS déj}_i) \quad i = \text{type de déjections}$$

Exemple pour les systèmes d'élevage laitier en France.	<i>Example for the french types of dairy farms.</i>
--------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

<p>Avec : teneur en MS par type de déjections :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fumier très compact (FTC) MS Déj₁ : 22.1% - Fumier compact (FC) MS Déj₂ : 16.8% - Fumier mou (FM) MS Déj₃ : 16.4% - Lisier (LIS) MS Déj₄ : 11% <p>Quantité produite (masse de déjections) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fumier très compact (FTC) masse Déj₁ : 36.99 kg/UGB/j - Fumier compact (FC) masse Déj₂ : 47.26 kg/UGB/j - Fumier mou (FM) masse Déj₃ : 56.45 kg/UGB/j - Lisier (LIS) masse Déj₄ : 60 l/UGB/j 	<p>With: MS content by type of effluent:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Very compact solid manure (FTC) MS Déj₁: 22.1% - Compact solid manure (FC) MS Déj₂: 16.8% - Soft solid manure (FM) MS Déj₃: 16.4% - Slurry (LIS) MS Déj₄: 11% <p>Produced quantity (mass of effluents):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Very compact solid manure (FTC) masse Déj₁: 36.99 kg/UGB/j - compact Solid manure (FC) masse Déj₂: 47.26 kg/UGB/j - Soft solid manure (FM) masse Déj₃: 56.45 kg/UGB/j - Slurry (LIS) masse Déj₄: 60 l/UGB/j
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Perte de carbone :	Carbon loss:
---------------------------	---------------------

$$[58] \text{ Perte carbone} = (C \text{ ingéré} - C \text{ production}) * TPA + C \text{ litière} - C \text{ déjection}$$

$$[59] \text{ C ingéré} = C \text{ Fourrages} + C \text{ Concentrés}$$

$$[60] C_{\text{fourrages}} : 0.49 * MAT + 0.8 * EE + (MO - (MAT + EE)) * 0.46$$

$$[61] C_{\text{concentrés}} : 0.49 * MAT + 0.8 * EE + 0.62 * ADL + (MO - (MAT + EE + ADL)) * 0.44$$

Les teneurs en MAT, EE, ADL et MO sont données dans les tables INRA-AFZ (2007).	<i>The contents in MAT, EE, ADL, and MO are specific values given in the tables of INRA-AFZ (2007).</i>
---------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$[62] \text{ C production} = C_{\text{lait}} + C_{\text{gestation}} + 10,6$$

$$[63] C_{\text{lait}} : (0.552 * TP + 0.772 * TB + 20.58) * \text{Prod Lait}$$

$$[64] C_{\text{gestation}} : 0.115 * GMQ \text{ foetus}$$

$$[65] \text{ C litière} = \text{masse litière} * \text{teneur C litière}$$

$$[66] \quad \mathbf{C \text{ déjections}} = \sum_{i=1}^4 \text{masse Déj}_i * (\% \text{déj}_i * \text{teneur C déj}_i) * \text{TPA}$$

Avec **teneur C déj_i** estimé en fonction de **MO déj_i/2**, selon le type de déjections :

- Fumier très compact (FTC)	MO déj ₁ : 18%
- Fumier compact (FC)	MO déj ₂ : 13.2%
- Fumier mou (FM)	MO déj ₃ : 13%
- Lisier (LIS)	MO déj ₄ : 8.9%

With **teneur C déj_i** estimated from **MO déj_i/2**, depending on the type of effluent:

- Very compact solid manure (FTC)	MO déj ₁ : 18%
- compact Solid manure (FC)	MO déj ₂ : 13.2%
- Soft solid manure (FM)	MO déj ₃ : 13%
- Slurry (LIS)	MO déj ₄ : 8.9%

Perte d'azote, les notations sont similaires à celles employées pour le carbone :

Nitrogen loss, notations are similar to C budget:

$$[67] \quad \mathbf{Perte N} = (\mathbf{N \text{ ingéré}} - \mathbf{N \text{ production}}) * \text{TPA} + \mathbf{N \text{ litière}} - \mathbf{N \text{ déj}}$$

$$[68] \quad \mathbf{N \text{ ingéré}} = \mathbf{N \text{ Fourrages}} + \mathbf{N \text{ Concentrés}}$$

(ou bien : $\mathbf{N \text{ ingéré}} = (\mathbf{MAT \text{ Fourrages}} + \mathbf{MAT \text{ Concentrés}}) / 6.25$; MAT dans INRA-AFZ, 2007)

N production, intègre les échanges liés à la production et les besoins de maintenance des animaux.

N production, integrates the terms of production and maintenance of the animals.

$$[69] \quad \mathbf{N \text{ production}} = \mathbf{N_{Lait}} + \mathbf{N_{\text{gestation}}} + \mathbf{Bilan N}$$

$$[70] \quad \mathbf{N_{\text{lait}}} = (\text{TP}/6.38) * \text{Prod Lait}$$

$$[71] \quad \mathbf{N_{\text{gestation}}} = (0.7 * \text{Besoin PDI}) / 6.25$$

$$[72] \quad \text{Besoin PDI} : 0.07 * \text{PVnai} * e^{0.111 * \text{semG}}$$

$$[73] \quad \mathbf{Bilan N} = 3.88 * \mathbf{Bilan UFL} + 18$$

$$[74] \quad \mathbf{Bilan UFL} = \mathbf{UFL_{\text{ingéré}}} - (0.041 * \text{PV}^{0.75} * \text{lact}) + (0.44 * \text{PL}4\%) + (0.00072 * \text{PVnai} * e^{0.116 * \text{semG}})$$

$$[75] \quad \mathbf{N \text{ litière}} = \text{masse litière} * \text{teneur N litière}$$

$$[76] \quad \mathbf{N \text{ déj}} = \sum_{i=1}^4 (\text{masse Déj}_i * \% \text{déj}_i * \text{TPA}) * \text{teneur N déj}_i$$

Avec teneur en N selon le type de déjections :

- Fumier très compact (FTC)	N déj ₁ : 5.8 g/kg
- Fumier compact (FC)	N déj ₂ : 5 g/kg

With N content depending on the type of effluent:

- Very compact solid manure (FTC)	
	N déj ₁ : 5.8 g/kg

- Fumier mou (FM)	N déj ₃ : 4.7 g/kg	- compact Solid manure (FC)	N déj ₂ : 5 g/kg
- Lisier (LIS)	N déj ₄ : 4 g/kg	- Soft solid manure (FM)	N déj ₃ : 4.7 g/kg
		- Slurry (LIS)	N déj ₄ : 4 g/kg

La perte de phosphore est calculée en g P/UGB/jour avec des notations similaires à celles du carbone.	<i>The phosphorus loss is calculated in g P/UGB/day using similar notations as for carbone.</i>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------

[77] **Perte phosphore** = entrée phosphore - sortie phosphore

Avec « entrée phosphore » = somme de :	<i>Where "entrée phosphore" is the sum of the following inputs:</i>
----------------------------------------	---------------------------------------------------------------------

[78] **P litière** = masse litière * teneur P litière

[79] **P excrétion** = (P ingéré – P absorbé – P lait)

[80] P ingéré = P fourrages + P concentrés

[81] P absorbé = P ingéré * CAR P

[82] P lait = 0.9 * Prod Lait

On néglige le phosphore retenu dans le fœtus et le phosphore mobilisé par l'animal à partir de son stock pour enrichir le lait (cas où Plait > Pingéré – Pabsorbé).	<i>The phosphorus retained in the fetus and the phosphorus used by the animal from his stock to enrich milk (when Plait > Pingéré – Pabsorbé) are neglected.</i>
Avec « sortie phosphore » :	<i>And where "sortie phosphore" at exit is:</i>

$$[83] \text{ Peffluent} = \sum_{i=1}^4 (\text{masse Déj}_i * \% \text{déj}_i * \text{TPA}) * \text{teneur P déj}_i$$

Avec masse Déj_i indiquée ci-dessus, la répartition des effluents est celle constatée dans le bâtiment et la teneur en phosphore est une observation ou une référence.	<i>With "masse déj_i" indicated above, the proportions of the various types of manure is that noted in the house and the content of phosphorus is either an observation or a reference.</i>
Perte de potassium :	Loss of potassium:

[84] **Perte potassium** = entrée potassium - sortie potassium

Avec « entrée potassium » = somme de :	<i>Where « entrée potassium » is calculated as the sum of:</i>
----------------------------------------	----------------------------------------------------------------

[85] **K litière** = masse litière * teneur K litière

[86] **K excrétion** = (K ingéré – K absorbé – K lait – K gestation)

[87] K ingéré = K Fourrage + K Concentré

[88] K absorbé = K ingéré * CAR K

[89] K lait = 1.5 * Prod Lait

[90] $K_{\text{gestation}}$ (uniquement pendant le dernier tiers de la gestation) = 1.027

Avec « sortie potassium » :	<i>With « sortie potassium »:</i>
-----------------------------	-----------------------------------

$$[91] \quad K_{\text{effluent}} = \sum_{i=1}^4 \text{masse Déj}_i * (\% \text{déj}_i * \text{teneur K déj}_i) * TPA$$

Avec Masse de déjections indiquée ci-dessus, la répartition des effluents est celle constatée dans le bâtiment et la teneur en potassium est une observation ou une référence.

With “Masse de dejections” indicated above, the proportions of the various types of manure is that noted in the house and the content of potassium is an observation or a reference.

Conversion des concentrations gazeuses mesurées en ppm en mg.m⁻³

Les concentrations gazeuses données par l’analyseur de gaz sont fréquemment exprimées en partie par millions (ppm). Pour leur utilisation présente, il convient de les convertir en mg/m³ avec la formule suivante :

$$\text{Concentration en mg/m}^3 = (\text{Concentration en ppm} * \text{masse moléculaire gaz}) / 24,45$$

$$\text{Masse Moléculaire CO}_2 : 44 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{Masse Moléculaire CH}_4 : 16 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{Masse Moléculaire N}_2\text{O} : 44 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{Masse Moléculaire NH}_3 : 17 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{Masse Moléculaire H}_2\text{O} : 18 \text{ g.mol}^{-1}$$

Les concentrations en CO₂, CH₄, N₂O et NH₃ obtenues doivent également être converties en C-CO₂, C-CH₄, N-N₂O et N-NH₃ via l’application d’un facteur respectif de 12/44, 12/16, 28/44 et 14/17 (rapports entre les masses moléculaires pour les différentes espèces chimiques).

Calcul des gradients gazeux (exprimés en mg gaz. m⁻³ air humide)

Après conversion des mesures brutes de concentration, on calcule les médianes des concentrations gazeuses intérieures et extérieures relevées pour chaque gaz.

On en déduit :

$$\text{Gradient gaz} = \text{médiane concentration intérieure gaz} - \text{médiane concentration extérieure gaz}$$

Conversion of the gas concentrations measured in ppm into mg.m⁻³

The gas concentrations given by the gas analyzer are frequently expressed in parts per million (ppm). For the present use, they should be converted into mg/m³ with the following formula:

$$\text{Concentration in mg/m}^3 = (\text{Concentration in ppm} * \text{molecular mass gas}) / 24,45$$

$$\text{Molecular mass CO}_2: 44 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{Molecular mass CH}_4: 16 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{Molecular mass N}_2\text{O}: 44 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{Molecular mass NH}_3: 17 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{Molecular mass H}_2\text{O}: 18 \text{ g.mol}^{-1}$$

The concentrations in CO₂, CH₄, N₂O and NH₃ obtained must also be converted into C-CO₂, C-CH₄, N-N₂O and N-NH₃ using respective factor of 12/44, 12/16, 28/44 and 14/17 (relationship between the molecular masses for the various chemical species).

Calculation of the gas gradients (expressed out of Mg gas. m³ humid air)

After conversion of raw measurements into concentrations, the medians are calculated for both inside and outside gas concentrations recorded for each gas.

The gradient is deduced:

$$\text{Gas gradient} = \text{median of inside gas concentration} - \text{median of outside gas concentration}$$

Dans le cas où plusieurs jours de mesure sont utilisés :

Gradient gaz moyen = moyenne (gradient gaz visite 1 + gradient gaz visite 2 + ...)

calcul des émissions de CO₂, CH₄, N₂O et NH₃ par la méthode des rapports de concentration

On fait l'hypothèse que :

Perte C = Emission C-CO₂ + Emission C-CH₄

et que les émissions sont restées proportionnelles entre elles et proportionnelles aux gradients de concentration. D'où :

Emission C-CO₂ = Perte C / [1 + (gradient moyen C-CH₄/ gradient moyen C-CO₂)]

Emission C-CH₄ = Emission C-CO₂ * (gradient moyen C-CH₄/ gradient moyen C-CO₂)

Emission N-NH₃ = Emission C-CO₂ * (gradient moyen N-NH₃/ gradient moyen C-CO₂)

Emission N-N₂O = Emission C-CO₂ * (gradient moyen N-N₂O/ gradient moyen C-CO₂)

Emission H₂O = Emission C-CO₂ * (gradient moyen H₂O/ gradient moyen C-CO₂)

If several days of measurement are used:

Gradient average gas = average (gradient gas visits 1 + gradient gas visits 2 +...)

calculation of the emissions of CO₂, CH₄, N₂O and NH₃ by the method of the reports/ratios of concentration

It is assumed that:

Loss C = Emission C-CO₂ + Emission C-CH₄

and that the emissions remained proportional between them and proportional to the concentration gradients. Therefore:

Emission C-CO₂ = Perte C [1 + (average gradient of C-CH₄/average gradient C-CO₂)]

*Emission C-CH₄ = Emission C-CO₂ * (average gradient C-CH₄/average gradient C-CO₂)*

*Emission NH₃ = Emission C-CO₂ * (average gradient NH₃ average gradient C-CO₂)*

*Emission N-N₂O = Emission C-CO₂ * (average gradient N-N₂O/average gradient C-CO₂)*

*Emission H₂O = Emission C-CO₂ * (average gradient H₂O/average gradient C-CO₂)*

7.8.6 Contrôles et vérifications (Control and checkout)

Les contrôles sur les éléments non volatils permettent de vérifier si les quantités observées d'éléments en entrée et sortie sont représentatives du lot suivi. Des écarts importants peuvent être observés lorsque soit les entrées sont mal connues (par exemple la composition de l'aliment), soit les prélèvements n'ont pu être représentatifs des effluents (par exemple fond de fosse à lisier inaccessible ou fumier très hétérogène). Dans le cas d'écarts importants sur P et K il est préférable d'utiliser les références nationales ou régionales d'alimentation et de rejets pour estimer les pertes de C et N :

Perte P = 0, si l'échantillonnage de l'effluent est homogène (« échantillonnage parfait ») et si la composition de l'aliment est bien connue.

Perte K = 0, s'il n'y a pas de pertes de liquides par percolation dans l'effluent et si la

Controls on the nonvolatile elements allow to check if the measured masses of elements in input and output are representative of the observed batch. Important variations can be observed when either the entries are badly known (for example the composition of feed), or samplings could not be representative of manure (for example bottom of a pit with inaccessible slurry or very heterogeneous solid manure). In the case of important variations on P and K it is preferable to use national or regional references of feed and effluents to estimate the losses of C and N:

Perte P = 0, if the sampling of manure is homogeneous ("perfect sampling") and if the composition of feed is well-known.

Perte K = 0, if there are no losses of liquids by lixiviation in manure and if the composition of feed

composition de l'aliment est bien connue.

Le contrôle sur le bilan d'eau peut être effectué lorsque l'on dispose d'une estimation assez précise de l'entrée d'eau. C'est le cas en général des élevages sans accès extérieur (parcours ou pâturage). Dans ce cas la vérification du bilan d'eau indique que les hypothèses sur la proportionnalité des émissions entre elles et des émissions avec les gradients de concentration moyens sont probablement vérifiées :

$Perte\ Eau \leq Emission\ H_2O$

S'il y a un fort écart entre l'émission d'eau et le défaut de bilan d'eau, il convient d'utiliser avec prudence les émissions d' NH_3 et de GES calculées avec ces observations.

Le contrôle sur le bilan d'azote permet de s'assurer que la représentativité des observations reste acceptable :

$Perte\ N = Emission\ N-NH_3 + Emission\ N-N_2O + Emission\ N-N_2$

d'où :

$Perte\ N > Emission\ N-NH_3 + Emission\ N-N_2O$

Les émissions ammoniacales sont souvent plus fortes en fin de lot qu'au début. C'est donc en fin de lot que les mesures sont les plus pertinentes pour s'assurer que les émissions du lot sont effectivement faibles. En revanche, il est possible, dans le cas de fortes émissions ammoniacales, que l'émission journalière dépasse l'apport journalier d'azote excrété. Dans ce cas, l'extrapolation de ces mesures à l'ensemble du lot conduit à une incohérence (émission $N-NH_3 > N_{ex}$). On peut alors conclure que le système est fortement émetteur à ce stade (usage qualitatif des mesures) mais on ne peut utiliser ces observations pour calculer l'émission de l'ensemble du lot (usage quantitatif des mesures).

is well-known.

Control of the water budget can be carried out when there are rather accurate estimates of the water input. This is generally the case in animal farms without outdoor access (outdoor farming or grazing). In these cases checking the water budget indicates that the assumptions on the proportionality between the emissions and between the emissions and the average concentration gradients are probably checked:

Loss Eau \leq Emission H_2O

If there is a strong difference between the water emission and the water mass balance deficit, it is recommended to use with prudence the emissions of NH_3 and GHG calculated with these observations.

Control on the nitrogen budget makes it possible to make sure that the representativeness of the observations remains acceptable:

Perte N = Emission N- NH_3 + Emission N- N_2O + Emission N- N_2

therefore:

Perte N > Emission N- NH_3 + Emission N- N_2O

The ammoniacal emissions are often higher at the end of the batch than at the beginning. Therefore, measurements done at the end of the batch are more relevant to make sure that the emissions of the batch were indeed low. On the other hand, it is possible, in the case of strong ammoniacal emissions, that the daily ammonia emission exceeds the daily excreted nitrogen. In this case, the extrapolation of these measurements to the whole batch shows inconsistency (Emission $NH_3 > N_{ex}$). It can then be concluded that the system has high emissions (qualitative use of measurements) but these observations cannot be used to calculate emissions for the whole batch (quantitative use of measurements).

7.9 Procédure pour le calcul des émissions gazeuses utilisant des mesures continues et un modèle calé sur des mesures de concentrations intermittentes pour les bâtiments d'élevage et stockages d'effluents (*Guidelines to determine emissions from livestock buildings and manure stores using continuous recordings and a model calibrated with intermittent measurements of concentrations*)

7.9.1 Introduction (Introduction)

7.9.1.1 Objectif (Objective)

La méthode « de mesures intermittentes » offre une alternative aux méthodes de mesure coûteuses en limitant le nombre de jours de mesure nécessaires, dans le cas des bâtiments d'élevage avec ventilation mécanique et enregistrement continu du débit de ventilation (Vranken et al., 2002, 2004).

La détermination traditionnelle des facteurs d'émission d'ammoniac (utilisée dans plusieurs pays), se fonde sur le fait que les concentrations en ammoniac et le débit de ventilation doivent être mesurés fréquemment (par exemple toutes les 15 minutes) pendant plusieurs saisons, par exemple plus de 200 jours pour des porcs à l'engrais (Van Ouwerkerk, 1993). Ces mesures sont coûteuses en raison de l'équipement spécialisé (par exemple moniteur photo-acoustique de gaz), du travail et de la durée des périodes de mesure. On estime en 2009 que les coûts liés à cette méthode de mesure traditionnelle pour déterminer l'émission annuelle d'ammoniac dépassent 50.000 euros pour chaque bâtiment d'élevage (Hendriks et al., 2001).

L'objectif principal de cette procédure est de décrire le développement d'un procédé pour une prévision fiable de l'émission annuelle d'ammoniac utilisant aussi peu de jours de mesure que possible. De plus, l'usage de critères de sélection des jours de mesure pour améliorer l'exactitude des émissions est analysé.

The method of "intermittent measurements" tries to offer an alternative for expensive measuring approach by limiting the number of required measuring days in the case of animal houses with mechanical ventilation and continuous recording of ventilation rate (Vranken et al., 2002, 2004).

Traditional determination of ammonia emission factors (as used in several countries), relies on the fact that the ammonia concentrations and the ventilation rate must be measured high frequently (for example every 15 minutes) during several seasons, such as over 200 days for fattening pigs (Van Ouwerkerk, 1993). These measurements are very expensive due to the high specialized equipment (e.g. photo-acoustic gas monitor), the labor and the duration of the measuring periods. The costs associated with this traditional measuring method to determine the yearly ammonia emission are estimated in 2009 to be more than 50.000 Euro for each livestock building to be measured (Hendriks et al., 2001).

The main objective in this chapter is to describe the development of a procedure for a reliable prediction of yearly ammonia emission with as few measuring days as possible. It is further investigated whether the use of selection criteria for the measuring days results in an increased accuracy.

7.9.1.2 Domaine d'application (Scope)

Avec la méthode de « mesures intermittentes » la concentration en ammoniac dans un bâtiment d'élevage spécifique est modélisée pour chaque instant avec un modèle empirique d'émission

With the method of "intermittent measurements" the ammonia concentration in a specific animal house is modeled each moment based on an empirical ammonia emission model for a specific

d'ammoniac adapté à un bâtiment d'élevage spécifique. Ce modèle d'émission ammoniacale peut être appliqué pour autant que quelques variables climatiques sont enregistrées en continu (température intérieure, température extérieure et débit de ventilation), et d'autres variables sont observées périodiquement comme la concentration en ammoniac ou certaines variables de gestion telles que le poids et le nombre des animaux.

Ce modèle ne dépend pas du mode de gestion des effluents, à condition que la cinétique des émissions d'ammoniac soit déterminée essentiellement par le métabolisme des animaux et par le climat. Par conséquent il devrait s'appliquer à tous les bâtiments d'élevage avec ventilation mécanique et lisier.

Le modèle n'exige aucun prélèvement d'effluent, ni connaissance sur l'alimentation ou sur le métabolisme animal. Cependant, si le bilan de matière n'est pas calculé, il n'y aura pas de contrôle de l'exactitude du résultat.

livestock building. This model of ammonia emission can be applied provided some climate variables are continuously recorded (indoor temperature, outdoor temperature and ventilation rate), and other variables are periodically observed like ammonia concentration or some management variables such as weight and number of the animals.

This model does not depend on the kind of manure management, provided the kinetics of ammonia emissions is mostly driven by the metabolism of the animals and the climate. Therefore it should especially well apply to all animal houses with mechanical ventilation and liquid manure management.

The model does not require any sampling of manure, nor knowledge on feed or on animal metabolism. However, if mass balance is not monitored, there will not be any control of the result accuracy.

7.9.1.3 Principes (Principles)

L'émission d'ammoniac dépend de plusieurs variables liées au bâtiment parmi lesquelles les pratiques de l'éleveur sont de loin les plus importantes. En conséquence, les paramètres du modèle d'émission diffèrent pour chaque bâtiment. Dans des études précédentes (Vranken et al., 2002, 2004) les paramètres du modèle étaient fixes tout au long de l'année. L'analyse approfondie sur de nouveaux ensembles de données a prouvé que ceci peut conduire à des erreurs atteignant 25%. Par conséquent, l'adaptation des paramètres du modèle au cours du temps a été développée pour pouvoir traiter les cas où le déterminisme du dégagement d'ammoniac évolue dans le temps, comme la température de l'effluent, son pH, sa teneur en azote, etc.

Le schéma suivant montre une présentation schématique du procédé intermittent de mesures estimant l'émission annuelle d'ammoniac. Avec la méthode « de mesures intermittentes » la concentration en ammoniac dans un bâtiment d'élevage spécifique doit être modélisée chaque moment basé sur un modèle empirique d'émission d'ammoniac pour ce bâtiment d'élevage spécifique.

The ammonia emission depends on several stable-related variables of which the farmer's management is far the most important. Consequently, the model parameters in the emission model differ for each building. In previous studies (Vranken et al., 2002, 2004) model parameters were fixed throughout the year. Further analysis on new datasets showed that this can result in errors up to 25%. Therefore, time variant estimation of model parameters was introduced to be able to deal with the changing driving forces in ammonia release, such as manure temperature, pH, nitrogen content, etc.

Next Figure shows a schematic presentation of the intermittent measurements procedure to estimate the yearly ammonia emission. With the method of "intermittent measurements" the ammonia concentration in a specific animal house is to be modelled each moment based on an empirical ammonia emission model for that specific livestock building.

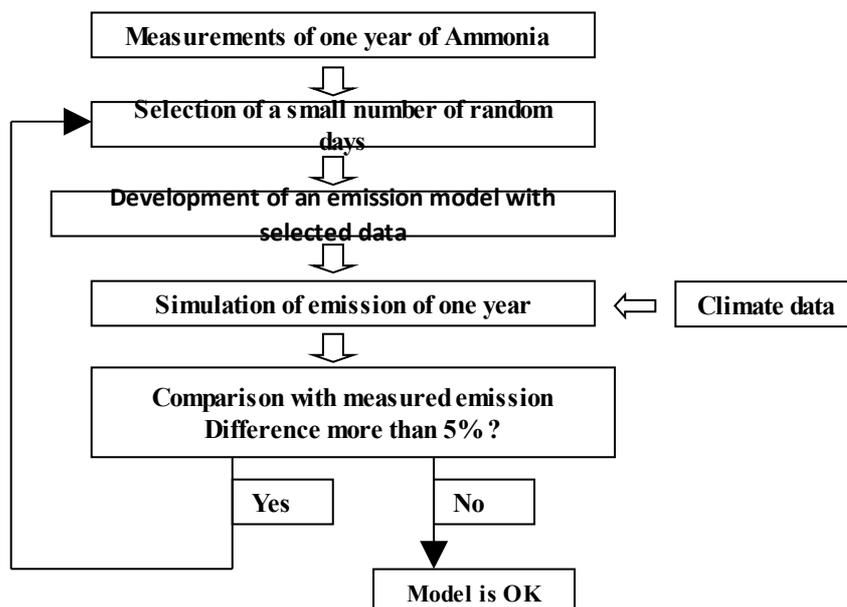


Figure 37. Schematic presentation showing the procedure of intermittent measurements to estimate yearly ammonia emission

Ce modèle d'émission d'ammoniac calcule l'émission d'ammoniac en fonction de variables climatiques simples à mesurer (température intérieure, température extérieure, débit de ventilation) qui sont disponibles tout au long de l'année grâce au système de régulation du climat intérieur qui peut les enregistrer en continu, en association avec certaines variables de gestion telles que le poids et le nombre d'animaux (Figure ci-dessous).

This ammonia emission model calculates the ammonia emission as a function of simply measurable climate variables (indoor temperature, outdoor temperature and ventilation rate) that are continuously available throughout the year from the climate controller, in combination with some management variables such as weight and number of animals (Figure below).

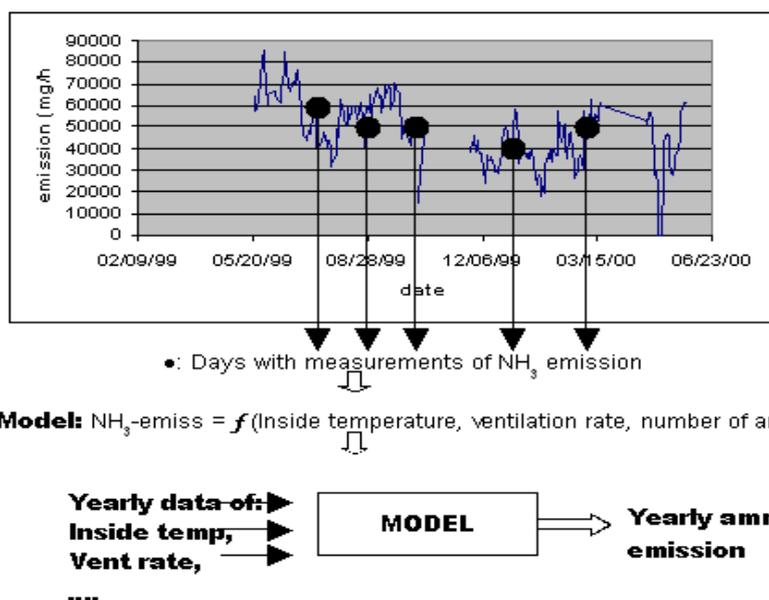


Figure 38. Example for ammonia emission model of short measuring period. Ammonia emission as a function of number of easily measurable variables such as inside temperature, ventilation rate, number of animales ... etc.

7.9.2 Appareillage (equipment)

Les variables observées sont :

- température extérieure (°C),
- température de l'air intérieur (°C),
- nombre et poids des animaux (kilogramme),
- concentration en gaz (mg.m⁻³),
- débit de ventilation (m³.h⁻¹).

Les concentrations en ammoniac peuvent être observées par exemple à l'aide d'un moniteur photo-acoustique multi-gaz (INNOVA, Figure ci-dessous).

Observed variables are:

- Outside temperature (°C),
- Inside air temperature (°C),
- Number and weight of the animals (kg),
- gas concentration (mg.m⁻³),
- ventilation rate (m³.h⁻¹).

Measuring ammonia concentration using for example Photo-acoustic multi-gas monitor (INNOVA, Figure below).



Figure 39. Photo-acoustic multi-gas monitor with 6 channel multi-sampler

Afin de calculer le taux d'émission d'ammoniac, le débit de ventilation à l'intérieur du bâtiment peut être mesuré en utilisant un capteur de débit de ventilation calibré tel que le 'Fancom Exavent ®' (c.-à-d. Free Running Impeller, Figure ci-dessous).

Les hélices folles (Free Running Impeller) couvrent la section entière de la gaine d'extraction et permettent de mesurer le débit volumétrique. Ces types de sondes peuvent également s'appeler « measuring fan », « free impelling turbine », or « turbine flow meter ». Le flux d'air exerce une force sur les pales de l'hélice, convertissant la vitesse linéaire du fluide en vitesse angulaire de l'hélice. La sonde est placée dans une section circulaire de la gaine de ventilation et convertit la vitesse de rotation en débit volumique moyen (Berckmans, 1986 ; Vranken, 1999 ; Berckmans et al., 1991, 2001). Elles constituent les moyens les plus courants pour une mesure précise du débit de ventilation dans les élevages avec ventilation mécanique. L'amplitude opérationnelle de ventilation de ces sondes est étendue, c.-à-d., de 60 m³.h⁻¹ à 14.000 m³.h⁻¹. L'incertitude des hélices dépend de leur conception et de leur taille. De nos jours, elles peuvent mesurer avec une incertitude aussi faible que 5% (Vranken et al., 2005) pour des bâtiments à ventilation mécanique. Ces hélices nécessitent des sections standard et circulaires pour les orifices d'entrée ou de sortie d'air. Pour réduire les fluctuations dues aux effets de densité, les gaines verticales (cheminées) sont privilégiées

In order to calculate the ammonia emission rate, the ventilation rate inside the building can be measured using a calibrated 'Fancom Exavent ®' ventilation rate sensor (i.e. Free Running Impeller, Figure below).

Free running impellers are volumetric flow rate sensing meters covering the whole exhaust section. These types of sensors can also be called as measuring fan, free impelling turbine, or turbine flow meter. The fluid stream exerts a force on blades, setting it in motion and converting the fluid's linear velocity to an angular velocity of the impeller blade. The sensor is placed in a circular duct or ventilation opening and relates rotational speed to average volume rate of fluid flow (Berckmans, 1986; Vranken, 1999; Berckmans et al., 1991, 2001). They are the most common means of accurate measuring ventilation rate in mechanically ventilated stables. Operational ventilation range of these sensors is large, that is, from 60 m³.h⁻¹ to 14,000 m³.h⁻¹. The inaccuracy of fans depends on design and size. Nowadays, they can measure down to 5% inaccuracy (Vranken et al., 2005) for mechanically ventilated buildings. These impellers need standard and circular inlet/outlet section for the measurement opening. To overcome the fluctuations due to thermal buoyancy, vertical chimneys are preferred for measurements.

pour les mesures.

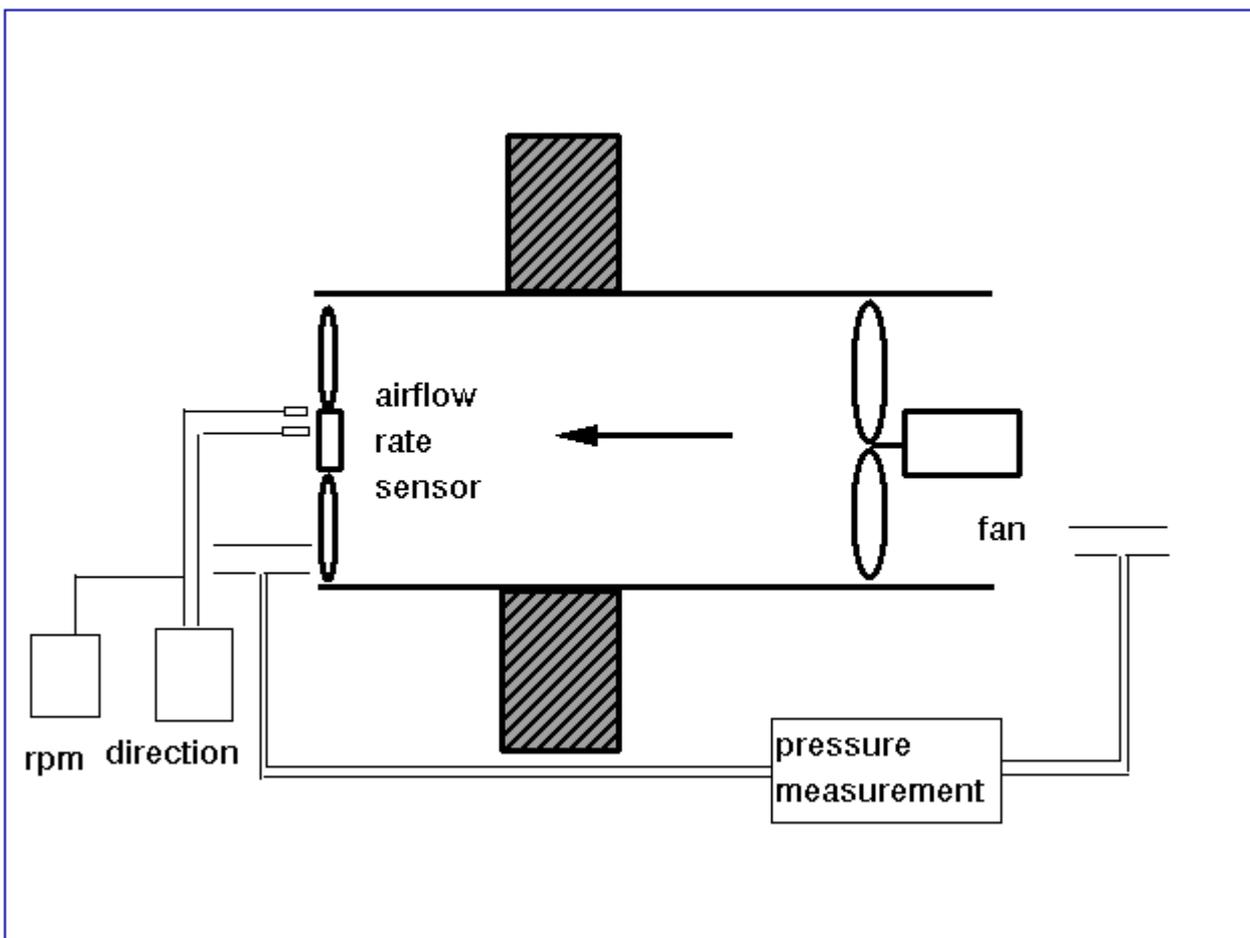


Figure 40. Principle of ventilation rate measurement with a free running impeller and a pressure difference measurement (Adapted from Berckmans, 1986)

7.9.3 Observations (Observations)

Des mesures fréquentes de toutes les variables doivent être acquises et enregistrées dans un ordinateur ou une acquisition de données.

Frequent measurements of all variables have to be done and stored in a computer or datalogger.

7.9.4 Calculs (Calculations)

L'émission ammoniacale peut être calculée en fonction des variables simples observées de la manière suivante :

Ammonia emission can be calculated as function of number of easy measurable variables as follow:

[92] $NH3_{emiss} = f(\text{Inside temperature, ventilation rate, number of animals ...})$

Cela peut être formulé sous forme générale par :

This can be put in the general form:

$$[93] \quad [NH_3] = a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_m x_m + e$$

ou d'une autre manière :

or in another way:

$$[94] \quad \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} x_{11} x_{12} \dots x_{1m} \\ x_{21} x_{22} \dots x_{2m} \\ \vdots \quad \vdots \quad \ddots \quad \vdots \\ x_{n1} x_{n2} \dots x_{nm} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix}$$

Ce qui peut être écrit sous la forme :

this can be written as:

$$[95] \quad Y = A \cdot X + e$$

où $[NH_3]$ est la concentration en ammoniac, a_1, a_2, \dots, a_m sont les m paramètres du modèle, x_1, x_2, \dots, x_m sont les m variables d'entrée, y_1, y_2, \dots, y_n sont les concentrations en ammoniac des n échantillons. Y est un vecteur des concentrations en ammoniac, A est un vecteur des paramètres du modèle, X est une matrice des variables d'entrée d'ordre $n \times m$, et e est un vecteur des erreurs du modèle.

Afin d'estimer les paramètres du modèle le problème suivant de minimisation doit être résolu :

where $[NH_3]$ is the ammonia concentration, a_1, a_2, \dots, a_m are the m model parameters, x_1, x_2, \dots, x_m are the m input variables, y_1, y_2, \dots, y_n are the ammonia concentration of n samples. Y is a vector of ammonia concentrations, A is a vector of the model parameters, X is a matrix of the input variables with the order $n \times m$, and e is a vector of the model errors.

In order to estimate the model parameters the following minimization problem is to be solved:

$$[96] \quad \min e^T \cdot e$$

Dans la procédure d'optimisation, le vecteur de paramètres A peut être estimé en minimisant l'erreur e par la méthode des moindres carrés, selon :

In the optimisation procedure, the parameter vector A can be estimated by the minimizing the error e by means of least square method as follows:

$$[97] \quad A = (X^T X)^{-1} X^T \cdot Y$$

où l'exposant T indique la transposition.

where the superscript T denotes transposition.

7.9.5 Contrôles et vérifications (Control and checkout)

Une fois calculée, l'émission devrait être comparée aux valeurs de référence données pour une catégorie voisine du bâtiment d'élevage étudié.

Si l'émission est calculée pendant quelques semaines, alors elle devrait être comparée au déficit du bilan de masse. Pour cette raison il est recommandé de calculer non seulement les gaz polluants mais également CO_2 et H_2O parce qu'il est plus facile de calculer le bilan de matière du carbone et de l'eau, et donc d'examiner la validité des calculs.

Once calculated the emission should be compared to reference values given for a similar category of animal house.

If the emission is calculated over a period of some weeks, then it should be compared to the deficit of the mass balance. For this reason it is recommended to calculate not only the polluting gases but also CO_2 and H_2O because it is easier to calculate the mass balance of carbon and water, and therefore to check the validity of the calculations.

7.9.6 Expression des résultats, calcul d'incertitude et interprétation (Expression of results, uncertainty estimate, and interpretation)

La méthode des mesures intermittentes pour estimer l'émission d'ammoniac issue des bâtiments d'élevage peut être employée avec succès de façon précise et peu coûteuse. L'erreur de prédiction peut être estimée en comparant la mesure d'émission calculée pour toutes les données de concentration à la prévision du modèle. Cette comparaison suppose que toutes les mesures de débit de ventilation demeurent aussi précises que lors du calibrage en laboratoire. La sensibilité de l'exactitude du modèle au nombre de jours de calibrage des paramètres d'émission ammoniacale peut également être estimée de cette façon.

Ce modèle a été mis au point pour des conditions où l'ammoniac est le principal gaz azoté émis. La comparaison au défaut de bilan d'azote permet de s'assurer que l'émission d'ammoniac constitue bien l'essentiel de la perte d'azote. Si ce n'est pas le cas, des mesures d'émission en continu sont nécessaires pour vérifier que le modèle est applicable.

The method of intermittent measurements to estimate ammonia emission out of animal houses can be successfully applied in a cheap and accurate manner. The prediction error can be estimated by comparing the emission measurement from all concentration data to the model prediction. This comparison assumes that all ventilation rate measurements remain as accurate as indicated by the laboratory calibration. The sensitivity of model accuracy to the number of calibration days for parameter estimation of ammonia emission can also be estimated in this way.

This model has been developed for animal houses where ammonia is the main gaseous loss of nitrogen. Comparing the cumulated emission to the deficit of the nitrogen budget allows to check this assumption. If the nitrogen deficit is much higher than the ammonia emission, the model estimates should be compared to continuous measurements of ammonia emissions in order to check whether the model can be used.

7.9.7 Enregistrements et rapports d'essais (Recordings and reports)

Voici un exemple de rapport.

Des mesures d'émission d'ammoniac ont été effectuées dans un élevage de poulets de chair ventilé mécaniquement appartenant au Centre Provincial pour la Recherche Appliquée Avicole (Geel, Belgique). De juin 2001 à août 2001 des mesures ont été effectuées dans une partie du bâtiment ; d'octobre 2001 à juillet 2002, l'émission d'ammoniac a été mesurée simultanément dans deux compartiments identiques. Au total, les données de dix périodes d'élevage réparties sur un an ont été collectées.

Les dimensions des deux compartiments du poulailler étaient 18.75m x 16m et la densité était de 16 poulets.m² et 20 poulets.m² respectivement. Le sol en béton a été couvert de 5 cm de copeaux en bois. L'alimentation et l'eau ont été fournies à volonté. Chaque compartiment a eu six ventilateurs, montés dans des cheminées en toiture. Trois des six cheminées ont été équipées d'une hélice folle calibrée pour mesurer les débits de ventilation (Berckmans et al., 1991). Les entrées d'air ont été installées sur les deux murs latéraux du bâtiment à une hauteur de 1,5m au-dessus du sol.

La concentration en ammoniac a été mesurée avec un moniteur photo-acoustique multi-gaz (Innova 1312) avec un multiplexeur 6 voies. Les échantillons d'air à l'intérieur des bâtiments ont été prélevés sur la cheminée d'extraction et transportés par des tubes FEP jusqu'à l'analyseur. La concentration en ammoniac a été mesurée toutes les 16 minutes par point de prélèvement (1.5 minutes de rinçage et 0.5 minute de mesure). L'hélice folle calibrée 'Fancom Exavent®' a mesuré les débits de ventilation avec une précision de 45m³.h⁻¹. Toutes les variables (débit de ventilation, température intérieure et extérieure et humidité) ont été enregistrées toutes les 30 minutes.

Le poids des poulets a été modélisé en fonction du temps sur la base de pesées automatiques quotidiennes des animaux. Le polynôme ajusté sur le poids des poulets en fonction de leur âge a été :

This is an example of report.

Ammonia emission measurements were performed in a mechanically ventilated broiler house belonging to the Provincial Centre for Applied Poultry Research (Geel, Belgium). From June 2001 to August 2001 measurements were executed in one compartment of the broiler house; from October 2001 to July 2002, ammonia emission was measured simultaneously in two identical compartments. In total, data of ten growing periods spread over one year were collected.

The dimensions of both compartments of the broiler house are 16m × 18.75m and the stocking density was 16 broilers/m² and 20 broilers/m² respectively. The concrete floor was covered with a 5 cm layer of wood shavings. Feed and water were provided ad lib. Each compartment had six fans, mounted in roof chimneys. Three of the six chimneys were equipped with a calibrated ventilation rate sensor (Berckmans et al., 1991). The air inlets were installed in both side walls of the building at a height of 1,5m above the floor.

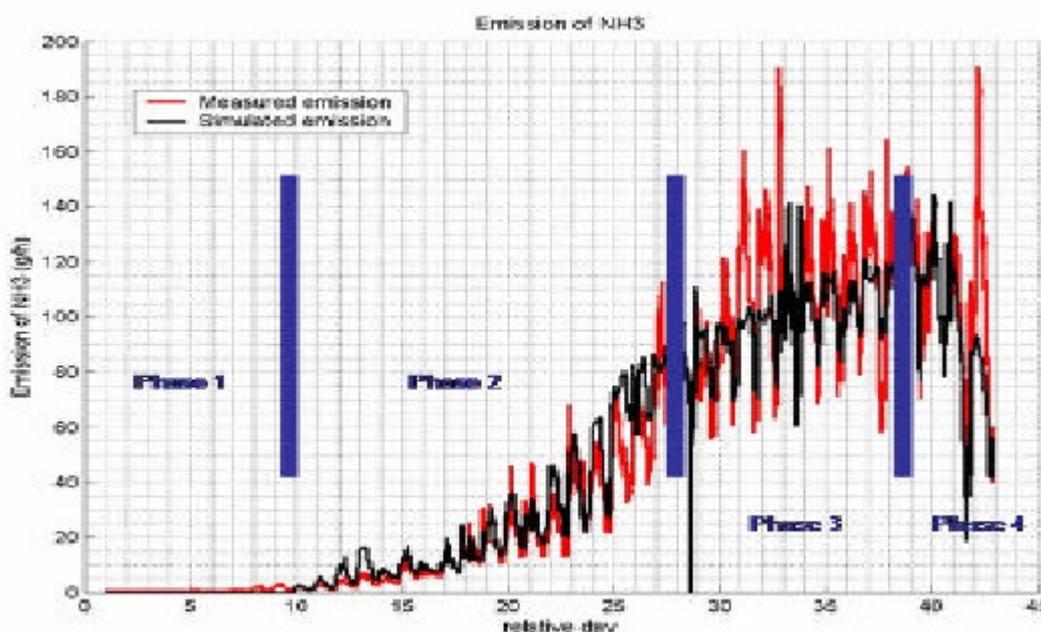
The ammonia concentration was measured with a photo-acoustic multi-gas monitor (Innova 1312) with a 6 channel multi-sampler. Indoor air samples were taken in the exhaust chimney and transported through FEP-tubes to the measuring device. Ammonia concentration was measured every 16 minutes per sampling point (1.5 minutes flushing and 0.5 minute measuring). A calibrated 'Fancom Exavent®' ventilation rate sensor measured ventilation rates with an accuracy of 45m³/h. All variables (Ventilation rate, indoor and outdoor temperature and humidity) were recorded every 30 minutes.

The weight of the chickens were modelled as a function of time based on the daily automatic weightings of the animals. The polynomial fit of the weight as a function of the age of the chickens was:

$$[98] \quad \text{Weight} = -0.0085 \text{ day}^3 + 1.5409 \text{ day}^2 - 1.2587 \text{ day} + 52.526 \quad R^2 = 0.99$$

L'émission d'ammoniac résulte d'une interaction complexe de plusieurs processus au cours de la période d'élevage. La modélisation sur toute la période d'élevage a donc été fractionnée. Comme indiqué sur la figure suivante, la phase initiale de la période d'élevage (jusqu'au jour 10) représente une petite fraction de l'émission qui peut être estimée à 0.25% de toute l'émission. La deuxième phase de l'émission peut être liée au poids des poulets (jour 10 à jour 28). Dans la phase suivante l'émission reste relativement stable, elle dure du jour 28 jusqu'au jour 38. Dans la dernière phase une petite diminution d'émission d'ammoniac a été notée.

The emission of ammonia is a complex interaction of several processes during the growing period, and therefore the modelling over a whole growing period was split up. As seen in next Figure, the initial phase of the growing period (until day 10) represents a little fraction of the emission and could be estimated to 0.25% of the total emission. The second fraction of the emission could be linked to the weight-curve of the chickens (day 10 to day 28). The next stadium wherein the emission stays relatively stable starts at day 28 and lasts until day 38. In the last phase a small decrease in ammonia emission was noted.



La deuxième phase de la période d'élevage correspond à une structure simple de modèle linéaire comprenant les variables : poids des animaux (W), production de chaleur des animaux (H) et débit de ventilation (V). Pour la troisième phase de la période d'élevage, la température extérieure a dû être incorporée comme variable. Le meilleur modèle dans la dernière phase a eu une structure comparable.

Brièvement :

Phase 1 : $NH_3^e = 0.25\%$ de l'émission totale

Phase 2 : $NH_3^e = a_2W + b_2H + c_2V$

Phase 3 : $NH_3^e = a_3W + b_3H + c_3V + (d_3 T_{out})$

Phase 4 : $NH_3^e = a_4W + b_4H + c_4V + (d_4 T_{out})$

The second phase of the growing period in a simple linear model structure including the variables: weight of the animals (W), heat production factor of the animals (H) and the ventilation rate (V). For the third phase of the growing period, outside temperature had to be incorporated as a variable. The best model in the last phase had a comparable structure.

Briefly:

Phase 1: $NH_3^e = 0.25\%$ of total emission

Phase 2: $NH_3^e = a_2W + b_2H + c_2V$

Phase 3: $NH_3^e = a_3W + b_3H + c_3V + (d_3 T_{out})$

Phase 4: $NH_3^e = a_4W + b_4H + c_4V + (d_4 T_{out})$

<p>Avec :</p> <p>NH_3^e : émission d'ammoniac ($mg \cdot h^{-1}$)</p> <p>V : débit de ventilation ($m^3 \cdot h^{-1}$)</p> <p>W : poids des animaux (kilogramme)</p> <p>H : facteur de production de chaleur ($kg^{3/2}$)</p> <p>T_{out} : température extérieure ($^{\circ}C$)</p> <p>$a_2, a_3, a_4, b_2, b_3, b_4, c_2, c_3, c_4, d_3, d_4$: coefficients de calage</p> <p>Le modèle pour les 8 périodes d'élevage a eu un R^2 supérieur à 0.95. L'analyse de régression a indiqué une légère diminution d'exactitude quand la température extérieure était incluse au lieu de la température intérieure.</p> <p>La méthode des mesures intermittentes pour estimer l'émission d'ammoniac issue d'un poulailler a été appliquée avec succès précise et d'une façon bon marché. Une erreur de prévision de 10% a été réalisée sur 24 jours de mesure avec une fréquence d'échantillonnage de 16 minutes, tout au long de l'année.</p> <p>Une réduction du nombre de jours de mesure en réutilisant les paramètres du modèle pour les jours avec des conditions atmosphériques extérieures comparables a eu comme conséquence une erreur de prévision accrue. Une erreur de prévision de 23% a été réalisée avec 12 jours de mesure.</p>	<p>With:</p> <p>NH_3^e: Ammonia emission ($mg \cdot h^{-1}$)</p> <p>V: Ventilation rate ($m^3 \cdot h^{-1}$)</p> <p>W: Weight of the animals (kg)</p> <p>H: Heat production factor ($kg^{3/2}$)</p> <p>T_{out}: Outside Temperature ($^{\circ}C$)</p> <p>$a_2, a_3, a_4, b_2, b_3, b_4, c_2, c_3, c_4, d_3, d_4$: Estimated coefficients</p> <p>All model for the 8 growing periods had a R^2 of at least 0.95. The regression analysis revealed a slight decrease in accuracy when outside temperature was included instead of inside temperature.</p> <p>The method of intermittent measurements to estimate ammonia emission out of a broiler house was successfully applied in a cheap and accurate manner. A prediction error of 10% was achieved with 24 measuring days with a sample frequency of 16 minutes, throughout the year.</p> <p>A further reduction of measuring days by reuse of coefficients for models with a comparable outside weather condition resulted in less accurate prediction error. A prediction error of 23% was achieved with 12 measuring days.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.10 Procédure pour la mesure du débit d'air par anémomètre dans les bâtiments d'élevage à ventilation mécanique continue (*Guidelines for the measurement of air flow rate with anemometer in animal houses with continuous mechanical ventilation*)

7.10.1 Introduction (Introduction)

7.10.1.1 Objectif (Objective)

La mesure du débit d'air peut être une bonne illustration de la qualité de l'air en relation avec les besoins physiologiques. À l'intérieur des bâtiments, le renouvellement d'air est une nécessité pour la régulation de la température et l'évacuation des gaz comme l'anhydride carbonique et l'ammoniaque. La mesure de la vitesse d'air ou directement du débit d'air permet de vérifier la bonne application des règles de ventilation depuis de nombreuses années.

Une autre exemple d'application est donné avec les facteurs d'émissions gazeuses où le débit de ventilation par animal est multiplié par le gradient de concentration du gaz étudié, entre l'entrée et la sortie d'air.

L'objectif de ces recommandations est de proposer une méthode pour mesurer le débit d'air dans les gaines utilisées pour l'aération continue des bâtiments d'élevage, tels que les logements de porc, quels que soient les stades physiologiques considérés.

The measurement of air flow rate can be a good illustration of air quality in relation with physiological needs. Inside buildings, the renewal of air is a necessity for the temperature regulation and the evacuation of gases like carbon dioxide and ammonia. The measurement of air velocity or directly of air flow rate allows the control of a good application of ventilation rules since many years.

Another application is found with gaseous emissions factors where the ventilation rate per animal is applied to the gradient of concentration of the studied gas, between inlet and outlet air.

The objective of these guidelines is to propose a method to measure the air flow rate in continuously ventilated chimneys of animal houses, such as pig housings whatever the physiology stages considered.

7.10.1.2 Domaine d'application (Scope)

Aucune restriction d'application ne doit être considérée mise à part le libre accès aux gaines d'aération où les mesures doivent être réalisées.

Cependant, l'exactitude des mesures dépend fortement des conditions régnant pendant les observations. Les facteurs suivants affecteront l'incertitude de mesure :

- la mesure à l'aspiration du ventilateur est meilleure que celle au soufflage parce que les mouvements d'air sont généralement parallèles à la cheminée tandis qu'au soufflage les mouvements d'air sont plus turbulent, allant jusqu'à des mouvements d'air à contre-sens du flux d'air moyen, induisant des différences entre la vitesse d'air moyenne et la vitesse d'air

No restriction of application has to be considered otherwise the free access to the ventilation duct where measures have to be achieved.

However, the measurement accuracy highly depends on the conditions prevailing during the observations. Following factors will affect the measurement uncertainty:

- measurement upwind from the ventilator are better than downwind because the air moves parallel to the chimney while the movement can be more turbulent downwind, inducing differences between mean air velocity and punctual air velocity;

<p>ponctuelle ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - les mesures devraient être faites dans le premier tiers de la gaine d'extraction d'air, dans une section dont la longueur sans perturbations vaut environ 10 fois le diamètre ; - les mesures devraient être faites quand le vent extérieur est faible et régulier parce que les variations extérieures de vent peuvent induire des variations de la différence de pression statique aux extrémités de la gaine d'extraction qui induiront des variations de vitesse d'air moyenne au cours de la période de mesure. <p>Quand la ventilation est discontinuë (régulation de la ventilation par dosage séquentiel des ventilateurs), les périodes de mise en marche et d'arrêt du ventilateur devraient également être prises compte, comme la fraction de temps du fonctionnement. Dans ce cas, la mesure de vitesse d'air peut être faite à l'entrée d'air, où le débit d'air est continu, en raison de la régulation de la dépression dans le bâtiment, si la section de l'entrée d'air ne change pas pendant la mesure de vitesse d'air.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>measurements should be made in the first third of a chimney sections where the length without perturbations is around 10 times the diameter;</i> - <i>measurements should be made when outside wind is small and regular because outside wind variations can induce variations of static pressure differences across the ventilator that will induce variations of mean air velocity during the measurement period.</i> <p><i>When the ventilation is discontinuous (ventilation control by alternative running of the fans), the periods of starting and stopping the ventilator should also be taken into account, as well as the time fraction of functioning. Therefore, the air speed measurement can be done at the air inlet, where the air flow rate is continuous, because the depression inside the building is controlled, provided the area of the air inlet does not change during the air speed measurement.</i></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.10.1.3 Principes (Principles)

Le débit d'air est calculé par l'expression suivante :	<i>The flow rate is determined by the following relationship :</i>
--------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

$$[99] \quad Q = V \times A$$

<p>où :</p> <p>Q = débit d'air exprimé en mètres cubes d'air humide par heure ($m^3.h^{-1}$)</p> <p>V = vitesse d'air moyenne de l'air exprimée en mètres par heure ($m.h^{-1}$)</p> <p>A = section de la gaine de ventilation ou du conduit exprimée en mètres carrés (m^2).</p> <p>Pour déterminer la vitesse moyenne, l'ouverture est divisée en un certain nombre de secteurs égaux. La vitesse est mesurée au centre de chaque secteur. Les données de tous les secteurs sont moyennées et donnent la vitesse moyenne utilisée dans l'équation ci-dessus.</p>	<p><i>Where:</i></p> <p><i>Q= flow rate expressed in cubic meter of moist air per hour ($m^3.h^{-1}$)</i></p> <p><i>V= average air velocity expressed in meter per hour ($m.h^{-1}$)</i></p> <p><i>A = cross-sectional area of chimney or duct expressed in square meter (m^2).</i></p> <p><i>To determine the average velocity, the opening is divided into a number of equal areas. The velocity is measured at the center of each area. Data collected for all areas are averaged and give the average velocity used in above equation.</i></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.10.2 Appareillage (equipment)

<ul style="list-style-type: none"> - anémomètre fil chaud - perceuse et mèche 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Hot-wire anemometer</i> - <i>Drill and bit</i>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- marqueur - scotch - mètre	- Marker - adhesive tape - Meter
-----------------------------------	----------------------------------------

7.10.3 Observations (Observations)

<p>Mesures</p> <p>Sur le conduit - en PVC ou en bois - 50 cm avant le ventilateur, on perce un trou de diamètre 1cm afin d'insérer la tige de l'anémomètre.</p> <p>La sonde est introduite aussi horizontalement que possible dans la section du conduit jusqu'à ce qu'elle touche le côté opposé du conduit. Le marqueur est utilisé pour repérer le diamètre sur la tige de l'anémomètre (figure ci-dessous). Cela permet de confirmer le diamètre du conduit. On divise la section du conduit en n sections égales avec des marques sur la tige de l'anémomètre. Ces marques aideront l'opérateur à déterminer le secteur où est le capteur. À chacune des n sections, des premières mesures moyennes seront obtenues. Certains anémomètres proposent une mesure moyenne, sur une certaine durée, à partir des données instantanées observées. Noter les valeurs observées et les heures d'observation.</p>	<p>Measurements</p> <p>On the duct – in PVC or wood – 50 cm before the fan, a hole 1cm diameter will be realized in order to insert the stalk of anemometer.</p> <p>The sensor will be introduced as horizontal as possible through the duct section until it touch the opposite side of the duct. With the marker, the diameter is marked on the stalk of the anemometer (Figure below). It permits to confirm the diameter of the duct. Divide the whole section in n equal sections with marks on the stalk of anemometer. These marks will help the operator to determine the area where is the captor. At each n area, a first average data will be obtained. Actually, a duration of measure is proposed by the anemometer which average instantaneous data obtained. Report the observed values and the time they were observed.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

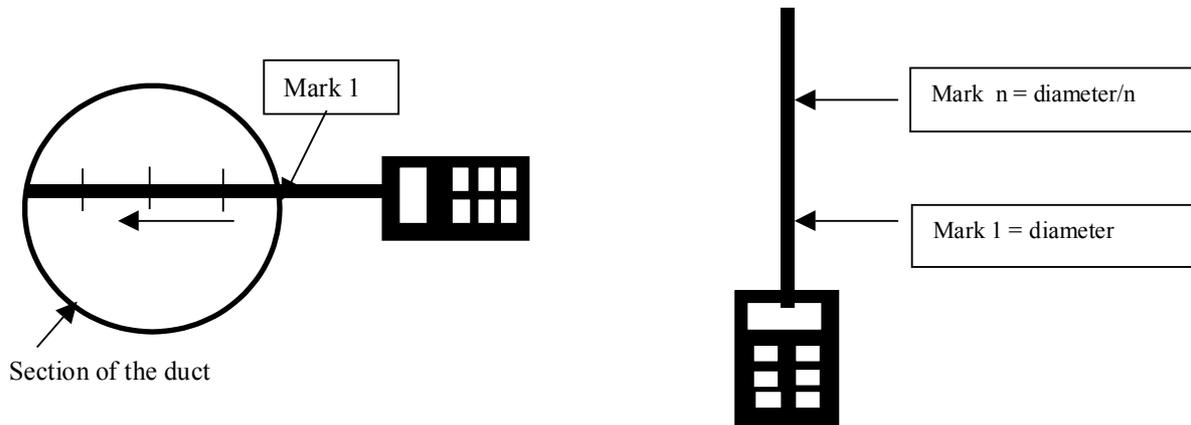


Figure 41. Mesure de vitesse d'air dans une cheminée d'extraction en utilisant un anémomètre à fil chaud (Air speed measurements in a chimney using a hot-wire anemometer)

<p>Fréquence et périodes de surveillance</p> <p>Une durée de 20 à 40 secondes semble être suffisante pour avoir des données représentatives de la vitesse d'air. Des mesures sur chacun des n secteurs devraient être réalisées en sorte</p>	<p>Frequency and times of monitoring</p> <p>Duration of 20 to 40 seconds appears to be enough to have a representative data of the air velocity. Measurements at each n area will be achieved in order to obtain a minimum of five</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

d'obtenir au minimum cinq données homogènes. Par exemple, pour un conduit de 45 cm de diamètre, cinq ou six secteurs avec cinq données homogènes par secteur peuvent donner un débit moyen représentatif.	<i>homogeneous data.</i> <i>For example, for a duct of 45 cm diameter, five or six areas with five homogeneous data per area can give a representative average flow rate.</i>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.10.4 Calculs (Calculations)

Le débit moyen est calculé à l'aide de l'équation suivante. L'anémomètre indique les vitesses en mètres par seconde et elles doivent être converties en mètres par heure pour cette équation.	<i>The average flow rate is calculated with following equation.</i> <i>With anemometer, velocity is given in meter per second and needs to be converted in meter per hour for this equation.</i>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$[100] Q = V \times A$$

où : Q = débit d'air exprimé en mètres cubes par heure ($m^3.h^{-1}$) V = vitesse d'air moyenne exprimée en mètres par heure ($m.h^{-1}$) A = section de la gaine ou du conduit exprimée en mètres carrés (m^2).	<i>Where:</i> <i>Q= flow rate expressed in cubic meter per hour ($m^3.h^{-1}$)</i> <i>V= average air velocity expressed in meter per hour ($m.h^{-1}$)</i> <i>A = cross-sectional area of chimney or duct expressed in square meter (m^2).</i>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.10.5 Contrôles et vérifications (Control and checkout)

Pour contrôler l'estimation du débit d'air, on effectue en plus des mesures de vitesse d'air des mesures de température et d'humidité de l'air. Puis les mesures de débit d'air sont utilisées pour calculer des émissions de vapeur d'eau et de chaleur sensible de l'élevage. Ces valeurs devraient être comparées à des estimations des pertes de vapeur d'eau dues à la respiration des animaux, et à des estimations des productions de chaleur sensible dans le bâtiment. Lorsque les animaux sont élevés sur litière et que celle-ci est âgée (plus de trois semaines), il est nécessaire d'ajouter les productions de chaleur sensible et de vapeur d'eau de la litière.	<i>To control the estimates of ventilation, measurements of air temperature and humidity are achieved. Then, the ventilation rate is used to estimate the losses of water vapor and sensible heat from the animal house.</i> <i>These values should be compared to estimates of the respiration losses of the animals and to estimates of sensible heat produced inside the building.</i> <i>When the animals are reared on litter and when it is old (over three weeks), the sensible heat production of the litter and its production of water vapor should be added.</i>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.10.6 Enregistrements et rapports d'essais (Recordings and reports)

Exemple Pour un conduit de diamètre 45 cm,	Example <i>For a duct of 45 cm diameter,</i>
------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------

$A = \pi * (0.45)^2 = 0.636 \text{ m}^2$ La vitesse moyenne mesurée sur six secteurs avec cinq données homogènes est $V = 1.2 \text{ m.s}^{-1} = 4320 \text{ m.h}^{-1}$ $Q = V \times A = 0.636 \times 4320 = 2\,747.5 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$	$A = \pi * (0.45)^2 = 0.636 \text{ m}^2$ <i>The average velocity measured on six areas with five homogeneous data is</i> $V = 1.2 \text{ m.s}^{-1} = 4320 \text{ m.h}^{-1}$ $Q = V \times A = 0.636 \times 4320 = 2\,747.5 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.11 Procédure pour la mesure du débit d'air par bilan CO₂ dans les bâtiments d'élevage (*Guidelines for the measurement of air flow rate with CO₂ balance in animal houses*)

7.11.1 Introduction (Introduction)

7.11.1.1 Objectif (Objective)

La mesure du débit d'air peut être une bonne illustration de la qualité de l'air en relation avec les besoins physiologiques. À l'intérieur des bâtiments, le renouvellement d'air est une nécessité pour la régulation de la température et l'évacuation des gaz comme l'anhydride carbonique et l'ammoniac. Quand la mesure de la vitesse d'air n'est pas faisable, par exemple dans des bâtiments à ventilation naturelle, le contrôle du gradient de CO₂ entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment permet de contrôler la bonne application des règles de ventilation.

Une autre application est proposée avec la mesure des émissions où le débit de ventilation par animal est multiplié par le gradient de concentration du gaz étudié entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment.

L'objectif de ces recommandations est de proposer une méthode pour mesurer le débit d'air dans des bâtiments d'élevage, que la ventilation soit naturelle ou mécanique, lorsque la production de CO₂ par les animaux est connue. Cette méthode s'apparente à une méthode par traçage où le gaz traceur est émis par les animaux.

The measurement of air flow rate can be a good illustration of air quality in relation with physiological needs. Inside buildings, the renewal of air is a necessity for the temperature regulation and the evacuation of gases like carbon dioxide and ammonia. When the measurement of air velocity is not feasible, for example in naturally ventilated buildings, the control of the CO₂ gradient between inside and outside the building allows to control the good application of ventilation rules.

Another application is found with the measurement of gaseous emissions where the ventilation rate per animal is applied to the concentration gradient of the studied gas between inside and outside the animal house.

The objective of these guidelines is to propose a method to measure the air flow rate in animal houses, whatever if the ventilation is natural or mechanical, provided the CO₂ production by the animals is known. This method is similar to a tracing method where the tracer source is achieved by the animals.

7.11.1.2 Domaine d'application (Scope)

L'utilisation du gradient de CO₂ pour estimer le débit de ventilation peut être mise en oeuvre dans tous les bâtiments d'élevage où un modèle correct de production de CO₂ peut être utilisé. C'est le cas pour des bâtiments sur caillebotis ou sur sol plein parce que la plupart des connaissances sur les émissions de CO₂ par des animaux a été observée dans des chambres respiratoires sans accumulation d'effluent (Pedersen et al., 2008). Quand l'effluent est accumulé dans le bâtiment pendant quelques semaines, par exemple avec du fumier, l'émission spécifique de CO₂ par l'effluent devrait être

Using the CO₂ gradient to estimate the ventilation rate can be achieved in the animal houses where a reasonable model of CO₂ production can be applied. This is the case for buildings with slatted or solid floors because most knowledge on CO₂ emissions by animals was observed in respiration chambers without manure accumulation (Pedersen et al., 2008). When manure is accumulated in the building during some weeks for example with solid manure, the specific emission of CO₂ by the manure should be added if it is known.

ajoutée si on la connaît.

Cette méthode ne donne pas des mesures précises en raison des variations d'émissions de CO₂ liées à l'activité animale. Ces variations se produisent dans la plupart des bâtiments d'élevage (CIGR, 2002). Elles peuvent être modélisées et parfois améliorer la prédiction (de Sousa et Pedersen, 2004) mais quand on utilise le modèle et qu'il y a un décalage de temps entre les sorties du modèle et la véritable activité animale, ce décalage a comme conséquence un biais significatif dans l'évaluation de débit de ventilation aux pas de temps horaires. Par conséquent, cette méthode devrait être employée quand l'objectif des mesures est d'avoir une évaluation correcte du débit de ventilation moyen à un pas de temps d'une journée ou d'une demi-journée (jour ou nuit), ou lorsque les fluctuations de production de CO₂ sont négligeables.

This method does not give accurate measurements because of variations of CO₂ emissions due to animal activity. These variations occur in most animal houses (CIGR, 2002). They can be modeled and sometimes improve the estimate (de Sousa et Pedersen, 2004) but when the model is used and there is a time shift between the model output and the true animal activity, this shift results in a significant bias in ventilation rate estimate at hourly time steps. Therefore, this method should be used when the objective of the measurements is to have a reasonable estimate of the mean ventilation rate at a daily or half-daily (day or night) time step, or when the fluctuations around the mean CO₂ production are negligible.

7.11.1.3 Principes (Principles)

Le principe est le même que celui du traçage : on suppose connu le flux de CO₂, on suppose que la ventilation explique la relation entre production de CO₂ et gradient de CO₂, et on en déduit que le taux de ventilation égale le rapport du gradient de CO₂ par la production théorique de CO₂ sortant par la ventilation.

The principle is the same as that of tracing: the CO₂ flux is supposed to be known, it is assumed that ventilation explains the relation between CO₂ production and CO₂ gradient between inside and outside the room, then it is deduced that the rate of ventilation is equal to the ratio of the CO₂ gradient by the theoretical CO₂ production emitted by ventilation.

7.11.2 Appareillage (equipment)

Le matériel varie selon que l'on souhaite effectuer des mesures continues ou discontinues.

On peut se référer aux procédures « bilan de masse » ou « traçage » selon que l'on préfère mettre en oeuvre des mesures continues ou discontinues.

Dans tous les cas, il est souhaitable d'utiliser des appareils pour la mesure des températures et humidités de l'air, et de mesurer la concentration en CO₂ à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment (ou à l'entrée et à la sortie d'air lorsque les salles d'élevage ne sont pas en prise directe avec l'air extérieur).

Depending on discontinuous or continuous measurements, the equipment will vary.

One can refer to the procedures "mass balance" or "tracing" for respectively discontinuous or continuous sampling.

In any case, it is recommended to use equipment for the measurement of air temperature and humidity, and to measure the concentration in CO₂ inside and outside the house (inlet and outlet when the house does not exchange directly with outside the house) .

7.11.3 Observations (Observations)

En cas d'observations manuelles on doit circuler dans tout le volume du bâtiment sans s'approcher

In the case of manual observations one must walk in all the volume of the house without approaching

trop des bords ou des animaux. Il est important d'éviter tout mouvement brusque qui pourrait déclencher des mouvements de panique.

En cas d'enregistrements de concentrations en CO₂ et de température et d'humidité, on doit positionner au moins 2 capteurs, l'un proche de la sortie d'air, l'autre dans l'aire de vie des animaux.

Il est utile de compléter ces observations par des mesures de vitesse d'air aux orifices (volet entrées d'air, cheminées de sortie) si elle sont faisables.

Ces mesures sur l'air doivent être complétées par des observations concernant les animaux, comme leurs poids et production (croissance, lait, oeufs, etc.). La connaissance des aliments (quantités, énergie digestible, etc.) peut être utile pour renseigner les modèles de production de CO₂.

too much the edges or the animals. It is important to avoid any abrupt movement which could start movements of panic.

In the case of recording CO₂ concentrations, temperature and moisture, at least 2 sensors should be used, one close to the exit of air, the other in area where live the animals.

It is useful to supplement these observations by air velocity measurements in the openings (opening for air inlet, shaft for air outlet) if they are feasible.

These measurements in the air should be completed by observations concerning the animals, such as weight and production (growth, milk, eggs, etc.). Knowledge of the feed (quantities, feed energy intake) can be useful inputs for some models of CO₂ production.

7.11.4 Calculs (Calculations)

On calcule la production de chaleur du bâtiment (H_{house} en W) en fonction du nombre et de la nature des animaux (cf. procédure sur les productions de chaleur). Si les animaux sont élevés sur caillebotis ou si la litière est récente (moins de trois semaines), on peut se baser seulement sur le cheptel animal. Si les animaux sont élevés sur litière et que celle-ci est relativement âgée, il faut ajouter la production de chaleur totale de la litière.

Cette production de chaleur est traduite en production de CO₂ (C_{prod} en m³ CO₂.h⁻¹) en utilisant le tableau suivant (Tableau 8.). A la production de CO₂ des animaux, il convient d'ajouter celle du chauffage.

The heat production of the house (H_{house} in W) is calculated according to the number and nature of the animals (cf procedure related to the heat productions). If the animals are reared on slatted floor or if the litter is recent (less than three weeks), the calculation can be only based on the animal livestock. If the animals are reared on litter and if it is relatively old, it is necessary to add the heat production of the litter.

This heat production is converted into CO₂ production (C_{prod} in m³ CO₂.h⁻¹) using the following table (Tableau 8.). CO₂ production due to heating should also be added.

Tableau 8. Production de CO₂ pour 1000 W de chaleur totale produite dans le bâtiment / CO₂ production per hpu at house level (Pedersen et al., 2008).

	C_{hpu} : production de CO ₂ / CO ₂ production (m ³ CO ₂ .hour ⁻¹). (1000 W total heat at house level) ⁻¹
Bovins (Cows)	
Veaux (<i>Calves</i>)	0.170
Vaches laitières (<i>Dairy cows</i>)	0.200
Porcins (Pigs)	
Porcelets (<i>Weaners</i>)	0.185

Porcs charcutiers (<i>Growing pigs</i>)	0.200
Truies (<i>Sows</i>)	0.180
Volailles (<i>Poultry</i>)	
Poulets (<i>Broiler</i>) < 0.5 kg	0.180
Poulets (<i>Broiler</i>) > 0.5 kg	0.185
Poules pondeuses (<i>Layers</i>)	0.180
Ovins (<i>Sheep</i>)	0.175

Puis, la production CO₂ est convertie en débit de ventilation (V_{CO₂} en m³.h⁻¹ à la densité de l'air intérieur) à l'aide des mesures de concentrations en CO₂ (C_{in} et C_{out} sont les concentrations en CO₂ de l'air intérieur et extérieur en ppmv, Blanes & Pedersen, 2005).

Quand des mesures de température et d'humidité de l'air sont réalisées, elles devraient être employées pour calculer la densité de l'air. En effet, l'erreur relative sur le gradient de concentration dû à une erreur dans la densité d'air augmente quand le gradient de concentration est diminué par rapport à la concentration extérieure, et quand la différence de densité d'air est plus élevée.

Then, the CO₂ production is converted into a ventilation rate (V_{CO₂} in m³.h⁻¹ at the air density of inside air) using the measurements of CO₂ concentrations (C_{in} et C_{out} are inside and outside concentrations in CO₂ in ppmv, Blanes & Pedersen, 2005).

When measurements of temperature and humidity are achieved, they should be used to calculate the air density. As a matter of fact, the relative error on the concentration gradient due to an error in air density increases when the concentration gradient is lower compared to the outside concentration, and when the outside air density (ρ_{out} in kg dry air. m⁻³ moist air) is higher than the inside air density (ρ_{in}).

$$[101] \quad C_{\text{prod}} = C_{\text{hpu}} * H_{\text{house}}$$

$$[102] \quad V_{\text{CO}_2} = \frac{C_{\text{prod}}}{(C_{\text{in}} - C_{\text{out}} * \frac{\rho_{\text{in}}}{\rho_{\text{out}}}) * 10^{-6}}$$

7.11.5 Contrôles et vérifications (Control and checkout)

Lorsque des mesures de température et d'humidité de l'air sont effectuées, les mesures de débit d'air devraient être utilisées pour calculer des émissions de vapeur d'eau et de chaleur sensible.

Ces valeurs devraient être comparées à des estimations des pertes de vapeur d'eau dues à la respiration des animaux, et à des estimations des productions de chaleur sensible dans le bâtiment.

Lorsque les animaux sont élevés sur litière et que celle-ci est âgée (plus de trois semaines), il est nécessaire d'ajouter les productions de chaleur sensible et de vapeur d'eau de la litière.

When measurements of air temperature and humidity are achieved, the ventilation rate should be used to estimate the loss of water vapor and sensible heat.

These values should be compared to estimates of the respiration losses of the animals and to estimates of sensible heat produced inside the building.

When the animals are reared on litter and when it is old (over three weeks), the sensible heat production of the litter and its production of water vapor should be added.

7.12 Procédure pour la mesure du débit d'air par bilan thermique dans les bâtiments d'élevage (*Guidelines for the measurement of air flow rate with the heat productions of animals in animal houses*)

7.12.1 Introduction (Introduction)

7.12.1.1 Objectif (Objective)

La mesure du débit d'air peut être une bonne illustration de la qualité de l'air en relation avec les besoins physiologiques. À l'intérieur des bâtiments, le renouvellement d'air est une nécessité pour la régulation de la température et l'évacuation des gaz comme l'anhydride carbonique et l'ammoniaque. Quand la mesure de la vitesse d'air n'est pas faisable, par exemple dans des bâtiments à ventilation naturelle, ou quand la mesure du gradient CO₂ entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment est difficile, l'équilibre thermique du bâtiment d'élevage permet d'estimer le taux de ventilation. La mesure du gradient de CO₂ peut être difficile en raison des inexactitudes dans le gradient dues à la variabilité des concentrations en gaz. Dans certains cas, la mesure en continu de la ventilation est nécessaire mais le coût de la mesure en continu du gradient de CO₂ est trop élevé et la mesure de la vitesse d'air n'est pas faisable. Une autre application de cette évaluation du taux de ventilation est l'estimation des facteurs d'émissions gazeux où le taux de ventilation par animal est multiplié par le gradient de concentration du gaz étudié.

L'objectif de ces directives est de proposer une méthode pour mesurer le débit d'air dans des bâtiments d'élevage, sur la base des mesures de la température et d'humidité, que la ventilation soit naturelle ou forcée. Cette méthode est semblable à une méthode de traçage où la source de traceur est constituée par les animaux et les gradients entre l'intérieur et l'air extérieur sont ceux de chaleur sensible, chaleur latente, et chaleur totale.

The measurement of air flow rate can be a good illustration of air quality in relation with physiological needs. Inside buildings, the renewal of air is a necessity for the temperature regulation and the evacuation of gases like carbon dioxide and ammonia. When the measurement of air velocity is not feasible, for example in naturally ventilated buildings, or when the control of the CO₂ gradient between inside and outside the building is difficult, the heat balance of the animal house allows to estimate the ventilation rate. The control of the CO₂ gradient can be difficult because of inaccuracies in the gradient due to gas concentration variability. In other cases, continuous monitoring of ventilation is required but the cost of continuous monitoring of the CO₂ gradient is too expensive and the measurement of air velocity is not feasible. Another application of this estimation of ventilation rate is found with gaseous emissions factors where the ventilation rate per animal is applied to the concentration gradient of the studied gas.

The objective of these guidelines is to propose a method to measure the air flow rate in animal houses, on the basis of temperature and humidity measurements, whatever if the ventilation is natural or mechanical. This method is similar to a tracing method where the tracer source is achieved by the animals and the gradients between inside and outside air are the sensible heat, the latent heat, and the total heat.

7.12.1.2 Domaine d'application (Scope)

L'utilisation du bilan thermique pour estimer le taux de ventilation peut être réalisée dans les bâtiments d'élevage où un modèle raisonnable de la chaleur produite par les animaux peut être appliqué, et où les autres sources de chaleur

Using the heat balance to estimate the ventilation rate can be achieved in the animal houses where a reasonable model of the heat produced by the animals can be applied, and where the other heat sources (heating, conductive transfer through the

(chauffage, transfert conducteur par les murs) sont connues ou négligeables. C'est le cas pour la plupart des bâtiments sur caillebotis ou sols pleins où les productions de chaleur données par le CIGR (2002) donnent une évaluation raisonnable. La majorité des connaissances sur la production de chaleur par des animaux a été observée dans des chambres de respiration sans accumulation d'effluent (Pedersen et autres, 2008). Quand l'effluent est accumulé dans le bâtiment pendant quelques semaines, la production de chaleur spécifique de l'effluent devrait être ajoutée. Quelques valeurs sont indiquées pour la production de porc par de Oliveira (de Oliveira et autres, 1998 ; de Oliveira, 1999). Cette production est mal connue ce qui explique que ces méthodes sont moins satisfaisantes dans les bâtiments avec fumier.

Cette méthode ne donne pas des évaluations précises en raison des variations de l'activité animale. Ces variations se produisent dans la plupart des bâtiments d'élevage (CIGR, 2002). Elles peuvent être modélisées mais quand le modèle est employé et qu'il y a un décalage de temps entre la sortie du modèle et la réalité, ce décalage a comme conséquence un biais significatif dans l'évaluation de taux de ventilation aux pas de temps horaires. Par conséquent, cette méthode devrait être employée quand l'objectif des mesures est d'avoir une évaluation raisonnable du taux de ventilation moyen à un pas de temps journalier ou d'une demi-journée (jour ou nuit).

Cependant, cette méthode peut être plus robuste que la méthode basée sur le gradient CO₂ quand la production de chaleur des animaux domine l'équilibre thermique (quand les autres apports de chaleur ou pertes de chaleur par les murs sont négligeables). Dans ce cas, quand les trois évaluations basées sur la chaleur sensible, la chaleur latente, et la chaleur totale convergent, la médiane est proche du taux de ventilation « vrai ».

walls) are either known or negligible. This is the case for most buildings with slatted or solid floors where the heat productions given by the CIGR (2002) give a reasonable estimate. Most knowledge on heat production by animals was observed in respiration chambers without manure accumulation (Pedersen et al, 2008). When manure is accumulated in the building during some weeks, the specific heat production of the manure should be added. Some values are given for pig production by de Oliveira (de Oliveira et al, 1998; de Oliveira, 1999). This heat production is less known, therefore, these methods work less in the animal houses with solid manure.

This method does not give accurate estimates because of variations in animal activity. These variations occur in most animal houses (CIGR, 2002). They can be modeled but when the model is used and there is a time shift between the model output and the true animal activity, it results in a significant bias in ventilation rate estimate at hourly time steps. Therefore, this method should be used when the objective of the measurements is to have a reasonable estimate of the mean ventilation rate at a daily or half-daily (day or night) time step.

However, this method can be more robust than the method based on CO₂ gradient when the heat production of the animals dominates the thermal balance (other heat inputs or heat losses through the walls are negligible). In this case, when the three estimates based on sensible heat, latent heat, and total heat converge, the median is close to the "true" ventilation rate.

7.12.1.3 Principes (Principles)

Le principe est le même que celui du traçage : on suppose connu le flux de chaleur, on suppose que la ventilation explique la relation entre production de chaleur et gradient de température (ou enthalpie, ou vapeur d'eau), et on en déduit que le taux de ventilation égale le rapport du gradient de température par la production de chaleur sortant par la ventilation.

The principle is the same as that of tracing: the heat fluxes are supposed to be known, it is assumed that ventilation explains the relation between heat production and temperature gradient (or enthalpy, or water vapor) between inside and outside the room, then it is deduced that the rate of ventilation is equal to the ratio of the gradient of temperature by the production of

	<i>heat output by ventilation.</i>
--	------------------------------------

7.12.2 Appareillage (equipment)

<p>On utilise des mesures de température et d'humidité intérieur et extérieur. Etant donné la grande sensibilité de la ventilation déduite de la production de chaleur latente au gradient de vapeur d'eau, il est très important que les capteurs d'humidité soient correctement entretenus et étalonnés.</p> <p>Par ailleurs il faut une estimation du poids et de la production des animaux. Le résultat est peu sensible à cette entrée. Par conséquent si une mesure est préférable, le dire d'éleveur est souvent suffisant.</p>	<p><i>Moisture and temperature are measured inside and outside the house. Given the high sensitivity of the ventilation deduced from the latent heat production to the steam gradient, it is very important that the moisture sensors are correctly maintained and calibrated.</i></p> <p><i>In addition an estimate of the weight and the production of the animals is necessary. The result is not very sensitive to this input. Consequently if a measurement is preferable, what the farmer says is often sufficient.</i></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.12.3 Observations (Observations)

<p>En cas d'observations manuelles on doit circuler dans tout le volume du bâtiment sans s'approcher trop des bords ou des animaux. Il est important d'éviter tout mouvement brusque qui pourrait déclencher des mouvements de panique.</p> <p>En cas d'enregistrements de température et humidité, on doit positionner au moins 2 capteurs, l'un proche de la sortie d'air, l'autre dans l'aire de vie des animaux.</p> <p>Il est utile de compléter ces observations par des mesures de vitesse d'air aux orifices si elle sont faisables.</p>	<p><i>In the case of manual observations one must walk in all the volume of the house without approaching too much the edges or the animals. It is important to avoid any abrupt movement which could start movements of panic.</i></p> <p><i>In the case of recording temperature and moisture, at least 2 sensors should be used, one close to the exit of air, the other in area where live the animals.</i></p> <p><i>It is useful to supplement these observations by air velocity measurements in the openings if they are feasible.</i></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.12.4 Calculs (Calculations)

<p>Poids des animaux</p> <p>Les animaux sont pesés en totalité ou en partie, au début et à la fin de l'élevage, par l'éleveur ou les personnes en charge des mesures. Le poids à un instant donné est estimé par interpolation linéaire entre le premier et le dernier jour.</p>	<p>Weight of the animals</p> <p><i>The animals are weighed entirely or partly, at the beginning and the end of the batch, by the farmer or by the persons in charge of the measurements. The weight at a given moment is estimated by linear interpolation between the first and the last day.</i></p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$[103] \quad PV_J = PV_{J_{initial}} + \frac{(PV_{J_{final}} - PV_{J_{initial}})}{(J_{final} - J_{initial})} \times (J - J_{initial})$$

<p>où PV_J est le poids vif des porcs en kg, J le numéro du jour où l'on souhaite l'estimation, $J_{initial}$ le jour de l'arrivée des animaux sur la litière et J_{final}</p>	<p><i>where PV_J is the live weight of the pigs in kg, J the number of the day at day of estimate, $J_{initial}$ the day of the arrival of the animals on the litter</i></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>le jour de la sortie des animaux.</p> <p>Production de chaleur par les animaux</p> <p>La production de chaleur totale est estimée selon les recommandations de la CIGR (CIGR, 1984). Dans le cas d'un élevage de porcs à l'engrais, nous avons constaté que cette relation reste une bonne approximation (de Oliveira, 1999, Robin et al., 1999) pour des animaux et un mode d'alimentation standards et elle ne nécessite pas la connaissance de l'aliment :</p>	<p>and J_{final} the day of exit of the animals.</p> <p>Heat production by the animals</p> <p>The heat production is estimated according to the recommendations of the CIGR (CIGR, 1984, 2002). In the case of finishing pigs, we noted that this relation remains a good approximation (de Oliveira, 1999, Robin et al., 1999) for standard animals and feeding practices, and it does not require knowledge of feed:</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$[104] \quad H_{tot} = 29 * (PV_J + 2)^{0,5} - 40$$

<p>où H_{tot} est la production de chaleur totale (en W/animal).</p> <p>Pour les volailles de chair, la production de chaleur peut être estimée par (CIGR, 1984):</p>	<p>where H_{tot} is the total heat production (in W/animal).</p> <p>For poultry, heat production can be calculated from (CIGR, 1984):</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$[105] \quad H_{tot} = 10 * PV_j^{0,75}$$

<p>D'autres équations de production de chaleur totale, pour les principales espèces d'animaux d'élevage, peuvent être trouvées dans CIGR (2002). On y trouve également la prise en compte des variations dans l'activité des animaux. Néanmoins ces dernières sont basées sur des cycles de 12h nuit/jour, ce qu'il est préférable de modifier dans le cas des élevages de volailles de chair où les durées d'éclairage sont plus longues en début de lot.</p> <p>Partition entre chaleurs sensible et latente</p> <p>Nous utilisons ici les recommandations de la CIGR (1984, 2002) pour la forme générale de l'équation. Cependant les indicateurs de confort thermique du porc (regroupement des animaux et position couchée sur le ventre, membres repliés) indiquent que la réaction au froid intervient pour des températures nettement inférieures à celles de l'élevage sur caillebotis. Sur caillebotis on utilise une correction de température de 10 K ($t_{in} + 10$ dans l'équation suivante). En l'absence de confirmation expérimentale, nous avons utilisé une correction de 18 K ($t_{in} + 18$ dans l'équation suivante), intermédiaire entre les 15 K indiqués par la littérature (effet de la litière d'environ 5 K) et les 20 K ou plus que l'on peut constater en élevage, lorsque la litière est sèche et épaisse :</p>	<p>Other equations giving the total heat production of the main animal species can be found in CIGR (2002). Equations giving the variations in animal activity over the day can also be found in this document. However, ces equations are based on periods of 12 hours day/night, that should be adapted in the case of poultry meat production, where the day period is longer during the first weeks of the flocks.</p> <p>Partition between sensible and latent heat</p> <p>We use here the recommendations of the CIGR (1984, 2002) for the general form of the equation. In the case of pigs the indicators of thermal comfort (regrouping of the animals and position laid down on the belly, folded up members) indicate that the cold reaction intervenes for temperatures definitely lower than those of the animal farm on slatted floor. On slatted floor, a temperature correction of 10 K is usually used ($t_{in} + 10$ in the following equation). In the absence of experimental confirmation, we used a correction of 18 K ($t_{in} + 18$ in the following equation), intermediary between 15 K (litter effect around 5 K) indicated by the literature and 20 K or more as can be observed in animal farms, when the litter is dry and thick:</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$[106] \quad H_{sens} = H_{tot} * (0,8 - 1,85 \cdot 10^{-7} * (t_{in} + 18)^4)$$

$$[107] \quad H_{lat} = H_{tot} - H_{sens}$$

où H_{sens} est la production de chaleur sensible (en W/animal), H_{lat} est la production de chaleur latente (en W/animal).

Chaleurs sensible et latente de la litière de porcs

Des mesures réalisées précédemment pour différents supports (de Oliveira, 1999, Robin *et al*, 1999) peuvent être utilisées. Une litière à base de paille produit environ 50 W/porc de chaleur totale ($H_{tot, lit}$), dont 40 W/porc de chaleur sensible ($H_{sens, lit}$) et 10 W/porc de chaleur latente ($H_{lat, lit}$). Nous avons montré qu'en période froide, le partage des chaleurs sensible et latente dérive vers une augmentation de la production de chaleur sensible au détriment de la chaleur latente. J'ai donc utilisé 50 W/porc de chaleur totale partagés entre 45 W/porc de chaleur sensible et 5 W/porc de chaleur latente en période hivernale.

Pour les dindes une valeur de production de chaleur atteignant 30% de la chaleur produite par les animaux a été déduite pour expliquer un fort déficit d'évaporation d'eau par le milieu d'élevage (Hassouna, pers. comm.).

Eau métabolique

Une partie de l'eau sortant du bâtiment est issue de la dégradation de la matière sèche de l'aliment. Ce terme est appelé eau métabolique. On fait l'hypothèse qu'elle sort sous forme gazeuse du bâtiment, dans la mesure où les émissions de vapeur d'eau que nous avons observées en conditions contrôlées étaient légèrement supérieures aux prévisions théoriques. On a utilisé la valeur de 0,1 g/h pour 1W chaleur totale produite, valeur estimée en faisant l'hypothèse qu'une mole de H₂O est produite pour une mole de CO₂ émise et en utilisant le coefficient de la CIGR (1984), soit 0,163 L CO₂/h.W. Cela donne l'équation suivante

where H_{sens} is the production of sensible heat (in W/animal), H_{lat} is the production of latent heat (in W/animal).

Sensibile and latent heat of the litter of pigs

Measurements previously carried out for various supports (de Oliveira, 1999, Robin and Al, 1999) can be used. A litter containing straw produces approximately 50 W/ pig of total heat ($H_{tot, reads}$), including 40 W/ pig of sensible heat ($H_{sens, reads}$) and 10 W/ pig of latent heat ($H_{lat, reads}$). We showed that in cold period, the partition between sensible and latent heat drifts towards an increase in the production of sensible heat to the detriment of the latent heat. Thus 50 W/ pig of total heat can be divided between 45 W/ pig of sensible heat and 5 W/ pig of latent heat in winter period.

In the case of turkey, it was observed from the water balance that a heat production reaching 30% of animal heat production could be assumed (Hassouna, pers. comm.).

Metabolic water

Part of water output of the house is resulting from the degradation of the dry matter of food. This term is called metabolic water. It is assumed that it leaves in gas form the house, insofar as the steam emissions which we observed in controlled conditions were slightly higher than the theoretical forecasts. The value of 0,1 g/h for 1W total heat produced, value estimated by making the assumption that a mole of H₂O is produced for a mole of emitted CO₂ and by using the coefficient of the CIGR (1984), that is to say 0,163 L CO₂/h.W. That gives the following equation:

$$[108] \quad Eau_{métab} = 0,1 \times (H_{tot} + H_{tot, lit})$$

où $Eau_{métab}$ est la production d'eau métabolique (en g eau/h.animal).

where $Eau_{métab}$ is the metabolic production of water (in g water/h.animal).

Débit d'air selon la production de vapeur

Air flow according to the production of steam

d'eau (chaleur latente)

Le débit d'air sortant du bâtiment peut être déduit de la production de vapeur d'eau et de l'écart d'humidité entre l'air intérieur et extérieur selon l'équation suivante :

$$[109] \quad Q_{air,lat} = \left(H_{lat} + H_{lat,li} + \frac{cool + \frac{Eau_{métab}}{3600 \times 1000}}{Lat} \right) \times 3600$$

$$\rho_i \times (q_i - q_e) \times Lat$$

où $Q_{air,lat}$ est le débit d'air selon la chaleur latente (en m³/heure.porc), *cool* est le débit d'eau de refroidissement évaporatif (en kg eau/s.porc) et *Lat* est la chaleur latente de vaporisation de l'eau (2,45.10⁶ J/kg eau). ρ_i est utilisée pour calculer le débit d'air sortant, tandis que l'on utiliserait ρ_e pour calculer le débit d'air entrant dans le bâtiment.

Pertes de chaleur conductives à travers les parois du bâtiment

Celles-ci sont estimées à partir du coefficient d'isolation thermique du bâtiment G_p (en W/K.animal). L'isolation du bâtiment peut être estimée à partir des informations sur ses parois (murs et toiture). Ainsi on peut estimer les pertes parois d'un bâtiment à « faible densité animale » (bâtiments à faible investissement, sans isolation) à 25 W/K. m² et celles d'un bâtiment « densité animale normale » à 0,5 W/K. m² (bâtiment avec isolation). Ces indications doivent être converties en W/K.animal en utilisant les densités animales observées.

(latent heat)

The air flow output of the house can be deduced from the production of steam and the variation from moisture between the air inside and outside according to the following equation:

where $Q_{air,lat}$ is the air flow according to the latent heat (in m³/heure.porc), *cool* is the evaporative cooling water flow (in kg eau/s.porc) and *Lat* is the latent heat of vaporization of water (2,45.10⁶ J/kg water). ρ_i is used to calculate the air flow output, while one would use ρ_e to calculate the air flow entering the house.

Conductive losses of heat through the walls of the house

They are estimated using the coefficient of heat insulation of the house noted G_p (in W/K.animal). The insulation of the house should be estimated using information on its walls (walls and roof). It is also possible to measure it when temperature gradient is high and energy input is accurately known. For example, conductive heat losses of a house with "low animal density" (usually low-cost houses, without insulation) will be around 25 W/K. m², and conductive heat losses of a house with "normal animal density" can be around 0,5 W/K. m² (house with insulation). These indications should be converted into W/K.animal using the observed animal densities.

$$[110] \quad P_{parois} = G_p \times (t_i - t_e)$$

où P_{parois} est le flux de chaleur à travers les parois (en W/animal), t_i et t_e sont les températures intérieure et extérieure (en °C).

Chauffage apporté en complément de la chaleur produite par les animaux

On distingue, pour l'étude thermique des bâtiments d'élevage deux situations : la situation « endothermique » où la chaleur produite par les animaux ne suffit pas à maintenir l'ambiance recherchée pour l'élevage compte tenu des pertes à travers les parois et par le renouvellement d'air ; la situation

where P_{parois} is the fluxes of heat through the walls (in W/animal), T_i and T_e you the temperatures interior and external (in °C).

Heating brought in complement to the heat produced by the animals

One distinguishes, for the thermal study of the animal housings two situations: the "endothermic" situation where the heat produced by the animals is not enough to maintain environment sought for the animal farm taking into account the losses through the walls and by ventilation rate; the "exothermic" situation where the heat produced by

« exothermique » où la chaleur produite par les animaux excède le besoin de chauffage de l'ambiance et l'on augmente alors le débit d'air pour maintenir la température d'ambiance au voisinage de la consigne. Dans le premier cas le chauffage n'est pas toujours estimé avec une précision suffisante pour l'estimation du débit d'air à chaque pas de temps. C'est pourquoi nous avons choisi ici d'estimer le chauffage (au sens large = chauffage+éclairage+autres sources de chaleur anthropiques ou naturelles comme l'ensoleillement), sachant que cette valeur peut être contrôlée dans le cas d'un suivi régulier et qu'elle doit être voisine de zéro dans notre cas (en général dans le cas des salles d'élevage de porcs le chauffage est absent et l'éclairage des salles est inutile en raison de l'éclairage naturel). L'autre intérêt de cette estimation est que l'on compense une éventuelle erreur sur l'estimation des pertes de chaleur à travers les parois (par exemple : surestimation du chauffage si les pertes parois sont surestimées). L'inconvénient est d'augmenter la sensibilité de l'estimation à une erreur sur l'humidité relative, inconvénient qui est atténué lorsque l'on utilise plusieurs capteurs indépendants.

Le chauffage est déduit de la loi de conservation de la chaleur sensible. Il est calculé à partir du renouvellement d'air estimé sur la base de la production de vapeur d'eau des animaux, de l'écart d'humidité spécifique de l'air intérieur et extérieur et des calculs de production de chaleur sensible et de pertes parois. L'équation suivante a été utilisée :

$$[111] \quad H_{chauff} = \frac{Q_{air,lat}}{3600} \times \rho \times C_p \times (t_i - t_e) + P_{parois} + \frac{cool}{Lat} (H_{sens} + H_{sens,lat})$$

où H_{chauff} est la puissance de chauffage durant le pas de temps étudié (en W/animal) et C_p est la chaleur massique de l'air à pression constante (ou capacité calorifique, égale à environ 1010 J/kg air sec.K pour la gamme d'air humide qui nous concerne). Nous appliquons en outre deux conditions à ce résultat :

si $H_{chauff} < 0$ alors $H_{chauff} = 0$

si $H_{chauff} > H_{chauff, maxi}$ alors $H_{chauff} = H_{chauff, maxi}$

où $H_{chauff, maxi}$ est la puissance maximale de chauffage, toutes sources comprises, installée dans le bâtiment (en W/animal).

Débit d'air selon la production de chaleur

the animals exceeds the need for heating of environment and one then increases the air flow to maintain the temperature of environment in the vicinity of the instruction. In the first case the heating is not always estimated with an accuracy sufficient for the estimate of the air flow at each step of time. This is why we chose here to estimate the heating (in the broad sense = heating+lightning+other sources of heat either anthropic or natural such as solar radiation), knowing that this value can be controlled in the case of a regular follow-up and that it must be close to zero in many case (in general in the case of the rooms of fattening of pigs the heating is absent and the lighting of the rooms is useless because of the daylight). The other interest of this estimate is that one compensates for a possible error on the estimate of the losses of heat through the walls (for example: over-estimate of the heating if the losses walls are over-estimated). The disadvantage is to increase the sensitivity of the estimate to an error on the relative humidity, disadvantage which is attenuated when several independent sensors are used.

The heating is deduced from the law of conservation of sensible heat. It is calculated starting from the ventilation rate estimated on the basis of production of steam of the animals, of the specific variation of moisture of the air inside and outside and calculations of production of sensible heat and losses walls. The following equation was used:

where H_{chauff} is the power of heating during the time step studied (in W/animal) and C_p is the specific heat of the air with constant pressure (or heat-storage capacity, equal to approximately 1010 J/kg dry air. K for the range of humid air which concerns us). We apply moreover two conditions to this result:

if $H_{chauff} < 0$ then $H_{chauff} = 0$

if $H_{chauff} > H_{chauff, maximum}$ then $H_{chauff} = H_{chauff, maximum}$

where $H_{chauff, maximum}$ is the maximum power of heating, all sources included, installed in the house (in W/animal).

Air flow according to the production of total

<p>totale</p> <p>Le débit d'air sortant du bâtiment peut être déduit de la production de chaleur totale et de l'écart d'enthalpie entre l'air intérieur et extérieur selon l'équation suivante :</p>	<p>heat</p> <p><i>The ventilation of the house can be deduced from the total heat production and the variation from enthalpy between the air inside and outside according to the following equation:</i></p>
$[112] \quad Q_{air,tot} = \frac{(H_{tot} + H_{tot,li} + H_{chauff} - P_{parois})}{\rho_i \times (E_i - E_e)} \times 3600$	
<p>où $Q_{air,tot}$ est le débit d'air selon la chaleur totale (en m³/heure.animal).</p>	<p>where $Q_{air,tot}$ is the air flow according to total heat (in m³/heure.animal).</p>
<p>Débit d'air selon la production de chaleur sensible</p> <p>Le débit d'air sortant du bâtiment peut être déduit de la production de chaleur sensible et de l'écart de température entre l'air intérieur et extérieur selon l'équation suivante :</p>	<p>Air flow according to the production of sensible heat</p> <p><i>The ventilation of the house can be deduced from the sensible heat production and the variation in temperature between the air inside and outside according to the following equation:</i></p>
$[113] \quad Q_{air,sens} = \frac{(H_{sens} + H_{sens,li} + H_{chauff} - P_{parois} - \frac{cool}{Lat})}{\rho_i \times C_p \times (t_i - t_e)} \times 3600$	
<p>où $Q_{air,sens}$ est le débit d'air selon la chaleur sensible (en m³/heure.animal).</p>	<p>where $Q_{air,sens}$ is the ventilation according to sensible heat (in m³/hour.animal).</p>

7.12.5 Contrôles et vérifications (Control and checkout)

<p>Les estimations par les productions de chaleur totale, latente et sensible doivent concorder dans une fourchette de 30% de la médiane.</p> <p>Si ce n'est pas le cas, il est possible que certaines hypothèses ne soient pas respectées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - productions de chaleur différentes (activité des animaux, fumier, répartition sensible/latent, etc.) ; - autres flux de chaleur mal estimés (flux parois, entrées de chaleur par l'ensoleillement, refroidissement évaporatif, etc.) ; - dérive dans les capteurs (humidité) ; - mauvaise représentativité des points de mesure. <p>Une analyse de sensibilité en faisant varier les différents paramètres du calcul peut aider à expliquer les écarts et les réduire.</p> <p>Sinon, on retient la valeur la plus probable et on lui affecte une forte incertitude.</p>	<p><i>The estimates by the total, latent and sensible heat productions should agree in a range of 30% of the median.</i></p> <p><i>If it is not the case, it is possible that some assumptions are not fulfilled:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>different heat productions (activity of the animals, solid manure, sensible/latent distribution, etc);</i> - <i>other heat fluxes poorly estimated (fluxes through the walls, heat input by the sunshine, evaporative cooling, etc);</i> - <i>drift in the sensors (moisture);</i> - <i>bad representativeness of the points of measurement.</i> <p><i>A sensitivity analysis with varying the various parameters can help to explain the variations and to reduce them.</i></p> <p><i>If not, the most probable value is retained and a strong uncertainty is affected to it.</i></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.13 Procédure pour la mesure du débit d'air par traçage au SF₆ dans les bâtiments d'élevage (*Guidelines for the measurement of air flow rate with a tracing gas such as SF₆ in animal houses*)

7.13.1 Introduction (Introduction)

7.13.1.1 Objectif (Objective)

Le dégagement d'une quantité connue d'un gaz traceur est une méthode souvent considérée comme référence comparée à d'autres techniques. Le SF₆ est un gaz fréquemment utilisé comme traceur en raison de sa détection facile et de sa grande inertie chimique.

Cependant, le SF₆ présente deux inconvénients importants qui obligent à l'employer avec parcimonie :

- son pouvoir réchauffant est très haut (approximativement 22200 kilogrammes d'eq. CO₂ par kilogramme SF₆ ; IPCC, 2001) ; son utilisation ne devrait pas polluer plus que la réduction d'émission prévue ; une évaluation de son intérêt est ainsi essentielle avant de décider de son utilisation,

- sa densité est élevée, il faut donc veiller que sa distribution soit homogène et proche de celle des gaz étudiés.

La méthode présentée ici convient aux bâtiments d'élevage qui sont au moins un peu confinés (présence d'un filet brise-vent ou d'une fermeture sur trois côtés). Elle peut être mise en application avec d'autres gaz traceur à condition que ceux-ci ne soient pas transformés ou ne soient pas absorbés au cours de la période de la mesure.

The release of a known quantity of a tracer gas is a method often considered as a reference compared to other techniques. The SF₆ is a gas frequently used as tracer because of its easy detection and its great chemical inertia.

However, the SF₆ presents two major disadvantages which oblige to use it with prudence:

- *its global warming potential is very high (approximately 22200 kg eq. CO₂ per kg SF₆; IPCC, 2001); its use should not pollute more than the expected emission reduction; an evaluation of its interest is thus essential before deciding on its use,*

- *its density is high, it should therefore be made sure that its distribution is homogeneous and close to that of the studied gases.*

The method presented here is suitable for animal houses that are at least a little confined. It can be implemented with other tracer gases provided that those are not transformed or are not absorbed during the period of measurement.

7.13.1.2 Domaine d'application (Scope)

Ce protocole décrit une méthode pour mesurer les émissions gazeuses d'un bâtiment d'élevage clos. Il utilise la mesure d'un gradient de concentration entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, qui doit être à peu près stable à un pas de temps horaire.

C'est le cas de tous les bâtiments dont le climat est régulé, que ce soit ceux à ventilation naturelle ou ceux à ventilation mécanique, que la régulation soit manuelle ou automatisée.

Cependant, quand le bâtiment d'élevage est peu

This protocol specifies a method to measure the gaseous emissions from confined animal house. It requires the measurement of a concentration gradient between inside and outside the building, that is more or less stable at a hourly time step.

This is the case of all buildings with controlled climate inside the house, whatever the ventilation is natural or mechanical, manually or automatically regulated.

However, when the animal house is nearly not confined (e.g. dairy houses with free access to an

confiné (par exemple des bâtiments bovin avec un libre accès le long du bâtiment), la variabilité spatiale de la concentration de traceur à l'intérieur du bâtiment pourrait être semblable au gradient de concentration entre intérieur et extérieur pour deux raisons principales :

- les échanges d'air sont turbulents, quand un large tourbillon entre dans le bâtiment, les concentrations chutent soudainement à cet endroit, les gradients sont proches de zéro, puis ils monteront progressivement comme l'air est souillé par les gaz libérés dans le bâtiment ;

- quand un large tourbillon sort du bâtiment, il contamine l'air extérieur, la concentration augmente dans l'air extérieur et les gradients peuvent être nuls ou même négatifs (concentrations en dehors plus hautes que les concentrations à l'intérieur du bâtiment).

Quand le gradient de concentration entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment ne peut pas être défini à chaque pas de temps horaire, d'autres méthodes devraient être employées, avec des mesures plus fréquentes et une résolution plus élevées des gradients de concentration (méthodes basées sur l'analyse de turbulence), ou la méthode basée sur un grand nombre d'échantillonneurs passifs de flux (par exemple tubes de Ferm).

Pendant ces expériences dans le bâtiment, le dégagement connu du traceur peut également servir de référence à d'autres techniques de mesure à évaluer (modélisation inverse).

area along the building), the spatial variability of the tracer concentration inside the house might be similar to the concentration gradient between inside and outside for two main reasons:

- *as the air exchanges are turbulent, when a large eddy enters the house, the concentrations suddenly drop at this place, the gradients are close to zero, then they will progressively rise as the air is contaminated by the gases released within the house;*

- *when a large eddy goes out of the house, it contaminates the air outside, so the concentrations outside rise and the gradients can be null or even negative (concentrations outside higher than the concentrations inside the building).*

When the concentration gradient between inside and outside the house can not be defined at a hourly time step, other methods should be used, either with more frequent and higher resolution measurements of the concentration gradients (methods based on turbulence analysis), or method based on a large number of passive flux samplers (e.g. Ferm tubes).

During these experiments, the known release of the tracer can also serve as a reference for other measurement techniques to be evaluated (reverse modeling).

7.13.1.3 Principes (Principles)

La méthode de traçage est basée sur le dégagement d'une quantité connue d'un gaz, qui diffuse comme les autres gaz à mesurer.

Il y a fondamentalement deux manières de définir le flux de gaz de traceur dans un environnement fermé :

- l'approche par dose constante, où le flux de traceur est mesuré directement à chaque pas de temps ;

- l'approche par décroissance où une quantité élevée de traceur est libérée dans le volume à mesurer ; quand la concentration est homogène, la diminution de la concentration reflétera le taux de ventilation à l'endroit observé.

Il y a deux approches pour déduire l'émission à partir des mesures des concentrations en gaz :

The tracing method is based on the release of a known quantity of a gas, that is emitted in the same way as the other gases to be measured.

There are basically two ways of defining the flux of tracer gas in a closed environment:

- *the constant dosing approach, where the tracer flux is measured directly at each time step;*

- *the decreasing approach where a high quantity of tracer is released in the volume to be measured; when the concentration is homogeneous, the decrease in concentration will reflect the ventilation rate at the observed place.*

There are two approaches to deduce the emission rate from the measurements of gas concentrations:

- *either the concentration of tracer is used indirectly; at first the ventilation rate of the house*

<ul style="list-style-type: none"> - l'une où la concentration du traceur est employée indirectement ; d'abord le débit de ventilation du bâtiment est calculé, puis le débit de ventilation est employé pour calculer l'émission ; - l'autre où la concentration du traceur est employée directement ; le flux des gaz est déduit des rapports des gradients de concentration entre le traceur et les autres gaz. 	<p><i>is calculated, then the ventilation rate is used to calculate the emission;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>or the concentration of tracer is used directly; the fluxes of gases are deduced from the ratios of concentration gradients between the tracer and the other gases.</i>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.13.2 Appareillage (equipment)

<p>Tous les détails d'un exemple pratique sont fournis dans l'annexe correspondante. Les équipements les plus importants sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'équipement pour le dosage du gaz traceur et l'analyse des gaz, - un équipement de mélange qui forcera l'homogénéité de concentration sans perturber les animaux ce qui implique une vitesse d'air en-dessous de 0.2 m.s⁻¹, - les capteurs climatiques à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment, - des capteurs manuels permettant de contrôler l'homogénéité des valeurs des différents capteurs avec enregistrement. <p>En outre, selon la situation, les tubes de prélèvement devront être isolés et chauffés pour éviter la condensation à l'intérieur, l'équipement devra être protégé contre la chaleur ou la poussière ou même vis à vis des animaux s'il est situé dans le bâtiment d'élevage.</p>	<p><i>All details of a practical example are given in the corresponding appendix. The most important equipments are:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>the equipment for tracer dosing and gas analyzing,</i> - <i>a mixing equipment that will force the concentration homogeneity without disturbing the animals, which implies to have air speed below 0,2 m.s⁻¹,</i> - <i>the climate sensors inside and outside the building,</i> - <i>manual sensors to check the homogeneity of the sensors with measurement recording.</i> <p><i>In addition, depending on the situation, the sampling tubes might be isolated and heated to avoid condensation inside, the equipment might be protected against heat or dust or even animals if it is located within the animal house.</i></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.13.3 Observations (Observations)

<p>Les observations comportent des mesures de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - température et humidité de l'air ; - concentrations en gaz intérieures et extérieures ; - caractéristiques du cheptel (nombre, poids) ; - caractéristiques du bâtiment (dimensions, volume). 	<p><i>The observations comprise measurements of:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>temperature and moisture of the air;</i> - <i>gas concentrations inside and outside the house;</i> - <i>characteristics of the livestock (number, weight);</i> - <i>characteristics of the house (dimensions, volume).</i>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.13.4 Calculs (Calculations)

<p>L'équation de calcul du débit d'air par traçage est la suivante :</p>	<p><i>The equation of calculation of the ventilation with a tracing is the following one:</i></p>
--------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

$$[114] \quad Q_{air, trac}(t_n) = \left(\frac{F(t_n)}{C_{SF_6,i}^v(t_n) - C_{SF_6,e}^v(t_n)} \right) - \left(\frac{V_{bat} \times \frac{(C_{SF_6,i}^v(t_n) - C_{SF_6,i}^v(t_{n-1}))}{(t_n - t_{n-1})}}{C_{SF_6,i}^v(t_n) - C_{SF_6,e}^v(t_n)} \right)$$

où $Q_{air, trac}(t_n)$ est le débit d'air mesuré par traçage au temps t_n (en m^3 /heure.bâtiment), $F(t_n)$ est le débit de gaz traceur injecté (en ml/s), il est calculé sur trois pas de temps consécutifs (7 minutes environ) de façon à réduire l'impact de légères variations d'injection sur des fluctuations d'estimation, $C_{SF_6,i}^v(t_n)$ et $C_{SF_6,e}^v(t_n)$ sont les concentrations volumiques en gaz traceur de l'air intérieur et extérieur au temps t_n (en ppm, ou plus précisément en ml SF_6 /m³ air humide, valeur indiquée par l'analyseur de gaz), $C_{SF_6,i}^v(t_{n-1})$ est la concentration au pas de temps précédent, l'intervalle $(t_n - t_{n-1})$ est fixé à 10 minutes en sorte de réduire l'effet de l'incertitude de mesure des concentrations en gaz traceur sur l'écart de concentration durant la période de décroissance des concentrations, V_{bat} est le volume d'air intérieur du bâtiment (en m^3 /bâtiment).

Le premier terme de l'équation correspond à la phase de dosage et on vérifie qu'il s'annule lors de la phase de décroissance ($F(t_n)=0$), le second terme correspond à la phase de décroissance, il devient négligeable lorsque la concentration en gaz traceur est stable (second terme inférieur à 5% du premier terme quand dosage et ventilation sont constants). Il est utile de combiner les deux termes et de tenir compte des concentrations extérieures en gaz traceur car la grande dimension du bâtiment d'élevage et sa forte ventilation entraînent des changements de concentration dans l'air entrant dans le bâtiment. Il est également utile de calculer les débits après des tests sur les concentrations, et d'introduire le traitement des données manquantes, et l'agrégation des résultats sur une période.

Les deux termes de l'équation sont calculés séparément puis additionnés afin de pouvoir visualiser simplement d'éventuelles incohérences de mesure. Les calculs sont réalisés pour chaque phase ("dosage" ou "décroissance"). Deux voies intérieures sont considérées (l'une à l'aspiration du ventilateur de brassage, l'autre dans l'ambiance du bâtiment) en utilisant une même voie extérieure. Les valeurs instantanées sont regroupées par heure de mesure et affectées à l'heure hh30, nous retenons la

where $Q_{air, trac}(t_n)$ is the air flow measured by tracing at time t_n (in m^3 /heure.bâtiment), $F(t_n)$ is the tracer gas output injected (in ml/s), it is calculated on three steps of consecutive times (approximately 7 minutes) in order to reduce the impact of light variations of injection on fluctuations of estimate, $C_{SF_6,i}^v(t_n)$ and $C_{SF_6,e}^v(t_n)$ are tracer gas volumic concentrations of the air inside and outside at time t_n (in ppm, or more precisely in ml SF_6 /m³ humid air, value indicated by the gas analyzer), $C_{SF_6,i}^v(t_{n-1})$ is the concentration of the previous time step, the chosen interval $(t_n - t_{n-1})$ is 10 minutes in order to reduce the effect of uncertainty on the measurement of the tracer gas concentrations on the variation of concentration during the period of concentration decrease, V_{bat} is the volume of air inside of the house (in m^3 /bâtiment).

The first term corresponds to the phase of dosing the tracing gas and it can be checked that it is cancelled during the phase of concentration decrease ($F(t_n)=0$), the second term corresponds to the phase of decrease, it becomes negligible when the tracer gas concentration is stable (second term lower than 5% of the first term when ventilation and dosing are constant). It is useful to combine the two terms and to take account of the tracer gas concentrations outside the house because the high size of the animal house and its high ventilation induce modification of the concentration in the inlet air of the animal house. It is also useful to calculate the ventilation after checking the concentrations, introducing a treatment of the missing concentrations, and to aggregate the results during a time sequence.

The two terms of the equation are calculated separately then added in order to be able to simply visualize possible inconsistencies of measurements. Calculations are carried out for each phase ("dosing" or "decreasing"). Two inside samplings are considered (one close to the inlet of the ventilator of mixing, the other in the middle of the house) and using one sampling position outside. The instantaneous values are gathered per hour of measurement and are assigned to the hour hh30, the median, the standard deviation and the number of values used are displayed. The

médiane, l'écart-type et le nombre de valeurs utilisées. Les valeurs instantanées des deux méthodes ainsi que les médianes et écart-types sont affichées sur un même graphique afin de détecter visuellement d'éventuelles anomalies dans les résultats pour la période de calcul.

instantaneous values of the two methods as well as the medians and standard deviations are plotted on the same graph in order to visually detect possible anomalies in the results for the period of calculation.

7.13.5 Contrôles et vérifications (Control and checkout)

Le débit d'air estimé par traçage doit être calculé sur plusieurs points d'échantillonnage pour vérifier la validité de l'hypothèse d'homogénéité.

Pour contrôler la validité de l'hypothèse de régime permanent, le calcul par traçage doit soit être comparé à une estimation du débit d'air par les productions de chaleur ou de CO₂ des animaux, soit être utilisé pour calculer les productions de chaleur et de vapeur d'eau des animaux pour vérifier que l'on n'obtient pas des grandeurs aberrantes.

En cas de mesure du débit de gaz traceur, la dose totale injectée peut être comparée à la perte de poids de la bouteille de gaz traceur.

En cas de données manquantes on doit comparer les quantités cumulées calculées soit en interpolant les débits de ventilation, soit en interpolant les émissions calculées aux pas de temps non manquants.

The air flow estimated with tracing must be calculated on several sampling points to check the validity of the assumption of homogeneity.

To control the validity of the assumption of steady-state flow, calculation by tracing must either be compared with an estimate of the air flow by the heat or CO₂ productions of the animals, or be used to calculate the heat and steam productions of the animals to check that no outliers are calculated.

When the flux of the tracer gas is measured, the total amount injected can be compared with the weight loss of the bottle of tracer gas.

When there are missing data two cumulated quantities have to be compared, calculated either by interpolating the ventilation rate, or by interpolating the emissions calculated for the steps without missing data.

7.14 Procédure pour la mesure des émissions en utilisant des mesures de débit d'air dans les bâtiments d'élevage (*Guidelines for the measurement of emissions using air flow rate observations in animal houses*)

7.14.1 Introduction (Introduction)

7.14.1.1 Objectif (*Objective*)

L'objectif de ces procédures est d'indiquer comment mesurer une émission gazeuse en combinant la mesure d'un gradient de concentration entre l'extérieur et l'intérieur d'une enceinte, et la mesure du taux de ventilation de cette enceinte.

La combinaison n'est pas triviale en dépit de la simplicité apparente d'une multiplication des deux termes. La raison fondamentale est que les gradients de concentration sont des valeurs instantanées, alors que les taux de ventilation s'appliquent aux intervalles de temps, et la ventilation influence le processus d'émission : quand la ventilation augmente, le gradient de concentration ne diminue pas proportionnellement.

Le taux de ventilation varie avec le temps, il augmente quand le climat est plus chaud ou le vent plus fort, quand les animaux produisent plus de chaleur due à un poids plus élevé, une croissance ou une production, ou leur activité, quand les pratiques de gestion préfèrent réduire le gradient entre extérieur et intérieur du bâtiment.

Les émissions gazeuses varient avec la nature des surfaces émettrices, leur aire, la température de l'air et la vitesse de l'air au voisinage de la surface.

Le produit du taux de ventilation et du gradient de concentration peut seulement être défini pour les pas de temps qui peuvent être considérés homogènes pour le taux de ventilation et le gradient de concentration.

Par conséquent il est important de choisir les mesures valides et de maîtriser l'obtention des résultats pour obtenir des évaluations robustes à divers pas de temps.

The objective of these guidelines is to indicate how to measure a gaseous emission by combining the measurement of a concentration gradient between outside and inside an enclosure, and the measurement of the ventilation rate of this enclosure.

The combination is not trivial despite the apparent simplicity by the multiplication of both terms. The fundamental reason is that concentration gradients are instantaneous values, while ventilation rates apply to time intervals, and ventilation influences the emission process: when the ventilation increases, the concentration gradient does not decrease proportionally.

Ventilation rate varies with time, it increases when the climate is warmer or the wind stronger, when the animals produce more heat due to higher weight, growth or production, or activity, when the management practices prefer to reduce the gradient between outside and inside of enclosure.

The gaseous emissions varies with the nature of emitting surfaces, their area, the air temperature and speed close to them.

The product of ventilation rate and concentration gradient can only be defined for time steps that can be considered homogeneous for both ventilation rate and concentration gradient.

Therefore it is important to choose adequate measurements and to control the transformation into results to obtain robust estimates at various time steps.

7.14.1.2 Domaine d'application (*Scope*)

Dans la plupart des bâtiments d'élevage, un taux de ventilation peut être défini, ainsi qu'un gradient de concentration entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment.

Ces valeurs sont définies quand les mesures montrent que la concentration en gaz mesurée à différents endroits donnera des gradients de concentration semblables, et lorsque des taux de ventilation mesurés à des pas de temps successifs donneront des valeurs semblables.

Ceci ne sera pas observé quand :

- la variabilité spatiale des concentrations est trop forte à l'intérieur du bâtiment, ou s'il y a plus d'un gradient de concentration entre l'intérieur et l'extérieur, ou s'il y a des transferts à l'intérieur du bâtiment (découpage du bâtiment en volumes successifs),

- la variabilité temporelle du taux de ventilation ou les gradients de concentration sont trop forts pendant un pas de temps, en sorte que le produit du taux de ventilation moyen et du gradient de concentration moyen est très différent de la somme des produits (gradients de concentration X de taux de ventilation) pour chaque pas de temps homogène.

Dans ces cas, la méthode ne devrait pas être appliquée.

In most animal houses, a ventilation rate can be defined, as well as a concentration gradient between outside and inside the house.

These values are supposed to be defined when the measurements can show that gas concentration measured at different places will give similar concentration gradients, while ventilation rates measured at successive time steps will give similar values.

This will not be observed when:

- the spatial variability of the concentrations is too high inside the house, then there is more than one concentration gradient between inside and outside and transfers inside the house should be considered (building considered as a succession of chambers),

- the temporal variability of the ventilation rate or the concentration gradients are too high during one time step, then the product of mean ventilation rate and mean concentration gradient is highly different from the sum of the products (ventilation rates x concentration gradients) for each homogeneous time step.

In those cases, the method should not be applied.

7.14.1.3 Principes (Principles)

Le principe de ce calcul est celui de la convection, à savoir le mouvement d'air est à l'origine du transport de matière de l'intérieur vers l'extérieur du bâtiment.

The principle of this calculation is that of the convection, namely the movement of air is at the origin of the transport of mass from inside towards the outside of the house.

7.14.2 Appareillage (equipment)

Les appareils sont destinés à la mesure des climats (température, humidité, vitesse d'air) et à la mesure des gaz.

La mesure des gaz peut être différée, dans ce cas, on utilise une poche inerte pour contenir les gaz prélevés. Cette technique est utilisable pour autant que l'on ait vérifié que les concentrations ne sont pas affectées par la conservation dans la poche.

Equipment is intended for the measurement of the climates (temperature, moisture, speed of air) and for the measurement of gases.

The measurement of gases can be deferred, in this case, one uses an inert bag to contain the sampled air. This technique can be used provided it has been checked that the concentrations are not affected by the conservation in the sampling bag.

7.14.3 Observations (Observations)

Les mesures sont destinées d'une part à quantifier le débit d'air, d'autre part à quantifier les gradients de concentration entre l'entrée et la sortie du bâtiment.

The measures are intended on the one hand to quantify the air flow, on the other hand to quantify the concentration gradients between the inlet and the outlet of the house.

7.14.4 Calculs (Calculations)

Les émissions gazeuses sont déduites du débit d'air sortant du bâtiment, de sa masse volumique, et des concentrations massiques en azote ammoniacal et autres gaz comme le protoxyde d'azote. L'expression suivante est utilisée :

The gas emissions are deduced from the ventilation rate of the house, the air density, mass concentration of ammoniacal nitrogen and other gases such as nitrous oxide. The following expression is used:

$$[115] \quad Q_{N-NH_3,lat} = Q_{air,lat} \times \rho \times (C_{N-NH_3,i}^m - C_{N-NH_3,e}^m)$$

7.14.5 Contrôles et vérifications (Control and checkout)

Une fois calculée, l'émission devrait être comparée aux valeurs de référence données pour une catégorie voisine du bâtiment d'élevage étudié.

Once calculated the emission should be compared to reference values given for a similar category of animal house.

Si l'émission est calculée pendant quelques semaines, alors elle devrait être comparée au déficit du bilan de masse. Pour cette raison il est recommandé de calculer non seulement les gaz polluants mais également CO₂ et H₂O parce qu'il est plus facile de calculer le bilan de matière du carbone et de l'eau, et donc d'examiner la validité des calculs.

If the emission is calculated over a period of some weeks, then it should be compared to the deficit of the mass balance. For this reason it is recommended to calculate not only the polluting gases but also CO₂ and H₂O because it is easier to calculate the mass balance of carbon and water, and therefore to check the validity of the calculations.

7.15 Procédure pour la mesure des émissions d'ammoniac utilisant l'inversion d'un modèle Lagrangien stochastique (*Guidelines for backwards Lagrangian stochastic dispersion technique (bLS) for measuring ammonia emissions*)

7.15.1 Introduction (Introduction)

7.15.1.1 Objectif (Objective)

La technique bLS (inversion d'un modèle Lagrangien stochastique), qui exige des mesures à une hauteur seulement à une certaine distance sous le vent de la source, et la mesure de la concentration de fond, peut s'avérer utile pour mesurer l'émission des sources complexes. L'existence d'un logiciel commercial facilite l'utilisation facile de la technique bLS (par exemple WindTrax mentionné ci-après).

Les chambres dynamiques ou les tunnels mobiles sont employés souvent pour estimer l'émission ammoniacale d'effluents d'élevage et des engrais (Bouwman et Boumans, 2001 ; Sommer et al., 2001). Ces chambres sont utiles pour comparer l'émission d' NH_3 de traitements différents dans des conditions environnementales identiques. Cependant, les mesures de chambre ne reflètent pas nécessairement l'émission de grands systèmes en raison des modifications de l'écoulement du vent et des flux d'énergie résultant du rayonnement solaire dans la chambre.

Les techniques alternatives sont des techniques micrométéorologiques, par exemple l'Intégration Horizontale des Flux (IHF ; Denmead et al., 1977), la méthode ZINST (Wilson et al., 1982) et la méthode ZINST à hauteur réduite (Gordon et al., 1988 ; McInnes et al., 1985). Les techniques IHF et ZINST sont simples à employer mais exigent de grandes parcelles de terrain. La méthode ZINST utilisant des mesures à hauteur réduite présentée par Gordon et al. (1988) et McInnes et al. (1985) demande un équipement instrumental significatif et une bonne compréhension de la micrométéorologie pour l'interprétation des données. La technique d'inversion d'un modèle Lagrangien Stochastique (bLS) de Flesh et al. (1995), ou les techniques employant les principes semblables (Kaharabata et al., 2000), peut être une alternative. Un logiciel commercial facile à utiliser permet à des utilisateurs sans connaissance excessive en

The bLS technique (backwards Lagrangian stochastic), which requires measurements from only one height at a distance downwind from the source, and the measurement of the background concentration, may prove useful to measure the emission from complex sources. Commercial software exists that facilitates easy use of the bLS technique (e.g. WindTrax mentioned hereafter).

Dynamic chambers or movable wind tunnels are often used to estimate NH_3 emission from animal manure and fertilizers (Bouwman and Boumans, 2001; Sommer et al., 2001). These enclosures are useful for comparing relative NH_3 emission from treatments under identical environmental conditions. However, enclosure measurements do not necessarily reflect the emission from large systems due to modifications of the wind flow and of the energy fluxes resulting from solar radiation within the enclosure.

Alternative techniques are micrometeorological techniques, i.e., the Integrated Horizontal Flux (IHF; Denmead et al., 1977), the ZINST (Wilson et al., 1982) and the reduced height of ZINST (Gordon et al., 1988; McInnes et al., 1985). The IHF and ZINST techniques are simple to use but requires large plots. The method using measurements at reduced height presented by Gordon et al. (1988) and McInnes et al. (1985) have a significant demand for instrumentation and a comprehensive understanding of micrometeorology for data interpretation. The backward Lagrangian Stochastic (bLS) dispersion technique (Flesh et al. 1995), or techniques using similar principles (Kaharabata et al., 2000), may be an alternative. User-friendly commercial software allows users without excessive knowledge about micrometeorology to estimate NH_3 emission from small plots using net horizontal fluxes at one height up and downwind of the experimental plot, together with meteorological

micrométéorologie d'estimer l'émission d' NH_3 de petites parcelles de terrain en utilisant le flux horizontal net à une seule hauteur sous le vent de la parcelle de terrain expérimentale, ainsi que l'information météorologique.

information.

7.15.1.2 Domaine d'application (Scope)

Ces recommandations sont adaptées au cas des systèmes de production animale, y compris les bâtiments, les parcs d'attente et les stockages d'effluents, où la rugosité du paysage n'est pas trop élevée (par exemple plusieurs éléments perturbant l'écoulement du vent autour de la source d'émission, par exemple, des arbres, des bâtiments, avec de fortes différences de disposition selon la direction de vent), où des positions claires de conditions au-vent et sous-le-vent peuvent être définies, et pour des gaz dont on peut clairement observer la différence de concentration entre ces deux positions.

These guidelines are adapted to cases of animal production systems, including house, free-range and manure storage, where the roughness of the landscape is not too high (e.g. several wind-disturbing elements around the emitting source, e.g., trees, houses, with strong differences in arrangement depending on the wind direction), where clear locations of upwind and downwind conditions can be defined, and for gases from which the concentration difference between these two locations can be clearly observed.

7.15.1.3 Principes (Principles)

La technique bLS est une méthode inverse d'un modèle de dispersion permettant de calculer les émissions d'un traceur d'une source surfacique (Flesch et al., 2004a). Le modèle de dispersion bLS simule le transport du traceur entre une source et un site de mesure (ML), et prévoit le rapport entre la concentration moyenne du traceur et la taux d'émission, $(C/F)_{sim}$. Le taux d'émission est déduit de :

The bLS technique is an inverse-dispersion method for calculating tracer emissions from a surface area source (Flesch et al., 2004a). The bLS dispersion model simulates the transport of tracer from a source to a measurement location (ML), and predicts the ratio of the average tracer concentration to the emission rate, $(C/F)_{sim}$. The emission rate is inferred as:

$$[116] \quad F_{bLS} = \frac{\overline{\chi_{obs}}}{(C/F)_{sim}}$$

où χ_{obs} est la concentration observée (au-dessus de la concentration au vent) à la position ML.

Dans notre expérience nous avons utilisé un logiciel commercial pour calculer F_{bLS} (WindTrax, Thunder Beach Scientific, Halifax, Canada). Dans ce logiciel de cartographie l'utilisateur dessine une source extérieure et positionne ML. Puis le modèle de dispersion inclus calcule des milliers de trajectoires au vent de ML. Ces trajectoires dépendent du vent moyen et des conditions de turbulence. Le rapport $(C/F)_{sim}$ est déterminé par l'intersection de ces trajectoires avec la surface (« atterrissages ») :

where χ_{obs} is the observed concentration (above background) at ML.

In our experiment we have used commercial software to calculate F_{bLS} (WindTrax, Thunder Beach Scientific, Halifax, Canada). In this mapping software the user draws a surface source and identifies ML. Then the embedded bLS dispersion model calculates thousands of trajectories upwind of ML. These trajectories will depend on the average wind and the turbulence conditions. The $(C/F)_{sim}$ is determined by the intersection of these trajectories with the surface

("touchdowns"):

$$[117] \left(\frac{C}{F} \right)_{SIM} = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{2}{w_0} \right|$$

où N est le nombre total de trajectoires modélisées, w_0 est la vitesse verticale de la trajectoire au point d'atterrissage, et l'addition couvre seulement les points d'atterrissages situés dans la source. Le modèle bLS est basé sur la théorie de similitude de Monin-Obukhov (MOST). Celui-ci considère que pendant des intervalles courts (par exemple, 30 minutes) les propriétés du vent dans l'atmosphère au voisinage du sol dépendent de quatre variables : la vitesse de frottement u^* , la longueur de stabilité d'Obukhov L, la hauteur de rugosité z_0 et la direction du vent β . Dans les études où la force du vent (u) et les concentrations en NH_3 sont mesurées au centre d'une parcelle de terrain circulaire, l'utilisateur de WindTrax doit spécifier z_0 et L ainsi que u à une hauteur arbitraire (u^* est une variable interne au modèle basée sur u, z_0 , et L). Si des parcelles de terrain circulaires sont employées et si NH_3 est mesuré au centre de la parcelle, il n'y a pas besoin de mesurer la direction du vent.

L'exactitude de la technique de bLS a été établie pour des surfaces horizontalement homogènes et des intervalles de prélèvement de 15 à 120 minutes (Flesch et al., 1995, 2004a). Dans ces conditions on prévoit que F_{bLS} est précis à mieux que 10%. Dans les situations non-idéales, où le vent s'éloigne des conditions de la théorie MOST, des niveaux voisins de précision sont possibles (Wilson et al., 2001 ; Flesch et al., 2004b).

Alors que la technique bLS a montré sa précision en utilisant des intervalles de prélèvement de 15 à 120 minutes, il y a beaucoup de situations où les observations à pas de temps courts ne sont pas possibles, en raison des limitations dans les techniques de mesure ou d'un manque de financements. La concentration en ammoniac est alors souvent mesurée en employant le piégeage dans des flacons d'acide ou des échantillonneurs passifs de flux, dont la plus précision est meilleure pour des intervalles de temps longs. Cependant l'utilisation de longs intervalles crée plusieurs problèmes avec les techniques micrométéorologiques. Par exemple la stabilité atmosphérique est difficile à définir pour de longues périodes. Or la stabilité a un effet important sur l'efficacité du transport

where N is the total number of model trajectories, w_0 is the vertical velocity of the trajectories at touchdown, and the summation covers only touchdowns within the source. The bLS model is based on Monin-Obukhov similarity theory (MOST). This states that over short-time intervals (e.g., 30 min) the wind properties in the lower atmosphere are known from four variables: the atmospheric friction velocity u_ , the Obukhov stability length L, the surface roughness length z_0 and wind direction β . In studies where windspeed (u) and NH_3 concentrations are measured in the centre of a circular plot the WindTrax user must specify the prevailing z_0 and L together with u taken at an arbitrary height (u. is calculated internally based on u, z_0 , and L). If circular plots are used and NH_3 measured in the centre of the plot, there is no need of measuring wind direction.*

The accuracy of the bLS technique has been firmly established for horizontally homogeneous terrain and sampling intervals of 15 to 120 minutes (Flesch et al., 1995, 2004a). In these conditions F_{bLS} is expected to be accurate to within 10%. Even in non-ideal terrain, where the wind departs from MOST, similar levels of accuracy are possible (Wilson et al., 2001; Flesch et al., 2004b).

While the bLS technique has been proven precise when using sampling time of 15-120 minutes, there are many situations where short-interval observations are not possible, either because of limitations in measurement techniques or a lack of resources. Ammonia concentration is often measured using gas-washing flasks or passive flux samplers, which is most precise over a longer span of time. But using long intervals with micrometeorological techniques creates several problems. One example is the practical problem of defining atmospheric stability over long periods. In fact, stability has a dramatic effect on the effectiveness of atmospheric transport, and consequently on the value of $(C/F)_{sim}$. Wind and surface energy fluxes typically vary strongly over a timescale of a few hours and lead to

atmosphérique, et par conséquent sur la valeur du rapport $(C/F)_{sim}$. Typiquement, les flux de vent et d'énergie varient fortement au cours d'une période de quelques heures ce qui amène des changements de stabilité atmosphérique, entre les conditions instables usuelles pendant le jour (c.-à-d. turbulence augmentée) et des conditions stables la nuit (turbulence supprimée). Par conséquent, l'intervalle approprié pour évaluer Eq. (244) est habituellement une heure ou moins. En général les intervalles longs de mesure sont un problème dans les méthodes de modélisation inverse, parce que la relation entre l'état atmosphérique (u^* , L et z_0) et le rapport $(C/F)_{sim}$ peut être déterminée seulement pendant des périodes stationnaires (invariance temporelle de l'atmosphère). L'hypothèse de stationarité est à la base de la théorie MOST et du modèle de dispersion bLS. Néanmoins, Sommer et al. (2005) ont prouvé que des pas de temps jusqu'à 26 heures pouvaient être employés avec une incertitude de 16-24% par rapport à la méthode IHF considérée comme méthode de référence dans le cas de petites parcelles.

corresponding changes in atmospheric stability, with unstable conditions common during the day (i.e. enhanced turbulence) and stable conditions at night (suppressed turbulence). Therefore, the proper interval for evaluating Eq. (244) is usually an hour or less. In general long measuring intervals are a problem in inverse-dispersion methods, because the relationship between atmospheric state (u^ , L and z_0) and $(C/F)_{sim}$ can be determined only for periods of stationarity (time-invariance of the atmospheric). The assumption of stationarity underlies both MOST and the bLS dispersion model. Nevertheless, Sommer et al. (2005) showed that time steps up to 26 hours could be used with an uncertainty of 16-24% compared to IHF as reference method in the case of small fields.*

7.15.2 Identification des sites émetteurs (Identification of emission site)

Les éléments perturbant l'écoulement du vent autour de la source d'émission, par exemple, arbres, bâtiments ou autres éléments du paysage, doivent être inclus dans la description du site car ils affectent la rugosité du paysage.

D'autres sources situées autour de la source observée doivent également être décrites.

Les données météorologiques peuvent être observées sur place ou être obtenues d'une station météorologique proche du site expérimental.

The wind-disturbing elements around the emitting source, e.g., trees, houses or other protruding landscape elements, should be included in the description of the site as they affect the roughness of the landscape.

Other sources located around the observed source should be described.

Meteorological data can be collected on-site or obtained a meteorological station close to the experimental sites.

7.15.3 Appareillage (equipment)

L'équipement devrait permettre la mesure des données météorologiques et de la concentration en gaz aux pas de temps qui sont homogènes du point de vue météorologique, c'est-à-dire si le changement climatique à un pas de temps horaire, les valeurs observées intègre la variabilité temporelle pendant une heure.

De ce fait, il est recommandé d'utiliser:

- des analyseurs en continu avec un temps de réponse de plus ou moins 1 minute:

Equipment should allow the measurement of meteorological data and gas concentration at time steps that are homogeneous from the meteorological point of view, i.e. if the climate change at a hourly time step, the observed values should integrate the temporal variability during one hour .

In this last case, it is recommended to use:

- *sensors with a response time less than 1 minute: optical or photoacoustic analyzers,*

<p>analyseur optique ou photoacoustique ponctuel, analyseur à long trajet optique (type DOAS, FTIR, TDLAS, etc.)</p> <ul style="list-style-type: none"> - des échantillonneurs passifs avec analyse horaire (si les concentrations le permettent), - des capteurs électroniques où le signal peut être enregistré donnant des moyennes horaires ou une collection au moins de 5 valeurs dans un délai d'une heure. <p>Les sondes météorologiques devraient inclure au moins la température, l'humidité, la vitesse du vent et la direction.</p>	<p><i>open path remote sensing optical analyzers (DOAS, FTIR, TDLAS, etc.)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>passive samplers with hourly analysis (if concentration levels are high enough),</i> - <i>electronic sensors where the signal can be recorded giving either hourly averages or a collection of at least 5 values within one hour.</i> <p><i>Meteorological sensors should include at least temperature, humidity, wind speed and direction.</i></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.15.4 Observations (Observations)

<p>La température de l'air est mesurée à 2 m et la vitesse du vent à 10m.</p> <p>La stabilité et la rugosité du champ peuvent être évaluées à l'aide de WindTrax, qui demandera seulement une observation visuelle de la nébulosité et la vitesse du vent.</p> <p>Il n'y a aucun besoin d'enregistreur de données si des échantillonneurs passifs de flux et des anémomètres simples (instruments à piles ou mécaniques stockant le nombre de rotations) sont utilisés pour mesurer la concentration moyenne en NH₃ et la vitesse du vent.</p> <p>Sommer et al. (2005) suggèrent que, pour des parcelles de terrain ayant des dimensions inférieures à 100 m, une hauteur de mesure proche de 1 m est appropriée pour la technique bLS. Pendant les périodes où l'émission est élevée ou quand elle varie rapidement, la concentration moyenne en NH₃ et la vitesse du vent devraient être mesurées pendant des intervalles de temps plus courts.</p> <p>Le flux horizontal de NH₃ moyenné en fonction du profil de vent ($\overline{F_{hor}}$, µg m⁻² s⁻¹) peut être mesuré avec des échantillonneurs passifs de flux (Leuning et al., 1985) placés au-vent et sous-le-vent de la source d'émission. Le flux horizontal peut être déduit de :</p>	<p><i>Air temperature is measured at 2 m and wind speed at 10 m.</i></p> <p><i>Stability and roughness of the field can be assessed using WindTrax, which will only need visual observation of cloudiness and wind speed.</i></p> <p><i>There is no need of data loggers if passive flux samplers and simple anemometers (battery powered or mechanical instruments storing the number of rotation) are used to generate average concentration of NH₃ and wind speed.</i></p> <p><i>Sommer et al. (2005) suggest that for plots with dimensions of 100 m or less, a measurement height near 1 m would be appropriate for use with the bLS technique. During events of high emission or when it is supposed to vary rapidly, the mean NH₃ concentration and wind speed should be measured over shorter time intervals.</i></p> <p><i>The wind weighted average horizontal flux of NH₃ ($\overline{F_{hor}}$, µg m⁻² s⁻¹) can be measured with passive flux samplers (Leuning et al., 1985) located upwind and downwind the emitting source. The horizontal flux can be derived from :</i></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$[118] \quad \overline{F_{hor}} = \frac{M}{At}$$

<p>où M est la masse de NH₃-N absorbée (µg) par l'acide oxalique enduisant l'intérieur de</p>	<p><i>where M is the mass of NH₃-N collected (µg) by oxalic acid coating the interior of the passive flux</i></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

l'échantillonneur passif de flux au cours de la période de prélèvement t (s), A est la section efficace de l'échantillonneur (m^2). Après exposition, le revêtement de l'échantillonneur est dissous dans 0.04 L d'eau désionisée et la teneur en NH_4-N (M) est déterminée par colorimétrie au bleu d'indophénol avec un spectrophotomètre (Milton Roy, Spectronic 601, Etats-Unis).

sampler during sampling period t (s), A is the effective cross-sectional area of the sampler (m^2). After exposure, the coating is dissolved in 0.04 L deionized water and the NH_4-N content (M) determined by the indophenol blue colorimetric method and a spectrophotometer (Milton Roy, Spectronic 601, USA).

7.15.5 Contrôles et vérifications (Control and checkout)

L'attention est attirée sur le fait que, quand la hauteur de mesure diffère de manière significative de H_{zinst} (hauteur à laquelle les effets de stabilité sont faibles), de grandes erreurs dans le flux calculé sont probables lorsque l'on utilise de longs intervalles de temps pour les moyennes des concentrations, en raison de la sensibilité des résultats à la stabilité, et de la difficulté à définir les conditions de stabilité sur une longue période.

Caution is suggested, as once the measurement height significantly differs from H_{zinst} (the height where the stability effects are small), large errors in the inferred fluxes are likely when using long averaging intervals due to the sensitivity of the results to stability, and the problem of defining long-term stability.

7.15.6 Expression des résultats, calcul d'incertitude et interprétation (Expression of results, uncertainty estimate, and interpretation)

La réalisation d'une telle campagne nécessite de bien étudier la météorologie locale afin de correctement positionner l'analyseur en continu. Si la mesure du gaz en elle-même est relativement bien maîtrisée et peu entachée d'incertitudes, différents facteurs peuvent influencer sur la pertinence des résultats:

- la hauteur de mesure du gaz d'intérêt: il serait intéressant de réaliser les mesures à différentes hauteurs pour bien vérifier que les résultats sont concordants,
- les incertitudes liées à l'utilisation d'un modèle de dispersion: si les modèles Lagrangiens sont plus réalistes sur des échelles de distance très courtes, ils restent cependant très sensibles aux différents paramètres décrivant la stabilité de l'atmosphère.

En effet, les résultats issus de modèles de dispersion sont très sensibles à différents paramètres que l'opérateur doit définir dans les conditions du modèle: stabilité de l'atmosphère, rugosité de la surface du sol, etc. Il existe malgré tout certaines

Good knowledge of local mean meteorological conditions (mainly wind directions) is imperative for setting up such a campaign, in order to implement the dynamic analyzer at the optimal location and/or height. Gas analyzers that are now commercially available are efficient and precise. Therefore, uncertainties on gas measurements are low and are more related to:

- *height of gas sampling line: measuring at different height (2,5 or 10 meters) could allow more precision on the results,*
- *uncertainties directly generated by the model itself. Lagrangian models are designed for short distance scales (< 1000 m). Results are more realistic than when using a Gaussian model. But results provided by those models are still sensitive to the different atmospheric stability parameters or surface roughness.*

Modeling results are indeed sensitive to the different parameters defined by the operator prior to modeling, such as atmospheric stability, surface roughness, etc. Based on observations or meteorological measurements, commercially available software help defining those parameters, with the help of different classifications like the one defined by Pasquill for example.

Pasquill classification is based on three different

classifications pour les déterminer, telle celle proposée par Pasquill par exemple.

De manière empirique, Pasquill a mis au point un système de classification de la stabilité. Les trois paramètres météorologiques indispensables à la détermination de la classe de stabilité de l'atmosphère selon les classes de Pasquill sont la vitesse du vent, la couverture nuageuse et le flux radiatif solaire.

Ce système suppose que la stabilité dans les couches près du sol dépend de la radiation nette, image de la convection verticale, et de la vitesse du vent, image des tourbillons mécaniques. Durant la journée, l'apport solaire est mesuré par la radiation (en W/m^2), qui est ensuite catégorisée en 4 classes (forte, moyenne, modérée et faible). Celle-ci dépend de la hauteur du soleil sur l'horizon, et donc de la date et de l'heure, ainsi que de la couverture nuageuse. Pasquill a également imaginé une situation particulière correspondant à un ciel totalement couvert, c'est-à-dire lorsque la proportion N de surface de ciel couverte par les nuages vaut 1, ainsi que deux situations de nuit, mesurées uniquement par la couverture nuageuse N. La vitesse du vent, elle, est catégorisée en 7 intervalles. A chaque couple de valeur insolation (ou couverture nuageuse)/vitesse du vent correspond une des 6 classes de stabilité notée par A, B, C, D, E ou F, allant de l'instabilité à la stabilité, selon la nomenclature suivante :

- A. Extrêmement instable
- B. Instable
- C. Légèrement instable
- D. Neutre
- E. Légèrement stable
- F. Stable à extrêmement stable

Le tableau 1 résume la classification de Pasquill.

meteorological measurement or observations: wind speed, cloud cover and sun radiative flux.

Pasquill has considered that atmospheric stability close to the ground is depending on radiative flux (corresponding to the vertical convection) and wind speed (corresponding to eddies). During the day, radiative flux (in W/m^2) is scaled in four classes: strong, medium, moderate and weak. Radiative flux is correlated with the height of the sun above the horizon (i.e. with date and time) and cloud cover.

Pasquill has also defined a specific situation where the sky is completely covered by clouds ($N = 8/8$) and two night situations, defined by the cloud cover. Wind speed is scaled in seven classes. Based on these parameters, Pasquill has defined six atmospheric stability classes:

- A. Very unstable
- B. Moderately unstable
- C. Slightly unstable
- D. Neutral
- E. Slightly stable
- F. Moderately to very stable

Vitesse du vent à 10 m de hauteur (m/s)	Jour Radiation globale				Jour + Nuit Ciel couvert (N=1)	Nuit Couverture Nuageuse	
	forte	moyenne	modérée	faible		Très nuageux (N>4/8)	Peu nuageux (N<4/8)
< 1.5	A	A	B	C	D	F	F
1.5 – 2.5	A	B	C	C	D	E	F
2.5 – 3.5	B	B	C	D	D	E	E
3.5 – 4.5	B	C	C	D	D	D	E
4.5 – 5.5	C	C	D	D	D	D	D
5.8 – 8.0	C	D	D	D	D	D	D
> 8.0	D	D	D	D	D	D	D

Tableau 1: Définition des six classes de stabilité selon Pasquill

Dans ce tableau :

- La radiation forte correspond à un jour d'été ensoleillé, à midi, soit une radiation supérieure à 800 W/m² sans nuage.
- La radiation moyenne correspond à des conditions de demi-saison, soit une radiation moyenne de l'ordre de 500 W/m².
- La radiation modérée correspond à des conditions hivernales, soit une radiation moyenne de l'ordre de 200 W/m².
- La radiation faible correspond à un ciel couvert et une radiation moyenne inférieure à 200 W/m².
- Le nombre N correspond à la fraction du ciel couverte par les nuages (entre 0 et 1)
- La période de nuit est définie de 1 h avant le coucher du soleil jusqu'à 1 heure après le lever du soleil.

Dans ce type de classification, la vitesse du vent est censée être mesurée à 10 m d'altitude. Si la mesure a été réalisée à une autre altitude, il est toujours possible d'utiliser une formule de correction).

D'après les éléments présentés ci-dessus (qui ne représentent qu'un exemple), il apparaît clairement que la définition des paramètres

In the previous table:

- *strong radiative flux is corresponding to a sunny summer day at noon, i.e. a radiative flux > 800 W/m² without cloud,*
- *medium radiative flux is corresponding to mid-season conditions, i.e. a mean radiative flux of about 500 W/m²,*
- *moderate radiative flux is corresponding to winter conditions, i.e. a mean radiative flux of about 200 W/m²,*
- *weak radiative flux is corresponding to a cloudy sky with a mean radiative flux < 200 W/m²,*
- *N is defined as the fraction of the sky covered by clouds (in octas): N=0/8 for a clear sky, N=8/8=1 for a cloudy sky,*
- *night period is defined from 1 hour prior to dawn to 1 hour after dusk,*
- *wind speed is supposed to be measured at 10 meters.*

According to these classification, it is clear that care as to be taken when defining the atmospheric stability class and that this last is changing during the day.

In terms of uncertainties, even if softwares provide an estimation of standard deviation (based on the results obtained with the number of particles

décrivant la stabilité de l'atmosphère n'est pas chose aisée.

En termes d'incertitudes, il est difficile d'évaluer celles directement générées par le modèle lui-même. L'une des méthodes consisterait à multiplier les modélisations à partir de mesures autour d'une source d'émission constante. La dispersion statistique des valeurs de flux modélisées fournirait dans ce cas une première approche des incertitudes sur les résultats de modélisation.

modeled), it is difficult to really assess the uncertainties generated by the model.

One solution could be running the model around a emission source with stable flux. Statistical modeled results dispersion would represent a rough estimation of model uncertainties.

7.16 Procédure pour la mesure des émissions d'ammoniac utilisant un modèle Gaussien (*Guidelines for Gaussian dispersion technique for measuring ammonia emissions*)

7.16.1 Introduction (Introduction)

7.16.1.1 Objectif (Objective)

Les modèles de dispersion Gaussiens sont utilisés depuis de nombreuses années pour étudier la dispersion des composés émis par les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et évaluer ainsi les concentrations moyennes supposées dans le proche environnement des sites industriels.

Ces modélisations nécessitent la connaissance des flux émis par la source, la description précise de l'environnement du site étudié (orographie, bâti, etc.) et les conditions météorologiques moyennes représentatives des conditions locales.

De nombreux logiciels sont actuellement disponibles commercialement et facilitent l'utilisation de cette technique.

Gaussian models are used since many years to assess the atmospheric dispersion of pollutants emitted by stationary sources and evaluate that way mean concentrations at specific locations around those sources.

These modeling are based on mass fluxes emitted by the source, a precise description of the source's environment (orography, buildings, etc.) and on mean meteorological conditions for this specific sector.

Different software are commercially available and help using this method.

7.16.1.2 Domaine d'application (Scope)

Cette technique peut être mise en oeuvre dans le cas des systèmes de production animale, y compris les bâtiments, les parcs d'attente, les stockages d'effluents, etc.

En effet, le modèle de dispersion sert uniquement à simuler les conditions de dispersion atmosphériques sur la base de données météorologiques moyennes ou mesurées durant une campagne. Les flux émis sont donc soit connus (car mesurés), soit fixés arbitrairement (dans le cas de l'implantation d'un site non existant).

Dans le cas de l'évaluation des flux émis par une source donnée, la technique consiste à attribuer arbitrairement à la source un flux unitaire et de modéliser les niveaux de concentrations aux emplacements précis des capteurs mis en place. Le ratio entre les concentrations mesurées et les concentrations modélisées est alors

These guidelines are adapted to cases of animal production systems, including house, free-range and manure storage, etc.

Use of Gaussian model aim only at determine atmospheric dispersion conditions based on mean or measured meteorological data. Emitted fluxes from the source or known (measured) or arbitrary fixed (case of a non existing plant).

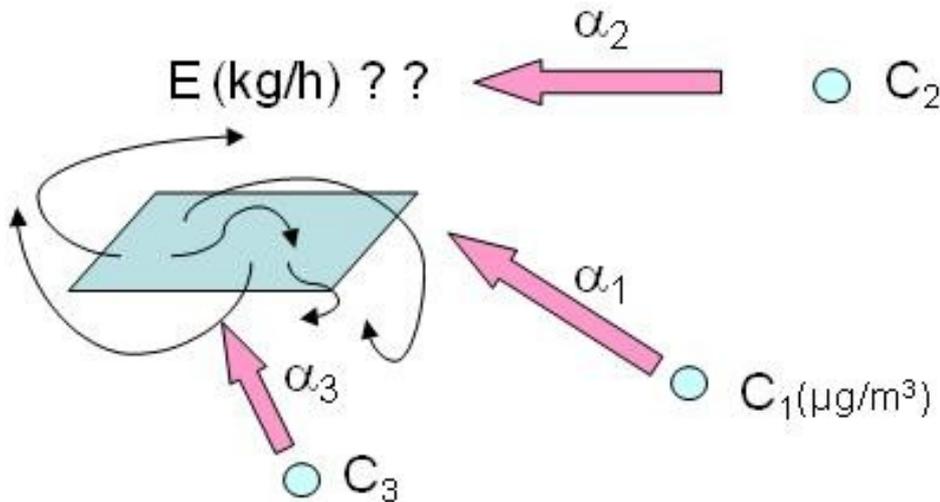
If used to assess emitted fluxes from a specific source, this method consists in fixing emitted fluxes at 1 (g/h, g/m²/day, etc.) and modeling the dispersion of these emissions to get the mean concentration that would be measured at every sampling locations. Ratio between modeled and measured concentrations is directly corresponding to the emitted flux.

Nevertheless, roughness of the landscape may not be too high. This parameter is related to the

<p>directement proportionnel au ratio entre flux émis et flux modélisé.</p> <p>Malgré tout, la rugosité du paysage ne doit pas être trop importante. Celle-ci est liée à la présence d'éléments perturbant l'écoulement du vent autour de la source d'émission: haies, arbres, bâtiments, etc.</p>	<p><i>presence of trees, buildings, etc.</i></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------

7.16.1.3 Principes (Principles)

<p>On cherche ici à déterminer, à partir de mesures de concentrations dans l'environnement, le flux des émissions grâce à une évaluation du ratio de dispersion (α_i) reliant les concentrations mesurées dans l'environnement (C_i) au flux émis (E):</p> $C_i = \alpha_i * E$ <p>Le modèle Gaussien est utilisé ici pour déterminer le ratio de dispersion α_i en chacun des emplacements de mesures retenus, comme présenté en figure suivante.</p>	<p><i>Based on measurements around the source, this method aims at assessing emitted fluxes by modeling dispersion ratio (α_i) linking concentration measurements (C_i) around the source to the emitted flux (E):</i></p> $C_i = \alpha_i * E$ <p><i>Gaussian model is there used only to determine dispersion ratios α_i at every single sampling point, like presented in following figure:</i></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



<p>Si le flux émis E est arbitrairement fixé à 1, alors le modèle de dispersion conduit directement à l'obtention de chacun des ratios de dispersion α_i.</p> <p>A partir des mesures des concentrations du gaz que l'on cherche à quantifier C_i, on peut ensuite déterminer le flux E émis :</p>	<p><i>If emitted flux is set up at 1, then dispersion model results at every sampling point are directly corresponding to each dispersion ratio α_i.</i></p> <p><i>Using concentration measurements results C_i obtained around the source, emitted flux E can be calculated:</i></p>
$E = C_i / \alpha_i$	$E = C_i / \alpha_i$

En multipliant les emplacements de mesures et en conduisant cette méthode au niveau de ces derniers, on peut évaluer la dispersion des résultats et déterminer ainsi les incertitudes liées à la méthode.

By conducting concentration measurements at different locations and distances from the source, statistical dispersion of results is a good evaluation of method's uncertainty.

7.16.2 Identification des sites émetteurs (Identification of emission site)

Les éléments perturbant l'écoulement du vent autour de la source d'émission, par exemple, arbres, bâtiments ou autres éléments du paysage, doivent être inclus dans la description du site car ils affectent la rugosité du paysage.

The wind-disturbing elements around the emitting source, e.g., trees, houses or other protruding landscape elements, should be included in the description of the site as they affect the roughness of the landscape.

La présence d'autres sources situées autour de la source observée doivent également être décrites.

Other sources located around the observed source should be described.

Les données météorologiques peuvent être observées sur place ou être obtenues d'une station météorologique proche du site expérimental.

Meteorological data can be collected on-site or obtained a meteorological station close to the experimental sites.

7.16.3 Appareillage (equipment)

Si l'utilisation d'un modèle gaussien peut être réalisée en mode dynamique, les meilleurs résultats sont obtenus sur des échelles de temps relativement longues (concentrations moyennes).

Equipment should allow the measurement of meteorological data and gas concentration at time steps that are homogeneous from the meteorological point of view, i.e. if the climate change at a hourly time step, the observed values should integrate the temporal variability during one hour .

De ce fait, il est recommandé d'utiliser:

- des analyseurs en continu à partir desquels on peut déterminer une concentration moyenne: analyseur optique ou photoacoustique ponctuel, analyseur à long trajet optique (type DOAS, FTIR, TDLAS, etc.)
- des échantillonneurs passifs avec analyse journalière ou plus (si les concentrations l'imposent),

In this last case, it is recommended to use:

- *sensors with a response time less than 1 minute: optical or photoacoustic analyzers, open path remote sensing optical analyzers (DOAS, FTIR, TDLAS, etc.)*
- *passive samplers with hourly analysis (if concentration levels are high enough),*
- *electronic sensors where the signal can be recorded giving either hourly averages or a collection of at least 5 values within one hour.*

Les sondes météorologiques devraient inclure au moins la température, l'humidité, la vitesse du vent et la direction.

Meteorological sensors should include at least temperature, humidity, wind speed and direction.

7.16.4 Observations (Observations)

La température de l'air est mesurée à 2 m et la vitesse du vent à 10m.

Air temperature is measured at 2 m and wind speed at 10 m.

Il n'y a aucun besoin d'enregistreur de données si des échantillonneurs passifs de flux et des

anémomètres simples (instruments à piles ou mécaniques stockant le nombre de rotations) sont utilisés pour mesurer la concentration moyenne en NH₃ et la vitesse du vent.

There is no need of data loggers if passive flux samplers and simple anemometers (battery powered or mechanical instruments storing the number of rotation) are used to generate average concentration of NH₃ and wind speed.

7.16.5 Expression des résultats, calcul d'incertitude et interprétation (Expression of results, uncertainty estimate, and interpretation)

La réalisation d'une telle campagne nécessite de bien étudier la météorologie locale afin de correctement positionner les capteurs ou analyseurs dans le panache de dispersion des émissions. En termes d'incertitudes sur la mesure, différents facteurs peuvent influencer sur la pertinence des résultats:

- la stabilité des directions de vents lors des mesures,
- les performances analytiques du laboratoire,
- les incertitudes liées à l'utilisation d'un modèle Gaussien en situation limite (échelle de distance très courte).

Si les deux premiers critères peuvent être évalués par des mesures physiques, le troisième critère est nettement plus difficile à dimensionner. En effet, les résultats issus de modèles de dispersion sont très sensibles à différents paramètres que l'opérateur doit définir dans les conditions du modèle: stabilité de l'atmosphère, rugosité de la surface du sol, etc. Même s'il existe certains guides pour les déterminer, ces paramètres restent assez subjectifs et difficile à apprécier.

La répétition de la méthode à partir de multiples emplacements de mesure est un moyen à privilégier pour bien évaluer la dispersion statistique des résultats et les incertitudes globales qui y sont associées.

Good knowledge of local mean meteorological conditions (mainly wind directions) is imperative for setting up such a campaign, in order to implement the samplers or analyzers at the optimal location and/or height. Uncertainties are related to:

- *stability of wind directions during the entire sampling period ,*
- *analytical performance of sampling and analysis train (limit of detection, etc.),*
- *uncertainties caused by short distance scale when using Gaussian models.*

Modeling results are indeed sensitive to the different parameters defined by the operator prior to modeling, such as atmospheric stability, surface roughness, etc. Based on observations or meteorological measurements, commercially available software help defining those parameters, with the help of different classifications but these are still tough to define.

Conducting modeling on multiple sampling points is a good way to assess statistical dispersion of the results and related uncertainties.

7.17 Procédure pour générer une concentration choisie d'ammoniac et la mesurer par barbotage (*Guidelines to generate a predefined ammonia concentration and measure it with acid bubbling*)

7.17.1 Introduction (Introduction)

7.17.1.1 Objectif (Objective)

La technique suivante a été développée dans le but de contrôler la précision de techniques de mesures de concentration en NH₃ utilisées au sein de bâtiments d'élevage au moyen d'un dispositif assez simple.

L'ammoniac étant un gaz très réactif et très instable, il est probable que les laboratoires ordinaires auront quelques difficultés à disposer aisément d'une installation délivrant un mélange de gaz étalon fiable. En outre, les capteurs indiquant les concentrations en ammoniac peuvent dériver ou être calibré en dehors de la gamme d'observation. Dans ces deux cas, le signal sera biaisé.

Ce dispositif peut être utilisé pour vérifier le signal d'un capteur ou bien pour comparer deux capteurs différents.

The following technique was developed with the aim of controlling the precision of measurement techniques of NH₃ concentration used within animal housings by means of a rather simple device.

The ammonia being a very reactive and very unstable gas, it is probable that the ordinary laboratories will have some difficulties to maintain an installation easily delivering a mixture of gas from reliable standards. Moreover, the sensors indicating the ammonia concentrations can derive or be calibrated apart from the range of observation. In these two cases, the signal will be biased.

This device can be used to check the signal of a sensor or to compare two different sensors.

7.17.1.2 Domaine d'application (Scope)

Cette procédure s'applique aux gaz pour lesquels on peut calculer avec précision les équilibres liquide-gaz.

Cette procédure proposée ici pour le contrôle des appareillages peut également être mise en œuvre pour mesurer la teneur en ammoniac sur un site d'élevage. Cependant, pour les mesures habituelles par barbotage, on place une grande quantité d'acide, on laisse le barbotage durant la période d'observation (quelques minutes à quelques jours) en relevant le volume d'air, puis on dose la quantité d'ammoniac retenue dans la solution acide.

This procedure applies to the gases for which one can calculate with accuracy the equilibriums between liquid and gas.

This procedure, suggested here for checking equipments, can also be implemented to measure ammonia concentration in air on a farm. However, for usual measurements by bubbling, a great quantity of acid solution is placed for bubbling during the period of observation (a few minutes to a few days) and recording volume of air that passes through the solution, then the quantity of ammonia retained in the acid solution is measured.

7.17.1.3 Principes (Principles)

Dans un récipient de capacité et dimensions connues, on introduit de manière homogène une quantité mesurée d'un liquide contenant de l'ammoniac en solution, à un pH et une

A known quantity of a liquid containing ammonia in solution is introduced in a homogeneous way in a container of known capacity and dimensions, with observed values of pH and a temperature, in

température donnés, de façon à laisser un volume d'air connu au-dessus de la surface de liquide. Après fermeture du récipient et vérification de son étanchéité, l'espace libre au-dessus de la surface est ventilé de manière contrôlée et continue pendant toute la durée de l'essai. La quantité d'ammoniac contenu dans l'air sortant du récipient est mesurée en faisant passer cet air pour partie sur le capteur à contrôler, pour partie dans une solution d'acide sulfurique de titre et volume connus en présence d'un indicateur acido-basique (méthyl orange). Le temps nécessaire à la neutralisation de l'acide sulfurique est chronométré ou le volume d'air ayant neutralisé l'acide est mesuré.

Connaissant la surface d'échange, le débit d'aération, la normalité et le volume de l'acide sulfurique utilisé ainsi que le délai pour la neutralisation, on peut calculer la concentration en ammoniac de l'air sortant du récipient ainsi que l'émission de l'ammoniac au niveau de la surface du liquide. La concentration peut être exprimée en ppmv/v (ml/m^3) ou en ppmp/v (mg/m^3). L'émission sera exprimée en mg de $\text{NH}_3/\text{heure}/\text{m}^2$.

order to leave a known volume of air above the surface of solution. After closing the container and checking its sealing, the free space above surface is ventilated in a controlled way and continuously during all the duration of the test. The quantity of ammonia contained in the air coming out of the container is measured by passing on the sensor to be checked, and, in a sulphuric acid solution of known concentration and volume, then characterized in the presence of an acido-basic indicator (orange methyl). The time necessary for the neutralization of the sulphuric acid is measured or the volume of air having neutralized the acid is measured.

Knowing the emitting surface, the flow of ventilation, the normality and the volume of the sulphuric acid used as well as the time for neutralization, one can calculate the ammonia concentration in the air coming from the container as well as the emission of ammonia from the surface of the liquid. The concentration can be expressed in ppmv/v (ml/m^3) or ppmp/v (mg/m^3). The emission will be expressed in mg $\text{NH}_3/\text{hour}/\text{m}^2$.

7.17.2 Caractérisation des valeurs à contrôler (Identification of values that have to be checked)

On note :

- les appareils à contrôler,
- les gammes de concentration à contrôler,
- les durées d'observation à effectuer et le nombre de valeurs d'une même configuration à enregistrer.

Records include:

- *equipments to be controlled,*
- *ranges of concentration to be controlled,*
- *durations of observation to be carried out and number of values of the same configuration to be recorded.*

7.17.3 Appareillage (equipment)

Matériel (Figure 1) :

- Circuit d'air comprimé ou pompe à débit contrôlé;
- Mano détendeur réglable entre 0 et 5 bars ;
- Vanne d'arrêt ;
- Distributeur manifold pour raccords à plusieurs récipients;
- Débitmètre type rotamètre ou capillaire, avec vanne de réglage à pointeau,
- échelle de réglage 0 à 1 l/min ou 0 à 10 l/min ;
- Réacteur de forme cylindrique (bidon en polypropylène de 35 litres ou tonneau en polypropylène de 80 litres avec fermeture

Material (Figure 1):

- *Circuit of compressed air or pump with controlled flow;*
- *Adjustable pressure reducer between 0 and 5 bars;*
- *Stopping Valve;*
- *Manifold for connections with several containers;*
- *Standard Flowmeter rotameter or capillary, with control valve,*
- *scale of adjustment from 0 to 1 l/min or 0 to 10 l/min;*
- *Cylindrical container (polypropylene can of 35*

<p>étanche sous une pression d'environ 0.05bar ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tubes en pvc souple diamètre intérieur 3 mm et 5 mm ; - Raccords pour ces tubes : raccords droits et raccords « T » ; - Tubes à essai : capacité 50ml, diamètre 20 à 22 mm ; - Pipettes jaugée deux traits 1, 2, 5 et 10 ml ; - Ballons jaugés, éprouvettes graduées et balance de laboratoire ; - Bouteille, pieds de chimie, pinces, noix d'assemblages, bouchons, etc. - Appareil(s) à contrôler. 	<p>liters or polypropylene barrel of 80 liters with closing seals tight under a pressure of approximately 0.05bar;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexible PVC Tubes diameter inside 3 mm and 5 mm; - Connections for these tubes: normal connections and connections "T"; - Sample Tubes: capacity 50ml, diameter 20 to 22 mm; - Gauged Pipettes two graduations 1,2,5 and 10 ml; - Graduated flasks, graduated test-tubes and laboratory balances; - Bottle, feet, grips, nuts, stoppers, etc - Equipment to be checked.
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

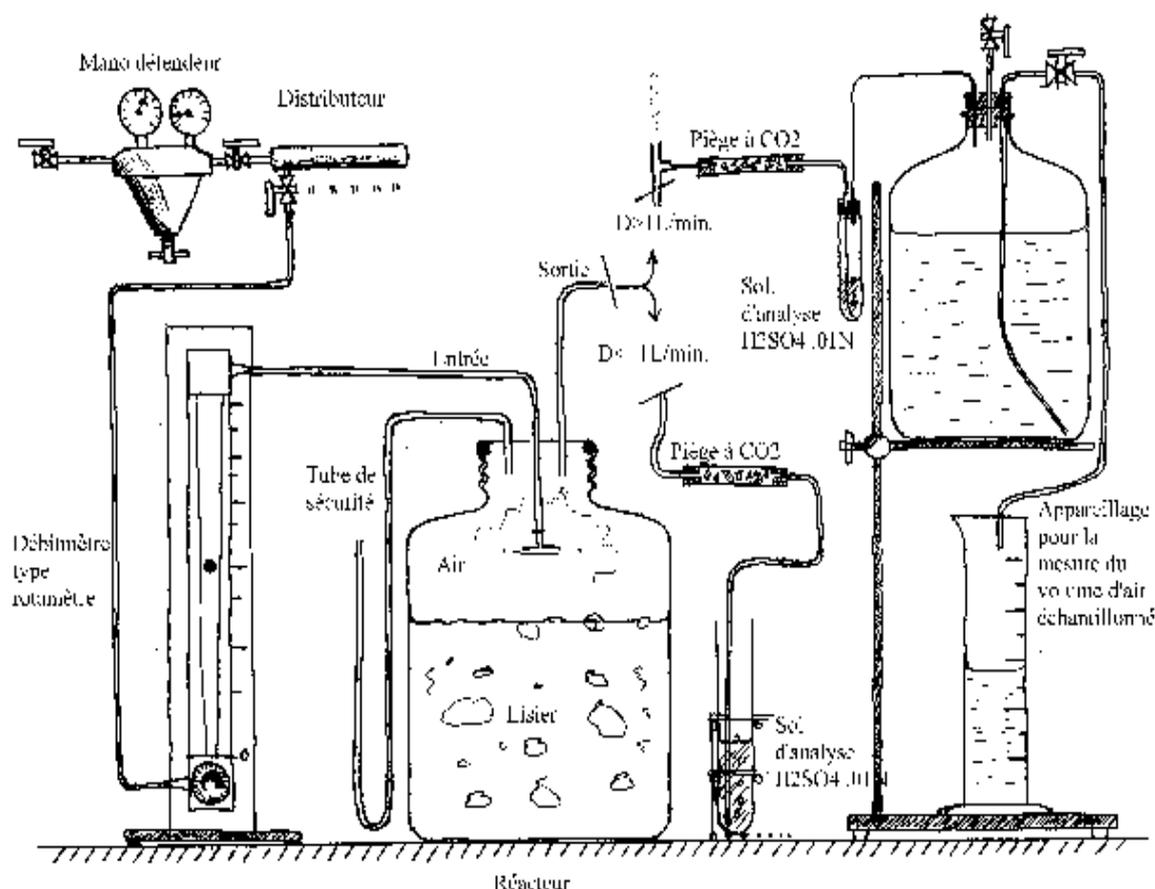


Figure 42. Installation de mesure pour une vérification robuste des concentrations et

émissions d'ammoniac (measuring equipment for a robust control of ammonia concentration and emissions)

<p>Réactifs</p> <ul style="list-style-type: none"> - H₂SO₄ 0.1N dont le titre a été contrôlé, solutions diluées d'acide sulfurique 0,01 et 0,001N; - NaOH en pellets pour piège à CO₂ ; - Méthyl orange, solution diluée. <p>Deux options sont possibles selon le débit d'air utilisé (inférieur à 1 L/min ou supérieur).</p>	<p>Reagents:</p> <ul style="list-style-type: none"> - H₂SO₄ 0.1N whose title was controlled, diluted solutions of sulphuric acid 0,01 and 0,001N; - NaOH in pellets for trapping CO₂; - Orange Methyl, diluted solution. <p>Two options are possible according to the air flow used (lower than 1 L/min or higher).</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.17.4 Génération d'une concentration définie d'NH₃ (Generation of a defined concentration of NH₃)

<p>Protocole</p> <p>Un volume suffisant de liquide contenant de l'ammoniac dans des conditions connues de température et de pH est préparé et homogénéisé. Une quantité identique, 20 à 50 litres selon la taille des récipients, est répartie uniformément dans différents réacteurs (bidons de 30 litres ou tonneaux de 80 litres). Le liquide doit être agité afin de maintenir à la fois son homogénéité et un mouvement relatif de l'air et du liquide d'au moins 1 m/s car la volatilisation ammoniacale diminue fortement si les fluides sont immobiles.</p> <p>Les réacteurs sont fermés et leur étanchéité est vérifiée. Pour cela, on ferme la sortie de l'air et on ouvre l'arrivée jusqu'à atteindre une hauteur manométrique d'environ 200 mm de colonne d'eau que l'on contrôle avec le tube de sûreté. On ferme l'arrivée et après 5 minutes on contrôle à nouveau la hauteur manométrique ; la diminution de hauteur ne doit pas dépasser 50 mm, sinon il convient de vérifier la fermeture et les raccords des tubes.</p> <p>Les réacteurs sont ensuite placés dans une enceinte calorifugée afin d'éviter les trop grandes variations de température. L'aération est mise en service et elle est réglée au moyen des vannes à pointeaux des débitmètres. Le débit est adapté en fonction du volume à ventiler. Avant de commencer les mesures, on interpose un tube de 10 cm de longueur et 8 mm de diamètre intérieur dans lequel on a placé quelques pellets de NaOH</p>	<p>Protocol</p> <p>A sufficient volume of liquid containing ammonia under known conditions of temperature and pH is prepared and homogenized. An identical quantity, 20 to 50 liters according to the size of the containers, is distributed uniformly in various engines (cans of 30 liters or barrels of 80 liters). The liquid must be agitated in order to maintain at the same time its homogeneity and a relative movement of the air and liquid from at least 1 m/s because ammoniacal volatilization strongly decreases if the fluids are motionless.</p> <p>The containers are closed and their sealing is checked. For that, the exit of the air is closed and the arrival is opened until reaching a total pression of approximately 200 mm of water height that is controlled with the security tube. The arrival is closed after 5 minutes, the pressure is closed again; the pressure drop should not exceed 50 mm water height, on the contrary it is advisable to check the tightness and the connections of the tubes.</p> <p>The containers are then placed in an insulated enclosure in order to avoid the too great temperature variations. Ventilation is started and it is regulated by means of the controlled valves of the flowmeters. The flow is adapted according to volume to be ventilated. Before beginning measurements, a tube of 10 cm length and 8 mms in diameter inside containing some NaOH pellets to trap the CO₂ is placed in the air going out the container. Indeed, it was noticed that when CO₂ is</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

pour piéger le CO₂ présent dans l'air. En effet, on a remarqué que lorsque du CO₂ est présent en grande quantité il interfère avec la neutralisation de l'ammoniac. Lorsque toute l'installation est réglée on commence les mesures.

Calcul de la concentration en NH₃ dans l'air et de la perte totale d'NH₃ de la solution sur la durée expérimentale

(cf. feuille excel)

present in great quantity it interferes with the neutralization of ammonia. When all the installation is checked measurements can begin.

Calculation of the NH₃ concentration in the air and of NH₃ the total loss of the solution over the experimental duration

(see Excel sheet)

7.17.5 Contrôle de la concentration d'NH₃ dans l'air (Control of the concentration of NH₃ in air)

Protocole

Après avoir interposé un tube de 10 cm de longueur et 8 mm de diamètre intérieur dans lequel on a placé quelques pellets de NaOH pour piéger le CO₂ présent dans l'air, on dirige l'air sortant du piège à CO₂ vers une solution acide permettant de piéger puis de doser la quantité d'NH₃ sortie du réacteur contenant la solution ammoniacale (Figure ci-dessus).

Débit d'aération inférieur à 1 L/minute

- 1 ml d'une solution H₂SO₄ 0,1N est placé dans un tube à essai de 50 ml et de 20 -22 mm de diamètre.
- 1 goutte de solution diluée de méthyl orange est ajoutée ;
- On ajoute de l'eau pour que la hauteur de la solution dans le tube soit d'environ 5 cm ;
- On plonge l'extrémité du tube de sortie de l'aération du réacteur dans la solution acide jusqu'au fond du tube et on enclenche le chronomètre.
- Dès que l'indicateur a viré du rouge au jaune on arrête le chronomètre et l'on note le temps qui a été nécessaire pour la neutralisation de l'acide (pH supérieur à 4,5)
- On continue à lire les valeurs observées par l'appareil à vérifier, si l'observation dure longtemps, il convient de répéter le dosage (chronométrage du temps de neutralisation) en fin d'enregistrement pour vérifier que les conditions d'émission dans le réservoir n'ont pas bougé.

Protocol

After having interposed a tube of 10 cm length and 8 mms in diameter inside containing some NaOH pellets to trap the CO₂ present in the air, the air coming out the tube is directed to an acid solution allowing to trap and then to analyze the quantity of NH₃ coming out of the container containing the ammoniacal solution (Figure above).

Flow of ventilation lower than 1 L/minute

- *1 ml of a solution H₂SO₄ 0,1N is placed in a test tube of 50 ml and 20.-22 mms diameter.*
- *1 drop of diluted orange methyl solution is added;*
- *Water is added so that the height of the solution in the tube is of approximately 5 cm;*
- *the end of the air tube resulting from the ventilation of the container is plunged in the acid solution until the bottom of the tube and one starts the stop watch.*
- *As soon as the coloured indicator changes from red to yellow the stop watch is stopped and the time which was necessary for the neutralization of acid is recorded (pH higher than 4,5)*
- *the actual values given by the equipment to check are also recorded, if the observation lasts a long time, it is advisable to repeat the dosing of ammonia (recording the time of neutralization) at the end of the ventilation to check that the conditions of emission in the tank did not change.*

Si le temps nécessaire à la neutralisation de l'acide devient excessif, plus de 20 minutes par exemple, on peut diminuer la concentration ou le volume de la solution d'acide sulfurique placée dans le tube à essai.

Débit d'aération supérieur à 1 L/minute

Lorsque l'on veut travailler avec des débits d'aération plus importants, on ne peut plus faire barboter la sortie de l'air directement dans la solution acide car le passage de l'air serait trop rapide et la neutralisation de l'ammoniac risquerait d'être incomplète. De plus, le flux d'air risquerait d'entraîner une partie de la solution acide, ce qui fausserait les résultats.

Au moyen d'un raccord « T » placé sur l'extrémité du tube de sortie du réacteur (cf. Figure) et au moyen d'une pompe ou d'un système d'aspiration contrôlé, on prélève une partie du flux sur lequel on mesure la concentration en ammoniac. Le volume d'air nécessaire à la neutralisation de la quantité connue d'acide sulfurique, noté V' , est mesuré par débordement de l'eau contenue dans un récipient placé après le tube à essai (cf. Figure).

On note les valeurs observées par l'appareil à vérifier.

If the time necessary for neutralization of the acid solution becomes excessive, over 20 minutes for example, the concentration or the volume of the sulphuric acid solution placed in the test tube can be decreased.

Flow of ventilation higher than 1 L/minute

To work with higher flows of ventilation, bubbling the exit of the air directly in the acid solution becomes difficult because the passage of the air would be too fast and the neutralization of ammonia would be likely to be incomplete. Moreover, the fluxes of air would be likely to remove a part of the acid solution, which would bias the results.

Using a connection "T" placed on the end of the tube used for air output from the container (cf Figure) and by means of a pump or of a system of controlled aspiration, only a part of the fluxes is used for the measurement of the ammonia concentration. The volume of air necessary for the neutralization of the known quantity of sulphuric acid, noted V' , is measured by overflow of the water contained in a container placed after the test tube (cf Figure).

One notes the actual values by equipment to check.

7.17.6 Calculs (Calculations)

Calcul pour le débit d'aération inférieur à 1 L/minute

Le temps nécessaire pour le virage de l'indicateur (t), multiplié par le débit d'aération (D), donne le volume d'air (V), qui contient la quantité équivalente d'ammoniac nécessaire à la neutralisation de la quantité d'acide $\text{eqNH}_3 = \text{eqH}_2\text{SO}_4$, cette dernière étant connue.

$$V = d.t \quad (1)$$

$$\text{eq}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \text{Vol}_{\text{H}_2\text{SO}_4} . \text{tit}_{\text{H}_2\text{SO}_4} \quad (2)$$

avec

t : minute ;
 D : litre/minute ;
 V : litre;

Calculation for the flow of ventilation lower than 1 L/minute

The time necessary for the changing the coloured indicator (T), multiplied by the flow of ventilation (D), gives the volume of air (V), which contains the equivalent quantity of ammonia necessary to the neutralization of the quantity of acid $\text{eqNH}_3 = \text{eqH}_2\text{SO}_4$, the latter being known.

$$V = d.t \quad (1)$$

$$\text{eq}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \text{Vol}_{\text{H}_2\text{SO}_4} . \text{tit}_{\text{H}_2\text{SO}_4} \quad (2)$$

with

t: minute;
D: liter/minute;
V: liter;

<p> eq_{NH_3} : mole, 1 eq_{NH_3} = 17 g NH_3 ou 22,4 litres; $eq_{H_2SO_4}$: mole, 1 $eq_{H_2SO_4}$ = 49 g H_2SO_4 ; $Vol_{H_2SO_4}$: litre; $tit_{H_2SO_4}$: $eq_{H_2SO_4}$/litre. </p> <p> La quantité d'ammoniac nécessaire à la neutralisation sera : $Q_{NH_3} = Vol_{H_2SO_4} \cdot tit_{H_2SO_4} \cdot 17 \text{ g/eq} \cdot 1000 \text{ (mg)}$ $V_{NH_3} = Vol_{H_2SO_4} \cdot Tit_{H_2SO_4} \cdot 22,4 \text{ l/eq} \cdot 1000 \text{ (ml)}$ </p> <p> La concentration en ammoniac dans l'air sortant du réacteur sera donc égale à cette quantité divisée par le volume d'air ayant barboté dans la solution acide : $C_{NH_3}(p/v) = Q_{NH_3} / V \cdot 1000 \text{ (ppmp/v: mg/m}^3\text{)} \text{ (5)}$ $C_{NH_3}(v/v) = V_{NH_3} / V \cdot 1000 \text{ (ppmv/v: ml/m}^3\text{)} \text{ (6)}$ </p> <p> L'émission de l'ammoniac par le liquide contenant de l'ammoniac est exprimée par unité de temps et de surface : ε en $mgNH_3$/heure/m^2. $\varepsilon = Q_{NH_3} / t / S \cdot 60. \text{ (7)}$ Ou encore en combinant les relations (3) et (7) $\varepsilon = 1,02 \cdot 10^6 \times Vol_{H_2SO_4} \cdot tit_{H_2SO_4} / t / S \text{ (8)}$ avec $1,02 \cdot 10^6 = 17 \times 1000 \cdot 60$ S =surface du liquide en m^2. </p> <p>Débit d'aération supérieur à 1 l/minute</p> <p> En appliquant les relations (3) et (5) on peut ainsi connaître la concentration en ammoniac dans l'air prélevé tout en sachant que V' et Q'_{NH_3} concerne ici uniquement le volume de l'air prélevé dans le flux sortant du réacteur et la quantité d'ammoniac contenue dans ce volume avec comme condition essentielle que $V' < V$ </p> <p> $Q'_{NH_3} = Vol_{H_2SO_4} \cdot tit_{H_2SO_4} \cdot 17\text{gr/eq} \times 1000 \text{ et (9)}$ $C_{NH_3}(p/v) = Q'_{NH_3} / V' \cdot 1000. \text{ (10)}$ </p> <p> Connaissant la concentration pondérale en </p>	<p> eq_{NH_3}: mole, 1 eq_{NH_3} = 17 g NH_3 or 22,4 liters; $eq_{H_2SO_4}$: mole, 1 $eq_{H_2SO_4}$ = 49 g H_2SO_4; $Vol_{H_2SO_4}$: liter; $tit_{H_2SO_4}$: $eq_{H_2SO_4}$/liter. </p> <p> <i>The quantity of ammonia necessary to neutralize will be:</i> $Q_{NH_3} = Vol_{H_2SO_4} \cdot tit_{H_2SO_4} \cdot 17 \text{ g/eq} \cdot 1000 \text{ (mg)}$ $V_{NH_3} = Vol_{H_2SO_4} \cdot Tit_{H_2SO_4} \cdot 22,4 \text{ l/eq} \cdot 1000 \text{ (ml)}$ </p> <p> <i>The ammonia concentration in the air coming from the container will be thus equal to this quantity divided by the volume of air having bubbled in the acid solution:</i> $C_{NH_3} (p/v) = Q_{NH_3} / V \cdot 1000 \text{ (ppmp/v: mg/m}^3\text{)} \text{ (5)}$ $C_{NH_3} (v/v) = V_{NH_3} / V \cdot 1000 \text{ (ppmv/v: ml/m}^3\text{)} \text{ (6)}$ </p> <p> <i>The emission of ammonia by the liquid containing ammonia solution is expressed per unit of time and surface:</i> ε in $mgNH_3$/heure/m^2. $\varepsilon = Q_{NH_3} / t / S \cdot 60. \text{ (7)}$ Or by combining the relations (3) and (7) $\varepsilon = 1,02 \cdot 10^6 \times Vol_{H_2SO_4} \cdot tit_{H_2SO_4} / t / S \text{ (8)}$ with $1,02 \cdot 10^6 = 17 \times 1000 \cdot 60$ S =surface of the liquid in m^2. </p> <p>Flow of ventilation higher than 1 l/minute</p> <p> <i>By applying the relations (3) and (5) the ammonia concentration in the air can be known while knowing that V' and Q'_{NH_3} relate only to the volume of the air sampled in the fluxes coming from the container and to the quantity of ammonia contained in this volume with the essential condition that $V' < V$</i> </p> <p> $Q'_{NH_3} = Vol_{H_2SO_4} \cdot tit_{H_2SO_4} \cdot 17\text{gr/eq} \times 1000 \text{ and (9)}$ $C_{NH_3} (p/v) = Q'_{NH_3} / V' \cdot 1000. \text{ (10)}$ </p> <p> <i>Knowing the ponderal ammonia concentration one can then calculate the NH_3 emission coming from</i> </p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ammoniac on peut alors calculer l'émission de NH ₃ à partir du réservoir. $\varepsilon = C_{NH_3}(p/v) \cdot D / S \cdot 60$ (11)	<i>the tank.</i> $\varepsilon = C_{NH_3} (p/v) \cdot D/S \cdot 60$ (11)
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------

7.17.7 Contrôles et vérifications (Control and checkout)

<p>Blancs : on fait passer de l'air dans le circuit (sans solution ammoniacale) et on s'assure que le changement de couleur n'intervient pas.</p> <p>Répétabilité : on compare les mesures faites sur les différents réservoirs et on s'assure de leur homogénéité.</p> <p>Stabilité : on vérifie les températures et pH des solutions ammoniacales en début et fin d'expérimentation.</p>	<p><i>Blanks: fresh air should move in the circuit (without ammoniacal solution) and the absence of change in color should be checked.</i></p> <p><i>Repeatability: the measurements made on various tanks are compared and their homogeneity is checked.</i></p> <p><i>Stability: the temperatures and pH of the ammoniacal solutions in beginning and end of experimentation are checked.</i></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.18 Procédure pour le calcul d'incertitude appliqué aux mesures d'émissions gazeuses des bâtiments d'élevage et des stockages d'effluents (*Guidelines for the uncertainty calculation applied to the measurements of gaseous emissions from animal houses and manure stores*)

7.18.1 Introduction (Introduction)

7.18.1.1 Objectif (Objective)

Les émissions des bâtiments d'élevage et des stockages d'effluents sont nécessairement connues avec incertitude, c.-à-d. qu'il y a un groupe de valeurs observées qui peuvent représenter « l'émission vraie » sans possibilité pour éliminer une de ces valeurs. De même, une même mesure peut correspondre à un groupe de différentes « émissions vraies ».

Cette incertitude résulte de deux catégories des raisons :

- « liées au système » : un équipement donné (un bâtiment d'élevage, un stockage d'effluents) émettra différentes quantités de gaz, selon l'influence du climat, les animaux, les pratiques d'élevage ; son évolution entre deux pas de temps dépendra des émissions gazeuses ; la complexité du système est telle et la diversité des systèmes est telle à l'échelle globale, qu'une connaissance détaillée de tous ces systèmes ne peut pas être attendue dans un futur proche ;

- « liées aux mesures » : d'une part les émissions sont fortement variables dans le temps et l'espace, selon le métabolisme des animaux et des microbes des effluents, et selon la variabilité climatique, d'autre part les émissions des bâtiments d'élevage et des stockages d'effluents se produisent au cours de longues périodes ; comme une densité élevée de mesures (nombre de capteurs et fréquence des mesures) est nécessaire pour des mesures précises mais trop chère pour la surveillance à long terme dans un nombre élevé de systèmes animaux, les observations seront soit précises (méthodes à coût élevé) soit représentatives dans le temps et l'espace (méthodes peu coûteuses).

Quand les procédures de mesure deviennent complexes, « les acteurs de mesure » deviennent de plus en plus indépendant des « utilisateurs de mesure ».

Par conséquent, des définitions plus précises

Emissions from animal houses and manure stores can be only known with uncertainty, i.e. there is a group of different observed values that can really represent the "true emission" without any possibility to eliminate one of these values. As well, one measurement can really correspond to a group of different "true emissions".

This uncertainty results from two categories of reasons:

- *"system-based": a defined equipment (an animal house, a manure store) will emit different gas quantities, depending on the influence of the climate, the animals, the farmer practices; its evolution between two time steps will depend on the gaseous emissions; the complexity of the system is so high and the system diversity is so high at global scale, that a detailed knowledge of all these systems can not be expected in a near future;*

- *"measurement-based": on the one hand emissions are highly variable in time and space, depending on the metabolism of animals and manure microbes, and on climatic variability, on the other hand emissions from animal houses and manure stores occur during long periods; as high measurement density (number of sensors and measurement frequency) is necessary for accurate measurements but too expensive for long term monitoring in a high number of animal systems, the observations will be either accurate (high-cost methods) or representative in time and space (low-cost methods).*

When measurement procedures become complex, the "measuring actor(s)" become more and more independent from the "measurement user(s)".

Therefore, more accurate definitions become necessary of what is to be measured (delimit the frontiers of the system, choose the time step of individual values and the integration period of

deviennent nécessaires de ce qui doit être mesuré (délimiter les frontières du système, choisir le pas de temps des observations individuelles et des valeurs calculées, choisir la période d'intégration des résultats finaux, choisir la résolution spatiale de surveillance et si des sources et des puits de gaz à l'intérieur du système doivent être surveillés) et du degré de dispersion « des valeurs vraies possibles » qui est accepté.

Par exemple :

- un éleveur n'accepterait pas qu'on lui impose des changements coûteux de système si les modifications ont un effet négligeable, c.-à-d. s'il y a une possibilité que les émissions après les modifications soient les mêmes qu'avant ;
- un consommateur n'accepterait pas de payer plus cher un produit étiqueté « faible ammoniac » ou « faible gaz à effet de serre » puis de voir une chaîne de télévision montrer qu'en réalité les différences ne peuvent pas être certifiées ;
- la société n'accepterait pas que des fonds publics soient employés pour réduire la pollution atmosphérique, si les concentrations dans l'air ou si les impacts d'émission étaient identiques avec ou sans ces investissements ;
- une agence de financement de la recherche n'accepterait pas que des laboratoires différents travaillant sur le même système éditent des résultats contradictoires.

Par conséquent, l'intérêt des « acteurs » et des « utilisateurs » des mesures est d'améliorer la définition de ce que signifie une « émission observée », et d'associer lors de la publication des valeurs observées le groupe des « émissions vraies » qu'elles représentent. L'incertitude est un concept essentiel dès lors qu'il y a un consensus sur les moyens de la déterminer. Les estimations d'émissions (ER) du bétail devraient inclure une évaluation claire de l'incertitude (National Academy of Science, 2003). L'objectif de ces recommandations est de proposer une base pour parvenir à ce consensus.

them, choose the spatial resolution to be monitored and whether gas sources and sinks inside the system should be monitored) and which dispersion of "possible true values" is accepted.

For example:

- *a farmer would not accept that changing his system is necessary if the modifications have a negligible effect, i.e. if there is a possibility that the emissions after the modifications are the same as before;*
- *a consumer would not accept to pay more a produce labeled "low" ammonia or greenhouse gases and to see on the television a report showing that in fact differences can not be certified;*
- *the society would not accept that public funds are used to reduce atmospheric pollution, if air concentrations and emission impacts would be the same with or without these investments;*
- *an agency funding research would not accept that different laboratories working on the same system would publish contradictory results.*

Therefore, it is of interest for both "actors" and "users" of measurements to improve the definitions of what is meant behind "observed emissions", and to associate to the published values the size of the group of "true emissions" that it represent. Uncertainty is a key concept as far as there is an agreement on the way to determine it. Estimates of emission rate (ER) from agricultural livestock should include a clear statement of uncertainty (National Academy of Science, 2003). The objective of these guidelines is to give a basis to construct this agreement.

7.18.1.2 Domaine d'application (Scope)

Ces recommandations s'appliquent au cas général de la mesure des émissions des bâtiments d'élevage et des stockages d'effluents.

Cependant comme elles devront être appliquées à des cas spécifiques, une partie de ces

These guidelines apply to the general case of emission measurement for animal houses and manure stores.

As they should be applied in specific cases, a part of them should be adapted or discarded

recommandations pourra être modifiée ou supprimée en fonction des conditions particulières.	<i>depending on each specific conditions.</i>
---------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------

7.18.1.3 Principes (Principles)

Équation de mesure : le cas considéré ici est celui où la quantité mesurée, appelée le mesurande, n'est pas mesurée directement, mais est déterminée à partir de N autres grandeurs par une fonction f, généralement appelée équation de mesure :	Measurement equation : the case of interest is where the quantity being measured, called the measurand, is not measured directly, but is determined from N other quantities through a functional relation f, often called the measurement equation:
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$[119] \quad Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$$

<p>les quantités X_i contiennent non seulement les mesures de base mais aussi des corrections (ou des facteurs de correction), ainsi que des grandeurs qui tiennent compte d'autres sources de variation, telles que la présence de différents observateurs, instruments, échantillons, laboratoires, et l'utilisation de plusieurs pas de temps auxquels les observations sont faites (par exemple, différents jours). Ainsi, la fonction f de l'équation [[119]] n'exprime pas une loi physique mais un procédé de mesure. Elle tient compte, en particulier, de toutes les grandeurs qui peuvent contribuer à une incertitude significative du résultat de la mesure.</p> <p>Un estimateur du mesurande ou « valeurs vraie » Y, notée par y, est obtenue à partir de l'équation [[119]] en utilisant des valeurs données x_1, x_2, \dots, x_N correspondant aux N grandeurs nécessaires X_1, X_2, \dots, X_N. Ainsi, l'estimateur y du mesurande, qui est le résultat de la mesure, est donné par :</p>	<p><i>Included among the quantities X_i are basic measurements but also corrections (or correction factors), as well as quantities that take into account other sources of variability, such as different observers, instruments, samples, laboratories, and times at which observations are made (e.g., different days). Thus, the function f of equation [[119]] should express not simply a physical law but a measurement process, and in particular, it should contain all quantities that can contribute a significant uncertainty to the measurement result.</i></p> <p><i>An estimate of the measurand or "true output quantity" Y, denoted by y, is obtained from equation [[119]] using input estimates x_1, x_2, \dots, x_N for the values of the N input quantities X_1, X_2, \dots, X_N. Thus, the output estimate y, which is the result of the measurement, is given by</i></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$[120] \quad y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$$

<p>Composantes de l'incertitude : l'incertitude du résultat de mesure y résulte des incertitudes $u(x_i)$ (notées u_i pour simplifier) des grandeurs x_i qui entrent dans l'équation [[120]].</p> <p>Incertitude standard : chaque composante de l'incertitude, quel que soit son mode d'évaluation, est représentée par un écart type estimé, nommé incertitude standard et représenté par u_i, et égale à la racine carrée positive de la variance prévue lorsque la distribution des valeurs observées x_i</p>	<p>Uncertainty components: the uncertainty of the measurement result y arises from the uncertainties $u(x_i)$ (or u_i for brevity) of the input estimates x_i that enter equation [[120]].</p> <p>Standard uncertainty: each component of uncertainty, however evaluated, is represented by an estimated standard deviation, termed standard uncertainty with suggested symbol u_i, and equal to the positive</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

est gaussienne.

Incertitude standard combinée : pour simplifier le calcul on peut supposer que les données x_i sont non-corrélées (c.-à-d. que les données de l'équation [[120]] sont indépendantes). Ainsi, l'incertitude standard du résultat de mesure y , notée $u_c(y)$ et choisie pour représenter l'écart type estimé du résultat, est la racine carrée positive de la variance calculée à partir de :

square root of the estimated variance, in case of normal distribution of the observed values x_i .

***Combined standard uncertainty:** for the sake of calculation simplicity the input estimates x_i can be assumed to be uncorrelated (i.e. assuming independent input measures of equation [[120]]). Thus, the standard uncertainty of the measurement result y , designated by $u_c(y)$ and taken to represent the estimated standard deviation of the result, is the positive square root of the estimated variance $u_c^2(y)$ obtained from*

$$[121] \quad u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$$

L'équation [[121]] est basée sur un développement de Taylor au premier ordre de l'équation de mesure $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$ donnée par l'équation [1] et parfois dénommée loi de propagation de l'incertitude. Les dérivées partielles de f par rapport aux X_i (souvent dénommées coefficients de sensibilité) sont égales aux dérivées partielles de f calculées aux valeurs x_i ; $u(x_i)$ est l'incertitude standard liée à la donnée x_i .

Equation [[121]] is based on a first-order Taylor series approximation of the measurement equation $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$ given in equation [1] and is conveniently referred to as the law of propagation of uncertainty. The partial derivatives of f with respect to the X_i (often referred to as sensitivity coefficients) are equal to the partial derivatives of f with respect to the X_i evaluated at $X_i = x_i$; $u(x_i)$ is the standard uncertainty associated with the input estimate x_i .

7.18.2 Identification des sites émetteurs (Identification of emission site)

La méthode choisie et les raisons du choix devraient être indiquées.

Les variables observées et leurs amplitudes de variations prévues devraient être données.

The chosen method and the reasons of the choice should be indicated.

The observed variables and their expected range of variation should be given.

7.18.3 Appareillage (equipment)

Aucun équipement spécifique n'est nécessaire pour les calculs d'incertitude. Cependant, pour estimer l'incertitude de chaque composante spécifique (vitesse d'air, température, concentration en gaz, etc.), des équipements spécifiques peuvent s'avérer nécessaires

No specific equipment is needed for uncertainty calculations. However, to estimate the uncertainty of each specific term (air speed, temperature, gas concentration, etc.), specific equipment can be necessary (standard gas mixtures, reference

(mélanges de gaz étalon, sondes de référence, etc.).	sensors, etc.).
------------------------------------------------------	-----------------

7.18.4 Observations (Observations)

<p>L'incertitude sur une donnée X_i est mesurée en comparant la mesure à une valeur de référence de cette donnée. La mesure d'incertitude devrait être faite sur chaque variable séparément par des essais comparatifs. Les valeurs de référence devraient être choisies pour représenter l'amplitude de variation la plus probable pour la donnée observée.</p> <p>Quand il y a un doute sur la méthode de référence à employer pour la mesure d'émission, au moins deux méthodes devraient être continuées pour évaluer une amplitude des émissions probables (par exemple : bilan de matière et chambre dynamique).</p>	<p><i>Uncertainty on one component X_i is measured by the comparison of the measurement of one variable to a reference value of this variable. It should be done on each separate variable through comparative trials. The reference values should be chosen to represent the most probable range of variation of the observed variable.</i></p> <p><i>When there is a doubt on the reference method to use for emission measurement, at least two methods should be carried on to evaluate a range of the probable emissions (for example: mass balance and dynamic chamber).</i></p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7.18.5 Calculs (Calculations)

L'émission ER d'un bâtiment d'élevage est déterminée par :	The building ER is determined as follows:
------------------------------------------------------------	-------------------------------------------

$$[122] \quad ER = V_T \times C \times 10^{-6} \times \frac{T_{std}}{T_e} \times \frac{P_a}{P_{std}} \times \frac{w_m}{V_{ol}}$$

<p>où :</p> <p>ER = flux d'émission du composé X, g X hr⁻¹ bâtiment⁻¹</p> <p>V_T = débit de ventilation sortant du bâtiment dans les conditions de terrain de température et de pression, m³ hr⁻¹ bâtiment⁻¹</p> <p>C = concentration en gas de X dans l'air extrait du bâtiment, parties par million en volume (ppmv X)</p> <p>w_m = poids molaire du gaz X, g mole⁻¹ (17.031 pour NH₃ ; 14 pour N-NH₃)</p> <p>V_{ol} = volume molaire de gaz à la température (0.15 °C) et pression (kPa 101.325) standard ou STP, 0.022414 m³ mole⁻¹,</p> <p>T_{std}, P_{std} = température standard, 273.15 K, et pression standard, kPa 101.325</p>	<p>Where:</p> <p>ER = Gas emission rate for the house of the compound X, g X hr⁻¹ bldg⁻¹</p> <p>V_T = Total exhaust ventilation rate of the building at field temperature and barometric pressure, m³ hr⁻¹ bldg⁻¹</p> <p>C = Gas concentration of X in the building exhaust ventilation air, parts per million by volume (ppmv, X)</p> <p>w_m = molar weight of the gas X, g mole⁻¹ (17.031 for NH₃; 14 for N-NH₃)</p> <p>V_{ol} = molar volume of gas at standard temperature (0.15 °C) and pressure (101.325 kPa) or STP, 0.022414 m³ mole⁻¹</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

T_e = température absolue de l'air extrait, K

P_a = pression atmosphérique sur le site observé, kPa

Un estimateur de la variance pour ER selon l'équation [[121]] et selon l'étude de l'USDA IFAFS développée par Casey (2005) est :

T_{std}, P_{std} = standard temperature, 273.15 K, and barometric pressure, 101.325 kPa

T_e = absolute temperature of exhaust air, K

P_a = atmospheric barometric pressure at the monitoring site, kPa

An estimate of variance for an ER according to equation [[121]] and the USDA IFAFS study developed by Casey (2005) is:

$$[123] \quad u_c^2(ER) = \left(\frac{\partial ER}{\partial Q_T} u(Q_T)\right)^2 + \left(\frac{\partial ER}{\partial C} u(C)\right)^2 + \left(\frac{\partial ER}{\partial T_e} u(T_e)\right)^2 + \left(\frac{\partial ER}{\partial P_a} u(P_a)\right)^2$$

Dans l'équation [[123]], il y a deux sortes de termes dans chaque produit de la partie droite de l'égalité, à savoir les dérivées partielles de l'ER par rapport à chaque donnée et l'incertitude de cette donnée (notée u). Les dérivées partielles traduisent la relation physique entre les mesures et la quantité calculée. Les erreurs sur chaque mesure (valeurs de u) sont les incertitudes standard de chaque donnée, équivalentes au meilleur estimateur de l'écart type sur la donnée (Taylor et Kyuatt, 1994).

L'incertitude standard combinée $u(ER)$ est donc une quantité dérivée d'une statistique et les considérations sur un intervalle de confiance autour de ER sont valides.

Ce travail utilise l'approche du sigma carré (2σ) en utilisant $2u(ER)$ comme intervalle de confiance à 95% autour d'une valeur nominale d'ER. Pour la ventilation totale du bâtiment, la dérivée partielle $\frac{\partial ER}{\partial v_T}$ se rapporte aux mesures successives acquises par le système de référence pour la mesure de la ventilation (par exemple Fan Assessment Numeration System « FANS ») pour construire une courbe d'étalonnage individuelle de chaque ventilateur. D'autres dérivées partielles sont plus simples, en reliant ER directement aux mesures (Gates et al., 2008).

L'équation [[123]] peut être développée pour

In equation [[123]], there are two classes of terms in each product on the right hand side, namely the partial differentials of ER with respect to each primary measurement and the error in that measurement (denoted by u).

The partial differentials relate the physical relationships between measurements to the computed quantity. Errors in each measurement (u -values) are the component 'standard' uncertainties, equivalent to a best estimate of component standard deviation (Taylor and Kyuatt, 1994).

The combined standard uncertainty $u(ER)$ is therefore a statistically derived quantity and statements of confidence regarding an interval about ER are valid.

In this work, we adopt the 2-sigma (2σ) approach by using $2u(ER)$ as the 95% confidence interval about a nominal value of ER. For total building ventilation rate, the partial differential $\frac{\partial ER}{\partial v_T}$ in turn relates individual measurements taken by the reference ventilation measurement system (e.g. Fan Assessment Numeration System "FANS") to construct an individual fan calibration curve. Other partial differentials are more straightforward, relating ER

incorporer les contributions des différentes mesures, dans lesquelles l'équation suivante représente l'incertitude relative :

directly to measurements (Gates et al., 2008).

Equation [[123]] can be expanded to incorporate the contributions of the individual measurements, in which the following equation represent the relative uncertainty:

$$[124] \frac{u(ER)}{ER} = \sqrt{\left(\frac{u(V_T)}{V_T}\right)^2 + \left(\frac{u(C_{cal})}{C_{cal}}\right)^2 + \left(\frac{u(C)}{C}\right)^2 + \left(-\frac{u(T_e)}{T_e}\right)^2 + \left(\frac{u(P_a)}{P_a}\right)^2}$$

Les termes de cette équation incluent les variables définies précédemment, ainsi que :

C_{cal} = valeur certifiée de gaz étalon (environ 2 - 3%)

$u(T_e)$ = incertitude standard sur la température de l'air extrait, K

$u(P_a)$ = incertitude standard sur la pression atmosphérique sur le site de mesure, kPa

Terms in this equation include variables defined previously, plus:

C_{cal} = calibration span gas certified value (within 2 - 3%)

$u(T_e)$ = standard uncertainty in exhaust air temperature, K

$u(P_a)$ = standard uncertainty in barometric pressure, at field location, kPa

8 Conclusion générale (General conclusion)

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 réguliers 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.

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.

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.

L'estimation de l'incertitude sur les mesures apparaît comme l'enjeu majeur des prochaines années. 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.

Les perspectives de ce projet se dessinent dans diverses directions :

- la publication de ces travaux dans des revues scientifiques n'a été que commencée et doit être poursuivie ;

This project made it possible to amplify exchanges in France and with foreign partners in order to propose a first set of reference procedures for the measurement of gas emissions in animal farms. These exchanges showed that the simplified measurement of the emissions, based on a mass budget of the animal house and the regular measurement of the concentrations inside and outside the houses, constitutes one of the rare low cost methods that can be used in houses with natural ventilation.

In addition to the procedures, the data acquisition in conditions of animal farm and the comparison of the methods showed at which point emission measurements in animal farm missed reliability and repeatability.

For as much, the quality of the work carried out is not called into question. Theoretical and experimental work emphasized fundamental stakes of the measurement of diffuse emissions. Indeed, if measurement is reliable when the emission is channeled, it becomes it less and less as the system becomes more open and more sensitive to the influence of the climate or unforeseeable modifications in the behavior of the herd.

The estimate of the uncertainty associated to the measurements seems the major stake of the next years. Simple to calculate when measurements are continuous, equipment is well calibrated, the devices of measurement are not-intrusive, the estimate becomes delicate when it is necessary to evaluate the representativeness of space sampling (measurements by bells) or temporal (intermittent measurements). The systematic calculation of the mass budget of the batch of animals appears as the most robust point, making it possible to avoid aberrant values of emission. The continuation of the exchanges between the partners to improve calculations of uncertainty is desirable.

This project should continue in various directions:

- *the publication of this work in scientific journals was only begun and should be continued;*
- *the improvement of uncertainty calculation is a*

- l'amélioration du calcul d'incertitude constitue une priorité du développement scientifique de ces travaux ; cette étape devrait s'intéresser aux deux sources majeures de l'incertitude : (i) la représentativité des mesures (méthode d'une part, cf. chambre dynamique ; échantillonnage spatial et temporel d'autre part, puis estimation de l'émission pour un lot d'animaux et une période d'élevage après interpolation des données) ; (ii) la définition du mesurand (les processus en jeu diffèrent entre l'émission horaire, l'émission d'un lot d'animaux qui inclus une succession d'états différents du système, l'émission de l'élevage qui inclue des sources et puits, l'émission par an qui nécessite des informations sur la succession des lots d'animaux sur un même site d'élevage) ; cette étape devrait comporter des parties théoriques (analyse du processus de mesure, etc.) et des parties expérimentales (comparaison de méthodes) afin de parvenir à un mode de calcul de l'estimateur de l'émission et de son intervalle de confiance qui permette de s'assurer si deux systèmes sont significativement ou non différents du point de vue de leurs émissions d'ammoniac, de gaz à effet de serre et de particules ;
- l'application de ces travaux est envisageable dans diverses directions : (i) ils permettent désormais la multiplication des mesures en élevage ; celle-ci permettra d'améliorer la représentativité des mesures d'émission. Elle conduira sans doute à améliorer la pertinence des variables utilisées pour décrire la variabilité des élevages et pour choisir des catégories homogènes pour les émissions en bâtiments et aux stockages (on peut imaginer que ces catégories dépendent notamment de la race animale, de son alimentation, de ses performances zootechniques, du type d'installation, des types d'effluents produits, de la densité animale et du climat) ; (ii) en ayant des catégories d'élevages plus homogènes du point de vue des émissions on peut espérer une réduction de l'incertitude sur les facteurs d'émission et par conséquent de celle sur les inventaires nationaux d'émissions des élevages ; (iii) sans attendre l'amélioration de la connaissance des émissions du parc national de bâtiments d'élevages, on peut se focaliser sur les élevages qui envisagent d'appliquer des techniques de réduction des émissions. Ce choix permettrait d'une part de s'assurer que les élevages concernés ont bien des émissions supérieures à leur facteur
 - major scientific development of this work; this stage should address the two major sources of uncertainty: (i) the representativeness of measurements (method on the one hand, cf. dynamic chamber; space and time sampling on the other hand, allowing emission estimates for a batch of animals and a period of animal growth after interpolation of the data); (ii) the definition of the mesurand (the involved processes differ between the hourly emission, the emission for a batch of animals which includes the succession of different states of the system, the emission of the animal farm which includes sources and sinks, the emission per year which requires the characteristics of the succession of animal flocks on the same site); this stage should include theoretical parts (analyses of measurement process, etc) and experimental parts (comparison of methods) in order to propose a way to calculate both the estimate of the emission and its confidence interval which makes it possible to make sure whether two systems are significantly different or not regarding their emissions of ammonia, greenhouse gases and particles;*
 - *the application of this work is possible in various directions: (i) it allows from now on the multiplication of measurements in animal farm; this make it possible to improve the representativeness of emission measurements. It will undoubtedly result in improving the relevance of the variables used to describe the variability of animal farms and to choose homogeneous categories for the emissions in the houses and manure stores (one can imagine that these categories depend on the animal race, its food, its zootechnical performances, the type of installation, the type manure, the flocking density and the climate); (ii) having categories of animal farms more homogeneous regarding their emissions one can expect a reduction of the uncertainty on the emission factors and consequently of that on the national inventories of emissions of the animal farms; (iii) without awaiting the improvement of the knowledge of the national inventories, one can focus on the animal farms which plan to apply reduction techniques of their emissions. This choice would make it possible on the one hand to make sure that the animal farms concerned have indeed emissions higher than their default emission factor, on the other hand that the implementation of the recommended techniques produces the expected results. Thus, while gradually*

d'émission par défaut, d'autre part que la mise en oeuvre des techniques recommandées produit bien les résultats escomptés. Ainsi tout en réduisant progressivement l'incertitude sur les inventaires nationaux, ce choix permettrait de réduire fortement l'incertitude sur les réductions d'émission accomplies et le retour d'expérience permettrait d'optimiser les stratégies de réduction ; (iv) la poursuite de la standardisation des méthodes sur le plan international, en s'adaptant aux moyens matériels et humains disponibles dans divers pays ; (v) la mise en place de procédures de contrôle de qualité ou bien des règles de bonnes pratiques pour l'acquisition des mesures d'une part (en laboratoire, en station expérimentale, ou en élevage) et pour l'utilisation des émissions observées d'autre part (dans des inventaires d'émission, dans des analyses de cycle de vie ou de l'étiquetage environnemental, dans les dossiers commerciaux de promotion des techniques de réduction).

reducing uncertainty on the national inventories, this choice would make it possible to strongly reduce uncertainty on accomplished emission reductions and the experience feedback would make it possible to optimize the mitigation strategies; (iv) continuation of the standardization of the methods at international level, by adapting in various countries the methods to the available equipment and human resources; (v) the implementation of quality control or good practice recommendations for the measurements on the one hand (in laboratory, experimental station, or animal farm) and for the use of the observed emissions on the other hand (in emission inventories, life cycle analysis or environmental labelling, in the commercial descriptions used to promote reduction techniques).

9 Termes et définitions (Terms and definitions)

<p>Défaut de bilan : correspond à l'abattement des éléments suivis, c'est-à-dire "somme des entrées solides, liquides – somme des sorties solides liquides".</p>	<p>Deficit of budget: it corresponds to the abatement of the followed elements, i.e. "sum of the solid and liquid entries minus sum of the liquid and solid outputs".</p>
<p>Eau métabolique : eau produite par le métabolisme quand la matière organique est dégradée. Elle concerne les animaux ou les micro-organismes. Elle est produite typiquement par la respiration du sucre qui produit le dioxyde de carbone et l'eau. Les deux composés sont d'abord libérés dans le liquide à l'intérieur des organismes, puis libérés comme gaz dans leur environnement.</p>	<p>Metabolic water: the water produced by the metabolism when the organic matter is degraded. It concerns either the animals or the microorganisms. The typical reaction is the respiration of sugar that produces carbon dioxide and water. Both of these compounds are first released in the liquid inside the organisms, then released as gases in their environment.</p>
<p>Élément chimique : correspond à un atome, par exemple C, N,... Par extension nous mettons également sous ce terme l'eau (H₂O) ce qui n'est pas rigoureusement exact mais permet de simplifier l'écriture.</p>	<p>Chemical element: it corresponds to an atom, for example C, N,... By extension we also put under this term water (H₂O) what is not rigorously exact but makes it possible to simplify the writing.</p>
<p>Espèce chimique : correspond à une molécule, par exemple l'ammoniac (NH₃), le protoxyde d'azote (N₂O), le méthane (CH₄). Dans les bilans on ne considère que l'élément d'une espèce chimique, par exemple pour l'azote ammoniacal, on note N-NH₃ (azote sous forme ammoniacale).</p>	<p>Chemical species: it corresponds to a molecule, for example ammonia (NH₃), nitrous oxide (N₂O), or methane (CH₄). In the budget one considers only the element of a chemical species, for example for ammoniacal nitrogen, one notes N-NH₃ (nitrogenizes in ammoniacal form).</p>
<p>Essais comparatifs : expérimentations au cours desquelles on compare deux mesurandes, l'un des deux pouvant servir de référence</p>	<p>Comparative trials: experiment where two measurands are compared, one of them being sometimes the reference.</p>
<p>Mesurage : ensemble d'opérations ayant pour but de déterminer une valeur d'une grandeur (AFNOR, 1994).</p>	<p>Measurement : set of operations having the object to determine a value of a quantity (AFNOR, 1994).</p>
<p>Mesurande : grandeur particulière soumise à un mesurage (AFNOR, 1994). C'est la « vraie » valeur que l'on cherche à mesurer.</p>	<p>Measurand : particular quantity subject to measurement (AFNOR, 1994). This is the "true" value to be measured.</p>

<p>QA/QC : procédés d'assurance de la qualité et de contrôle de qualité, il se rapporte aux points critiques du processus de mesure ou aux éléments utiles qui sont employés pour confirmer (ou infirmer) la validité des mesures ou des sorties de calcul.</p>	<p>QA/QC: <i>quality assurance and quality control processes, it refers to critical points of the measuring process or to useful elements that be used to confirm (or infirm) the validity of measurements or calculation outputs.</i></p>
<p>Répétabilité (des résultats de mesurage) : étroitesse de l'accord entre les résultats des mesurages successifs du même mesurande, mesurages effectués dans les mêmes conditions de mesure (AFNOR 1994).</p>	<p>Repeatability (of results of measurements): <i>closeness of the agreement between the results of successive measurements of the same measurand carried out under the same conditions of measurement (AFNOR 1994).</i></p>
<p>Représentativité : degré de similitude entre un ensemble de mesures réalisé et l'ensemble que l'on aurait en quantifiant avec exactitude toute la population que la mesure doit caractériser ; trois phénomènes peuvent réduire ce degré : le choix de la méthode de mesure (artefacts), le choix de l'échantillon et celui de la période de mesure.</p>	<p>Representativeness: <i>level of similarity between a set of measurements carried out and the set that would have been get by quantifying with exactitude all the population that the measurement should characterize; three phenomena can reduce this level: the choice of the method of measurement (artifacts), the choice of the sample and the choice of the period of measurement.</i></p>
<p>Reproductibilité (des résultats de mesurage) : étroitesse de l'accord entre les résultats des mesurages successifs du même mesurande, mesurages effectués en faisant varier les conditions de mesure (AFNOR 1994) dans une gamme choisie de conditions expérimentales.</p>	<p>Reproducibility (of results of measurements): <i>closeness of the agreement between the results of successive measurements of the same measurand carried out under changed conditions of measurement (AFNOR 1994) in a chosen range of variation of the experimental conditions.</i></p>
<p>Temps de réponse : intervalle de temps compris entre le moment où un signal d'entrée subit un changement brusque spécifié et le moment où le signal de sortie atteint, dans des limites spécifiées, sa valeur finale en régime établi et s'y maintient (AFNOR, 1994).</p>	<p>Response time: <i>time interval between the instant when a stimulus is subjected to a specified abrupt change and the instant when the response reaches and remains, within specified limits, around its final steady value (AFNOR, 1994).</i></p>
<p>Traçabilité : propriété d'un résultat de mesure ou d'un protocole où la valeur finale peut être reliée aux choix de site(s) de mesure, de méthode(s) de mesure, de grandeur(s) brute(s) observées ou indiquées (dire d'expert, dire d'éleveur).</p>	<p>Traceability: <i>property of the result of a measurement or of a protocol where the end value can be related to the choices of site(s) of measurement, of method(s) of measurement, of raw data observed or indicated (expert statement, farmer indications).</i></p>
<p>TVM : teneur en viande maigre, valeur indiquée pour chaque porc par les abattoirs et qui sert à calculer la teneur en azote des animaux</p>	<p>TVM: <i>content of lean meat, value indicated for each pig by the slaughter-houses and which is used to calculate the nitrogen content of the animals</i></p>
<p>Variabilité des échantillons : intervalle à l'intérieur duquel sont compris les mesurages effectués sur un échantillon choisi pour représenter un ensemble non observable en totalité par la méthode de mesure choisie.</p>	<p>Variability of the samples: <i>range comprising all the measurements that can be observed on a sample chosen to represent a set that could not be observed with the chosen method of measurement.</i></p>

10 Publications liées au projet (*References in relation to this projet*)

- [125] Ali Y., S. Eren Özcan, F. Guiziou, C. Burton, P. Robin, D. Berckmans, 2010. Intermittent measurement technique to estimate ammonia emission from manure storage. *XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR)*, Québec City, Canada June, 2010, 2p.
- [126] Ali Y., S. Eren Özcan, F. Guiziou, C. Burton, P. Robin, D. Berckmans, 2010. Intermittent measurement technique to estimate ammonia emission from manure storage. *Biosystems Engineering*, 10p (*submitted*).
- [127] Guingand N., S. Lagadec, P. Robin, M. Hassouna, 2010. A simplified method to assess greenhouse gas and ammonia emission factors of fattening pigs reared on fully slatted floor. *ASABE Conference*, Dallas (USA), September, 2010, 10p.
- [128] Hassouna M., S. Espagnol, S. Lagadec, L. Loyon, F. Guiziou, P. Robin, 2010. Comparison of different dynamic floating chambers to assess gaseous emissions from stored slurry. *ASABE Conference*, Dallas (USA), September, 2010, 10p.
- [129] Hassouna M., P. Robin, A. Brachet, J.M. Paillat, J.B. Dollé, P. Faverdin, 2010. Development and validation of a simplified method to quantify gaseous emissions from cattle buildings. *XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR)*, Québec City, Canada June, 2010, 10p.
- [130] Luth, P. Robin, P. Germain, M. Lecomte, B. Landrain, Y.S. Li, D. Cluzeau, 2010. Earthworm effect on gaseous emissions during vermifiltration of animal wastewater. *International Symposium on Earthworm Ecology*, Mexico, September 2010, 20p.
- [131] Ponchant P., M. Hassouna, A. Ehrlicher, C. Aubert, G. Amand, C. Leleu, P. Robin, 2008. Application et validation d'une méthode de mesures simplifiées des émissions gazeuses dans les bâtiments d'élevage à ventilation naturelle. *Tema techniques et Marchés Avicoles*, 6, 4-10.

11 Références bibliographiques (*References*)

- [1] AFNOR, 1994. Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie – International vocabulary of basic and general terms in metrology. NF X 07-001. ISSN 0335-3931, 7p.
- [2] Amon B., Amon Th., Boxberger J., Pollinger A., 1998. Emissions of NH₃, N₂O and CH₄ from composted and anaerobically stored farmyard manure. In: RAMIRAN 98 - 8^{ème} Conférence internationale sur les stratégies de gestion des déchets organiques en agriculture. Actes du colloque - Rennes 26-29 Mai 1998 - Editions Cémagref, Volume 2 pages 209 à 216.
- [3] Aneja V. P., Bunton B., Walker J. T. and Malik B. P. (2001) Measurement and analysis of atmospheric ammonia emissions from anaerobic lagoons. *Atmospheric Environment*, 35, (11), 1949-1958.
- [4] Arogo, J., Westerman, P.W. and Heber, A.J. 2003. A review of ammonia emissions from confined swine feeding operations. *Trans. ASAE* 46, 805-817.
- [5] Beauchamp, E. G.; Kidd, G. E.; and Thurtell, G. (1978). Ammonia volatilisation from sewage sludge applied in the field. *J. Environ. Qual.* 7, 141-146.
- [6] Béline F., Sneath, R.W. ; Peu, P. (2004) Development of the Tracer Gas Ratio Method to

- Measure GHG from Livestock Manure during Storage. Proceedings of the International Conference Greenhouse Gas Emissions from Agriculture Mitigation Options and Strategies - February 10 -12, 2004, Leipzig, Germany, 301-302.
- [7] Berckmans D., Vranken, E., Janssens, K., 2001. Method and apparatus for determining a flow pattern of a fluid in a space. International Patent No. WO 01/01082.
- [8] Berckmans D; Vandenbroeck P; Goedseels V 1991. Sensor for continuous ventilating rate measurement in Livestock Buildings. *Journal of Indoor Air*, 3, 323-336
- [9] Berckmans, D. 1986. Analyse van de klimaatbeheersing in dierlijke productie-eenheden ter optimalisering van de regeling. Ph.D-thesis nr 146 K.U.leuven - Fac. Agric. Sciences, 374 p.
- [10] Blanes V., S. Pedersen (2005) Ventilation Flow in Pig Houses measured and calculated by Carbon Dioxide, Moisture and Heat Balance Equations. *Biosystems Engineering*, 92 (4), 483-493.
- [11] Brown H. A., Wagner-Riddle C. and Thurtell G. W. (2002) Nitrous oxide flux from a solid dairy manure pile measured using a micrometeorological mass balance method. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 62, (1), 53-60.
- [12] Bruce, J.M. 1990 Straw-Flow: a high welfare system for pigs. *Farm Build. Progr.* 102, 9-13.
- [13] Burton, C.H. and Turner, C. 2003. Manure Management: Treatment Strategies for Sustainable Agriculture, 2nd edn. Silsoe Research Institute, UK.
- [14] Casey, K. D. 2005. The determination of ammonia emission from poultry broiler houses, an examination of the issues involved. PhD diss. Lexington, Ky.: University of Kentucky, Biosystems and Agricultural Engineering Department.
- [15] CIGR, 2002. CIGR 4th report of working group on climatization of animal houses: Heat and moisture production at animal and house levels. Editors: Pedersen, S. & Sällvik, K. Research Centre Bygholm, Danish Institute of Agricultural Sciences, P.O Box 536, DK-8700 Horsens, Denmark. ISBN 87-88976-60-2. 2002. 46p. (http://www.agrsci.dk/media/webdav/filer/jbt/mik/spe/cigr_4th_work_gr_pdf)
- [16] Danish Ministry of Environment 2009. VERA: Verification of environmental technologies for agricultural production - Hearing on five test protocols (http://www.ecoinnovation.dk/English/Topics/Verification_of_ecoefficient_agro_technologies/)
- [17] De Bode M. (1991) Odour and ammonia emissions from manure storage. In: V C Neilsen, J H Voorburg and P L'Hermite, Editors, Odour and Ammonia Emissions from Livestock Farming, Elsevier Applied Science, London, 59-66.
- [18] De Sousa P., Pedersen S. (2004) Ammonia Emission from Fattening Pig Houses in Relation to Animal Activity and Carbon Dioxide Production. *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development*. Manuscript BC04 003. Vol.VI. December, 2004. 13p.
- [19] Demmers T.G.M., Burgess L. R., Phillips V. R. , Clark J.A., Wathes C.M. (2001) Assessment of techniques for measuring the ventilation rate, using an experimental building section. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 79 (1), 107-116.
- [20] Denmead, O.T. 2008. Approaches to measuring fluxes of methane and nitrous oxide between landscapes and the atmosphere. *Plant Soil*, 309, 5-24.
- [21] Denmead, O.T., Harper, L. A., Freney, J. R., Griffith, D. W. T., Leuning, R., and Sharpe, R. R. 1998. A mass balance method for non-intrusive measurements of surface-air gas exchange. *Atmos. Environ.* 32, 357-369.
- [22] Denmead, O.T., Raupach, M. R., Leuning, R., Dunin, F. X., and Freney, J. R. 2003. Inverse Lagrangian analysis of heat, vapor and gas exchange in plant canopies. In

- “Micrometeorological Measurements in Agricultural Systems” (E. J. Sadler, J. M. Ham, B. Tanner, J. M. Baker, and J. L. Hatfield, Eds.). American Society of Agronomy, Madison.
- [23] Denmead, O.T., Simpson, J. R., and Freney, J. R. 1977. A direct field measurement of ammonia emission after injection of anhydrous ammonia. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41, 1001-1004.
- [24] Dollé J.B. (2000) Emissions d'ammoniac en bâtiment et au cours du stockage des déjections en élevage bovin. Rapport de l'Institut de l'Élevage.
- [25] Dollé J.B. (1998) Ammonia emission from naturally ventilated building for dairy cows. In: RAMIRAN 98 - 8^{ème} Conférence internationale sur les stratégies de gestion des déchets organiques en agriculture. Actes du colloque - Rennes 26-29 Mai 1998 - Editions Cémagref, Volume 2 pages 209 à 216.
- [26] Dore C.J., Jones B. M. R., Scholtens R., Veld J. W. H. H. i. t., Burgess L. R. and Phillips V. R. (2004) Measuring ammonia emission rates from livestock buildings and manure stores, part 2: Comparative demonstrations of three methods on the farm. *Atmospheric Environment*, 38, (19), 3017-3024.
- [27] EC 1991. European Community Council Directive on Nitrate in Drinking Water. Official Journal of the European Communities (92/676/EEC), Legislation 1375/1-1375/8. European Community, Brussels.
- [28] Espagnol, S., Loyon, L., Guiziou, F., Robin, P., Bossuet, I., Hassouna, M. 2008. Measuring gaseous emissions from stored pig slurry. ASABE International Livestock Environment Symposium (ILES) VIII, 31 August – 4 September 2008, Iguassu Falls, Brazil 701P0408, 9p.
- [29] Espagnol, S., Loyon, L., Guiziou, F., Robin, P., Bossuet, I., Hassouna, M. 2009. Mesure des émissions gazeuses au stockage de lisier porcin. *Journées de la Recherche Porcine en France* 41, 265-270.
- [30] Faulkner, W. B., Powell, J. J., Lange, J. M., Shaw, B. W., Lacey, R. E., Parnell, C. B. 2007. Comparison of dispersion models for ammonia emissions from a ground-level area source. *Transactions of the ASABE*, 50 (6), 2189-2197.
- [31] Ferm, M. 1991. “A sensitive diffusional sampler. Report B-1020.” Swedish Environmental Research Institute, Gothenburg.
- [32] Flesch, T, Wilson, J. D., and Yee, E. 1995. Backward time Lagrangian stochastic dispersion models, and their application to estimate gaseous emissions. *J. Appl. Meteorol.* 34, 1320-1332.
- [33] Flint T.A., Persaud K.C., Sneath R.W. (2000) Automated indirect method of ammonia flux measurement for agriculture: effect of incident wind angle on airflow measurement. *Sensors and Actuators*, B 69, 389-396.
- [34] Gates, R.S., K.D. Casey, H.Xin, R.T. Burns, H. Li. 2008. Uncertainty Analysis in Animal Building Aerial Emissions Measurements. Proceedings of the Eighth International Livestock Environment Symposium, Iguassu Falls, Brazil. p. 223-228
- [35] Gordon, R., Leclerc, M. Y., Schuepp, P., and Brunke, R. 1988. Field estimates of ammonia volatilisation from swine manure by a simple micrometeorological technique. *Can. J. Soil Sci.* 68, 369-380.
- [36] Guingand N. (2000) Incidence de la vidange des préfosse sur l'émission d'ammoniac et d'odeurs par les porcheries d'engraissement : résultats préliminaires. *Journées de la Recherche Porcine en France* 32, 83-88.
- [37] Guingand N. (2002) Emission d'ammoniac liée au stockage de lisier de porcs : résultats de

- laboratoire et de terrain. *Journées de la Recherche Porcine*, 34, 161-166.
- [38] Guingand N. (2003) Air quality and reduction of slatted floor in growing-finishing pig units. In the proceedings of the International symposium on "Gaseous and odour emissions from animal production facilities". Horsens, Danemark – June 1-4, 2003, 80-87
- [39] Guingand N., Granier R. (2001) Comparaison caillebotis partiel et caillebotis intégral en engraissement : effets sur les performances zootechniques et sur l'émission d'ammoniac. *Journées de la Recherche Porcine en France* 33, 31-36
- [40] Guingand N., Granier R., Massabie P. (1997) Influence of hygrometry, temperature and air flow rate on the evolution of ammonia levels . In the proceedings of the international symposium "Ammonia and odour control from animal production facilities" Vinkeloord, The Netherlands – October 6-10, 1997, 111-119
- [41] Guiziou F. et Béline F. (2005) In situ measurement of ammonia and greenhouse gas emissions from broiler houses in France. *Bioresource Technology*, 96, (2), 203-207.
- [42] IPCC, 2001. Climate Change 2001: Working Group I: The Scientific Basis. (<http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/index.htm>)
- [43] Hansen, M.N., Henriksen, K. and Sommer, S.G. 2006. Observations of production and emission of greenhouse gases and ammonia during storage of solids separated from pig slurry: effects of covering. *Atmospheric Environment*. 40, 4172-4181.
- [44] Hao X., Chang C., Larney F. J. and Travis G. R. (2001) Greenhouse gas emissions during cattle feedlot manure composting. *Journal of Environmental Quality*, 30, (2), 376-386.
- [45] Harper, L. A., Denmead, O. T., and Sharpe, R. R. 2000. Identifying sources and sinks of scalars in a corn canopy with inverse Lagrangian dispersion analysis. II. Ammonia. *Agric. For. Meteorol.* 104, 75-83.
- [46] Hassouna M., Robin P., Texier C., 2004. N₂O and CH₄ emissions in French straw-based pig-on-litter breeding systems. Int. Conf. On Greenhouse Gas Emissions from Agriculture, Leipzig, 10-12 feb. 2004, 2p.
- [47] Hellebrand H. J. and Kalk W.-D. (2001) Emission of methane, nitrous oxide, and ammonia from dung windrows. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60, (1-3), 83-87.
- [48] Hintz et al .(1998) « A comprehensive experimental study of aerial pollutants in and emissions from livestock buildings - part.1 Methods », *Journal of Agricultural Engineering Research*, pp 1111-1118.
- [49] Husted S. (1994) Seasonal variation in methane emission from stored slurry and solid manures. *Journal of Environmental Quality*, 23, (3), 585-592.
- [50] Kai, P., Pedersen P., Jensen J.E., Hansen M.N. and Sommer S.G. 2007. A whole-farm assessment of the efficacy of slurry acidification in reducing ammonia emissions. *European Journal of Agronomy*.
- [51] Khan, R.Z., Müller, C. and Sommer, S.G. 1997. Micrometeorological mass balance technique for measuring CH₄ emission from stored cattle slurry. *Biology and Fertility of Soils*. 24, 442-444.
- [52] Külling D. R., H. Menzi, F. Sutter, P. Lischer, M. Kreuzer. (2003) Ammonia, nitrous oxide and methane emissions from differently stored dairy manure derived from grass- and hay-based rations. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 65, 13-22.
- [53] Leuning, R., Freney, J. R., Denmead, O. T., and Simpson, J. R. 1985. A sampler for measuring atmospheric ammonia flux. *Atmos. Environ.* 19, 1117-1124.
- [54] Li et al. (2001) « Natural ventilation induced by combined wind and thermal forces », *Building and Environment*, 36, (1), pp 59-71
- [55] Li et al., (2000) « Prediction of natural ventilation in buildings with large openings »,

Building and Environment, 35, (3), pp 191-206

- [56] Loubet, B. 2000. Modélisation du dépôt sec d'ammoniac atmosphérique à proximité des sources. Thèse de doctorat. Université P. Sabatier, Toulouse, 360p. (http://www.inra.fr/internet/Departements/EA/fichier_these/Loubet.pdf)
- [57] Loubet, B., Asman, W. A. H.; Theobald, M.; Hertel, O.; Tang, S.Y.; Robin, P.; Hassouna, M.; Damngen, U.; Genermont, S.; Cellier, P.; Sutton, M.A. 2006. Ammonia deposition near hot spots: processes, models and monitoring methods. In: UNECE Expert Workshop on Ammonia, Edinburgh, 4-6 December 2006. United Nations Economic Commission for Europe. 59p. (<http://nora.nerc.ac.uk/1036/>)
- [58] Loubet, B., Cellier, P., Générmont, S., Flura, D. 1999a. An evaluation of the wind-tunnel technique for estimating ammonia volatilization from land: Part 1. Analysis and improvement of accuracy. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72, (1), 71-81.
- [59] Loubet, B., Cellier, P., Générmont, S., Flura, D. 1999b. An Evaluation of the Wind-tunnel Technique for Estimating Ammonia Volatilization from Land: Part 2. Influence of the Tunnel on Transfer Processes. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72, (1), 83-92.
- [60] Loyon L., Guiziou, F., Béline, F. (2004) Evaluation des émissions gazeuses (NH₃, N₂O, CH₄ et CO₂) d'une filière de traitement biologique aérobie de lisier de porcs - Résultats préliminaires -. Recueil des 36^{èmes} *Journées de la Recherche Porcine*, 71-76.
- [61] Martinez J., Guiziou F., Peu P. and Gueutier V. (2003) Influence of Treatment Techniques for Pig Slurry on Methane Emissions during Subsequent Storage. *Biosystems Engineering*, 85, (3), 347-354.
- [62] McGarry, S. J., O'Toole P, and Morgan, M. A., 1987. Effects of soil temperature and moisture content on ammonia volatilization from urea-treated pasture and tillage soils. *Ir. J. Agric. Res.* 26, 173-182.
- [63] McGinn, S. M., and Janzen, H. H. 1998. Ammonia sources in agriculture and their measurement. *Can. J. Soil Sci.* 78, 139-148.
- [64] Menzi, H. 2002. Manure management in Europe: results of a recent survey. In Proceedings of the 10th Conference of the FAO/SCORENA Network on Recycling Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture (RAMIRAN), Strbske Pleso, Slovak Republic, 14-18 May, pp. 93-102.
- [65] Moody L.B., Li H., Burns R. T., Xin H., Gates R.S., Hoff S.J., Overhults D. 2008. A Quality Assurance Project Plan for Monitoring Gaseous and Particulate Matter Emissions from Broiler Housing. American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE), ISBN #1-892769-69-7. 289p. http://asae.frymulti.com/aqap_handbook.asp?confid=aqap2008
- [66] Møller, H.B., Sommer, S.G. and Ahring, B.K. 2004. Biological degradation and greenhouse gas emissions during prestorage of liquid animal manure. *Journal of Environmental Quality*. 33, 27-36.
- [67] Mosquera J., Monteny G.J., Erisman J.W. (2005) Overview and assessment of techniques to measure emissions from animal houses: the case of the Netherlands. *Environmental Pollution*, 135, 381-388.
- [68] National Academy of Science . 2003. The scientific basis for estimating emissions from animal feeding operations. Washington, DC.: National Academy Press.
- [69] Nemitz, E., Sutton, M.A., Gut, A., San Jose, R., Husted, S., Schjoerring, J.K. 2000 Sources and sinks of ammonia within an oilseed rape canopy. *Agr. Forest Meteorol.* 105, 385-404.

- [70] Olesen, J.E. and Sommer, S.G. 1993. Modeling effects of wind speed and surface cover on ammonia volatilization from stored pig slurry. *Atmos. Environ.* 27A, 2567-2574.
- [71] Osada, T., Sommer, S.G., Dahl, P., Rom, H.B. 2001. Gaseous emission and changes in nutrient composition during deep litter composting. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B, Soil and Plant Science.* 51, 137-142
- [72] Pape, L., C. Ammann, C., Nyfeler-Brunner, A., Spirig, C., Hens, K., Meixner F.X. 2009. An automated dynamic chamber system for surface exchange measurement of non-reactive and reactive trace gases of grassland ecosystems. *Biogeosciences*, 6, 405–429.
- [73] Pedersen, S., Blanes-Vidal, V., Joergensen, H., Chwalibog, A., Haeussermann, A., Heetkamp M.J.W., Aarnink, A.J.A., 2008. Carbon Dioxide Production in Animal Houses: A literature review. *Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal*. Manuscript BC 08 008, Vol. X., 19p.
(<http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/viewFile/1205/1132>)
- [74] Pedersen S., Takai H., Johnsen J.O., Metz J.H.M., Groot Koerkamp P.W.G., Uenk G.H., Phillips V.R., Holden M.R., Sneath R.W., Short J.L., White R.P., Hartung J., Seedorf J., Schröder M., Linkert K.H., Wathes C.M. (1998) A comparison of three balance methods for calculating ventilation rates in livestock buildings. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70, 25-37.
- [75] Petersen, S.O., Lind, A.-M. and Sommer, S.G. 1998. Nitrogen and organic matter losses during storage of cattle and pig manure. *J. Agric. Sci.* 130, 69-79.
- [76] Phillips V. R., Lee D. S., Scholtens R., Garland J. A. and Sneath R. W. (2001) A Review of Methods for measuring Emission Rates of Ammonia from Livestock Buildings and Slurry or Manure Stores, Part 2: monitoring Flux Rates, Concentrations and Airflow Rates. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 78, (1), 1-14.
- [77] Phillips V. R., Scholtens R., Lee D. S., Garland J. A. and Sneath R. W. (2000) A Review of Methods for measuring Emission Rates of Ammonia from Livestock Buildings and Slurry or Manure Stores, Part 1: Assessment of Basic Approaches. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 77, (4), 355-364.
- [78] Price, J.E. 2004. Back-calculating emission rates for ammonia and particulate matter from area sources using dispersion modeling. MS Texas A&M University, 158p.
- [79] Ramonet Y., Robin P. (2002) L'engraissement de porcs sur litière de particules de bois ou de sciure en couche fine. *Journées de la Recherche Porcine*, n°34, Communication, 143-148.
- [80] Raupach M. R. 1989b. Stand overstorey processes. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.B*, 324, 175-190.
- [81] Raupach M. R. 1989c. Applying Lagrangian fluid mechanics to infer scalar source distributions from concentration profiles in plant canopies. *Agric. For. Meteorol.* 47, 85-108.
- [82] Raupach, M. R., and Legg, B. J. 1984. The uses and limitations of flux-gradient relationships in micrometeorology. *Agric. Water Manage.* 8, 119-131.
- [83] Raupach, M.R. 1989a. A practical Lagrangian method for relating scalar concentrations to source distributions in vegetation canopies. *Q.J. R. Meteorol. Soc.*, 115, 609-632
- [84] Robin P., Hassouna M., Texier C. (2004) Emission d'ammoniac et de protoxyde d'azote des porcs engraisés sur litière de paille, 2004. *Journées de la recherche porcine en France*, 36.
- [85] Rodhe L. and Karlsson S. (2002) Ammonia Emissions from Broiler Manure - Influence of Storage and Spreading Method. *Biosystems Engineering*, 82, (4), 455-462.
- [86] Ryden, J. C., and Lockyer, D. R. 1985. Evaluation of a system of wind tunnels for field

- studies of ammonia loss from grassland through volatilisation. *J. Sci. Food. Agric.* 36, 781-788.
- [87] Safley L. M. and Westerman P. W. (1988) Biogas production from anaerobic lagoons. *Biological waste*, 23, 181-193.
- [88] Schjoerring, J. K., Sommer, S. G., and Ferm, M. 1992. A simple passive sampler for measuring ammonia emission in the field. *Water Air Soil Pollut.* 62, 13-24.
- [89] Scholtens R., Dore C.J., Jones B.M.R., Lee D.S., Phillips V.R. (2004) Measuring ammonia emission rates from livestock buildings and manure stores, part 1: development and validation of external tracer ratio, internal tracer ratio and passive flux sampling methods. *Atmospheric Environment*, 38, 3003-3015.
- [90] Scholtens R., Hol J.M.G., Wagemans M.J.M., Phillips V.R. (2003) Improved passive flux samplers for measuring ammonia emissions from animal houses, part 1: basic principles. *Biosystems Engineering* , 85 (1), 95-100.
- [91] Senevirathna, D.G.M., Achari, G., Hettiaratchi, J.P.A. 2007. A mathematical model to estimate errors associated with closed flux chambers. *Environmental Modeling and Assessment.* 12, 1-11.
- [92] Sharpe R. R., Harper L. A. and Byers F. M. (2002) Methane emissions from swine lagoons in Southeastern US. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 90, (1), 17-24.
- [93] Sherlock, R. R., Freney, J. R., Bacon, P. E., and van der Weerden, T. J. 1995. Estimating ammonia volatilization from unsaturated urea fertilized and urine affected soils by an indirect method. *Fert. Res.* 40, 197-205.
- [94] Smith, K.A., Brewer, A.J., Crabb, J. and Dauven, A. 2001b. A survey of the production and use of animal manures in England and Wales. III. Cattle manures. *Soil Use Manag.* 17, 77-87.
- [95] Smith, K.A., Brewer, A.J., Crabb, J., Dauven, A. 2001a. A survey of the production and use of animal manures in England and Wales. II. Poultry manure. *Soil Use Manag.* 17, 48-56.
- [96] Sneath R. W., Beline, F. , Hilhorst, M. A. 2004 Monitoring GHG from Manure Stores on Organic and Conventional Dairy Farms. Proceedings of the International Conference Greenhouse Gas Emissions from Agriculture Mitigation Options and Strategies - February 10 -12, 2004, Leipzig, Germany, 45-50.
- [97] Snell and al., 2003, « Ventilation rates and gaseous emissions from naturally ventilated dairy houses », *Biosystems engineering*, vol 86, issue 21, pp 67-73
- [98] Sommer S.G., McGinn S.M., Hao X., Larney F.J., 2004. Techniques for measuring gas emissions from stockpiled cattle manure. *Atmospheric Environment.* 38, 4643-4652
- [99] Sommer S.G., Petersen S.O., Sørensen P, Poulsen H.D. and Møller H.B. 2007. Greenhouse Gas Emission and Nitrogen Turnover in Stored Liquid Manure. *Nutrient Cycling in Agroecosystems.* 78 (1), 27-36.
- [100] Sommer S.G., Petersen, S.O. and Søgaard H.T. 2000. Emission of greenhouse gases from stored cattle slurry and slurry fermented at a biogas plant. *J. Environ. Qual.* 29, 744-751.
- [101] Sommer, S.G., and Ersbøll, S. K. (1996). Effect of air flow rate, lime amendments and chemical soil properties on the volatilization of ammonia from fertilizers applied to sandy soils. *Biol. Fert. Soils* 21, 53-60.
- [102] Sommer, S.G., Mikkelsen, H., and Mellqvist, J. 1995. Evaluation of meteorological techniques for measurements of ammonia loss from pig slurry. *Agric. For. Meteorol.* 74, 169-179.

- [103] Sommer, S.G. 1997. Ammonia volatilization from farm tanks containing anaerobically digested animal slurry. *Atmos. Environ.* 31, 863-868.
- [104] Sommer, S.G. 2001. Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter. *European Journal of Agronomy*, 14/2, 123-133.
- [105] Sommer, S.G. and Dahl, P. 1999. Emission of ammonia, nitrous oxide, methane and carbon dioxide during composting of deep litter. *J. Agr. Eng.* 74, 145-153.
- [106] Sommer, S.G. and Jacobsen, O.H. 1999. Infiltration of slurry liquid and volatilisation of ammonia from surface applied pig slurry as affected by soil-water content. *J. Agr. Sci. Camb.* 132, 297-303.
- [107] Sommer, S.G. and Jensen, C. 1994. Ammonia volatilization from urea and ammoniacal fertilizers surface applied to winter wheat and grassland. *Fert. Res.* 37, 85-92.
- [108] Sommer, S.G. and Møller H.B. 2000. Emission of greenhouse gases during composting of deep litter from pig production- effect of straw content. *J. Agr. Sci. Camb.* 134, 327-335..
- [109] Sommer, S.G. Christensen, B.T. Nielsen, N.E. and Schjør-ring, J.K. 1993. Ammonia volatilization during storage of cattle and pig slurry: Effect of surface cover. *J. Agric. Sci. Camb.* 121, 63-71.
- [110] Sommer, S.G., Olesen, J.E. and Christensen, B.T. 1991. Effects of temperature, wind speed and air humidity on ammonia volatilization from surface applied cattle slurry. *J. Agric. Sci.* 117, 91-100.
- [111] Sommer, S.G., Sherlock, R.R. and Khan, R.Z. 1996. Nitrous oxide and methane emissions from pig slurry amended soils. *Soil Biol. Biochemistry. Soil Biol. Biochem.* 10/11, 1541-1544.
- [112] Sommer, S.G., Sibbesen, E., Nielsen, T. Schjørring, J.K. and Olesen, J.E. 1996. A passive flux sampler for measuring ammonia volatilization from manure storage facilities. *J. Environ. Qual* 25, 241-247.
- [113] Sommer, S.G.; Zhang, G.Q.; Bannink, A.; Chadwick, D.; Misselbrook, T.; Harrison, R.; Hutchings, N.J.; Menzi, H.; Monteny, G.J.; Oenema, O.; Webb, J. 2006. Algorithms determining ammonia emission from buildings housing cattle and pigs and from manure stores. *Advances in Agronomy*, 89, 261-335. - ISSN 0065-2113
- [114] Taylor, B. N. And C. E. Kuyatt. 1994. Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results. NIST Tech Note 1297. Washington, DC: U.S. GPO.
- [115] van der Weerden, T. J., van der Moal, J. F., Martinez, J., Pain, B. F., and Guiziou, F. 1996. Evaluation of the wind-tunnel method for measurement of ammonia volatilization from land. *J. Agric. Eng. Res.* 64, 11-13.
- [116] Vranken, J. 1999. Different Policy Approaches to Homelessness, in D. AVRAMOV (ed.), *Coping with Homelessness: Problems to be Tackled and Best Practices in Europe*. London, Ashgate Publishing, 331-355.
- [117] Vranken E; Darius P; Hendriks J; Claes S; Berckmans D. 2002. Development of a shortened procedure for the determination of ammonia emission from livestock buildings (02-SE-063). Proceedings of the International Conference on Agricultural Engineering, Budapest, 30 June - 4 July 2002, Budapest, Hungary. EurAgEng. ISBN 963 9058 157, Book of abstracts - part 2: p. 236 – 237
- [118] Vranken E., Claes S., Hendricks J., Darius P., Berckmans D. 2004 Intermittent measurements to determine ammonia emissions from livestock buildings. *Biosystems Engineering*, 88 (3), 351-358.
- [119] Wilson, J. D., and Shum, W. K. N. 1992. A re-examination of the integrated horizontal flux method for estimating volatilization from circular plots. *Agric. For. Meteorol.* 57, 281-

295.

- [120] Wilson, J. D., Catchpoole, V. R., Denmead, O. T., and Thurtell, G. W. 1983. Verification of a simple micrometeorological method for estimating the rate of gaseous mass transfer from the ground to the atmosphere. *Agric. Meteorol.* 29, 183-189.
- [121] Wilson, J. D., Thurtell, G. W., Kidd, G. E., and Beauchamp, E. G. 1982. Estimation of the rate of gaseous mass-transfer from a surface source plot to the atmosphere. *Atmos. Environ.* 16, 1861-1867.
- [122] Zeeman G. (1994) Methane production/emission in storage for animal manure. *Fertilizer Research*, 37, 207-211.

12 Annexe A : présentation des partenaires (Appendix A : partners' presentation)

12.1 INRA - UMR SAS

Responsable : Chantal GASCUEL-ODOUX

Adresse : 65, rue de Saint-Brieuc - 35042 Rennes cedex

Tél. :

0	2	2	3	4	8	5	2	2	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fax :

0	2	2	3	4	8	5	4	3	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

e.mail : Chantal.Gascuel@rennes.inra.fr , paul.robin@rennes.inra.fr ,
melynda.hassouna@rennes.inra.fr

De nouveaux systèmes d'exploitation agricole sont recherchés et évalués en terme de durabilité, incluant en particulier la maîtrise des risques environnementaux.

Il s'agit de la conception et conduite des bâtiments d'élevage, de la gestion des effluents d'élevage, des systèmes de productions légumières ou des prairies.

La qualité des sols et des eaux est analysée. Les sols, le fonctionnement hydrologique, les mosaïques paysagères des bassins versants agricoles conditionnent les modes et temps de transfert de l'eau et des éléments chimiques, leurs stockages et leurs transformations biogéochimiques au sein du bassin versant.

Pour comprendre et prévoir les impacts des activités agricoles et des structures paysagères sur la qualité des eaux, l'unité effectue des recherches sur le fonctionnement hydrologique du bassin versant et les voies de transfert des éléments chimiques, ainsi que sur les cycles biogéochimiques et leur couplage avec les processus hydrologiques. L'azote a fait l'objet de nombreuses recherches et des modèles de transfert et de transformation de l'azote ont été développés. Des travaux à caractère plus finalisé ont été réalisés sur les pesticides. Sont également abordés le transfert du phosphore, ainsi que l'origine et la dynamique des matières en suspension.(

<http://www.rennes.inra.fr/umrsas/>)

12.2 INRA - Environnement et Grandes Cultures

Responsable : Pierre CELLIER

Adresse : 78850 Thiverval-Grignon

Tél. :	0	1	3	0	8	1	5	5	3	2
Fax :	0	1	3	0	8	1	5	5	6	3

e.mail : Pierre.Cellier@grignon.inra.fr , benjamin.loubet@grignon.inra.fr

L'objectif central de l'UMR EGC est l'étude et la modélisation du fonctionnement des couverts végétaux et du sol dans le contexte des grandes cultures, en interaction avec les facteurs de l'environnement (sol, eaux, atmosphère) et les pratiques agricoles. Dans ce cadre général, l'activité scientifique de notre unité s'articule principalement autour des thématiques suivantes :

- Epidémiologie des maladies fongiques aériennes : processus de dispersion et de développement des maladies fongiques foliaires en interaction avec des variables atmosphériques, la structure du couvert et la nutrition azotée ; impacts sur le fonctionnement du couvert végétal.
- Pesticides : étude de leur devenir dans l'environnement (sols, eaux , atmosphère) après application : dégradation, formation de résidus liés, volatilisation, lessivage.
- Pollution de l'air, effet de serre : émissions et dépôts de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre dans les systèmes agricoles ; conséquences sur la qualité de l'air et impact sur le fonctionnement des couverts végétaux.
- Etude du devenir des produits résiduels organiques d'origine urbaine après application au champ et conséquences agronomiques et environnementales.
- Azote : émission de composés azotés gazeux depuis les écosystèmes cultivés et analyse de la variabilité génétique des stratégies adaptatives des plantes vis-à-vis de la nutrition azotée.

Ces travaux sont menés selon différentes approches basées principalement sur les principes de la physique, la chimie, ainsi que de la microbiologie, l'écophysiologie et la génétique, toutes disciplines appliquées à des problématiques agronomiques ou d'environnement. La taille de notre UMR et l'histoire antérieure des Unités constitutives nous permettent de couvrir l'ensemble de ces disciplines, à des niveaux cependant divers. Notre échelle de prédilection est celle de la parcelle agricole ou du profil de sol. Certains travaux sont toutefois menés à des échelles plus fines - en particulier sur la description 3D de la structure et des transferts dans les couverts végétaux, ainsi que l'expression des caractères génétiques - pour nous permettre de mieux asseoir les bases de raisonnement de l'analyse des processus à notre échelle de prédilection. A l'inverse des recherches sont également conduites à l'échelle immédiatement supérieure (parcelle agricole et sa voisine, haies, ...), étendant ainsi les concepts développés à des milieux non homogènes. Pour certaines problématiques (effet de serre, pollution de l'air et des eaux) ces connaissances peuvent être intégrées à des échelles supérieures par le biais de modèles atmosphériques, hydrologiques et de fonctionnement de cultures. Pour l'essentiel, ces derniers travaux sont menés avec le support d'autres partenaires. (<http://www-bioclim.grignon.inra.fr/>)

12.3 CEMAGREF - Rennes

Responsable : Nicolas PETIT

Adresse : 17, avenue de Cucillé, CS 64427-35044 Rennes Cedex

Tél. :

0	2	2	3	4	8	2	1	5	8
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fax :

0	2	2	3	4	8	2	1	1	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

e.mail : Laurence.Loyon@cemagref.fr

Le Cemagref de Rennes réalise des recherches afin de développer des méthodes de gestion des procédés. La préservation de la qualité de l'environnement est l'objet principal de ces recherches. Les principaux travaux de recherche sont :

- la connaissance et la caractérisation des déchets et de leurs sous-produits tout au long de la filière
- leur traitement par des procédés biologiques basés sur l'aération
- l'analyse des impacts sur l'air (gaz à effet de serre et ammoniac), l'eau (nitrates, phosphore, pesticides) et le sol (métaux)
- les conditions techniques et économiques d'une gestion intégrée de ces déchets par les collectivités, les gestionnaires d'équipement et les agriculteurs.

Ces travaux se traduisent par :

- des productions scientifiques classiques : publications, ouvrages et colloques scientifiques
- des produits de valorisation comme des logiciels et des guides techniques destinés aux gestionnaires
- des missions d'expertise et d'appui technique. (<http://www.cemagref.fr>)

12.4 INERIS

Responsable : Marc DURIF

Adresse : Parc Alata, BP2, 60550 Verneuil-en-Halatte

Tél. :

0	3	4	4	5	5	6	6	4	3
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fax :

0	3	4	4	5	5	6	3	0	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

e.mail : marc.durif@ineris .fr ; francois.gautier@ineris.fr

L'INERIS consacre une part croissante de sa recherche aux risques chroniques, par le

biais de l'écotoxicologie et de la toxicologie, et notamment à l'étude de l'impact des substances toxiques à faibles doses sur les écosystèmes et la santé humaine. Les différents thèmes de recherche étudiés ont pour but d'évaluer les risques et leurs impacts à chacune des phases de l'activité industrielle (sécurité lors de la mise en service d'une installation industrielle, détection et qualification des phénomènes sources de danger tels que l'incendie ou l'explosion en cours de process, les rejets accidentels ou les risques liés aux produits).

L'Institut coopère activement avec d'autres organismes disposant de compétences complémentaires. Il participe et parfois anime des réseaux de collaboration scientifique qui lui permettent d'intégrer les progrès des connaissances nouvelles dans l'élaboration de moyens de prévention et de protection optimaux.

Les recherches de l'Institut sont financées par le budget civil de la recherche et du développement technologique (BCRD), et pour certaines par l'Union Européenne.

L'INERIS conduit également des programmes de recherche en partenariat avec le monde industriel. (<http://www.ineris.fr/index.php>)

12.5 CAU (Christian-Albrechts-Universität) Kiel, Allemagne

Laboratoire : Institut für Landwirtschaftliche Verfahrenstechnik (ILV, Agricultural Engineering Institute)

Responsable : Prof. Dr. Eberhard HARTUNG

Adresse : Max-Eyth-Strass 6, 24111 Kiel, Germany

Tél. :	4	9	4	3	1	8	8	0	2	3	5	5
Fax. :	4	9	4	3	1	8	8	0	4	2	8	3

e.mail : vtp440ha@uni-hohenheim.de

(<http://www.uni-hohenheim.de/~www440/> ; <http://www.uni-kiel.de/tt/Leistungsangebote/englisch/0113.htm>)

Le Département de production animale et de sciences environnementales de l'Institut d'Ingénierie Agricole a pour missions de former des ingénieurs compétents dans les différents domaines de l'élevage et de développer la recherche sur les modes d'alimentation, la maîtrise d'ambiance dans les bâtiments d'élevage, la conduite d'élevage, l'approche systémique des systèmes de production animale, et plus spécifiquement la quantification de leurs émissions et immissions.

La compétence est particulièrement développée dans la caractérisation des odeurs produites par les élevages ou par les industries agro-alimentaires fortement malodorantes.

(<http://www.uni-hohenheim.de/~www440/> ; <http://www.uni-kiel.de/tt/Leistungsangebote/englisch/0113.htm>)

12.6 Katholic University of Leuven, Belgique

Laboratoire : Division M3-BIORES :

Director : Prof. Dr. ir. Daniel BERCKMANS

Address : Kasteelpark Arenberg 30, B-3001 Heverlee, Belgium

Tél. : + 3 2 1 6 3 2 1 4 3 6

Fax : + 3 2 1 6 3 2 1 4 8 0

e.mail : Daniel.berckmans@biw.kuleuven.be, Ali.youssef@biw.kuleuven.be,
sezin.erenozcan@biw.kuleuven.be

To monitor gaseous emissions, ventilation rate and gas concentration are the most relevant variables that need to be measured.

KULeuven/M3-BIORES is working on the problem of ventilation rate monitoring in livestock buildings for more than 30 years. Several patented solutions have been worked out for mechanical and natural ventilated buildings. The principle of the free running impeller was introduced by KULeuven in the early 80-ties and is now used world-wide and recognized as an international standard for ventilation rate monitoring in mechanically ventilated agricultural applications. Today, the accuracy of the sensor is 50 m³/h in the measuring range from 50 to 20.000 m³/h. The sensor is patented by KULeuven in 1994 and described in a number of scientific publications.

Also for naturally ventilated buildings several practical solutions have been tested out in the past years. These methods are based on tracer gas monitoring, acoustical sensors or model based estimation of energy and mass fluxes through a building envelope.

In monitoring gaseous emissions, KULeuven has a good expertise as result of different research projects since 1994. KULeuven was the first institute worldwide that started with high frequent (every 8 min) ammonia emissions measurements in field installations, resulting in a unique data base of 20 years of continuous monitoring of ammonia emissions and related variables. Agreements are made with different international institutes to share the emission data of different livestock housing systems. Partners of this consortium are :

- Universität Hohenheim - Institut für Agrartechnik, Stuttgart (D)
- IOWA State University - Department of Agricultural & Biosystems Engineering, Iowa (US)
- University of Minnesota - Biosystems and Agricultural Engineering, Minnesota (US)
- Purdue University, Purdue (US)
- Silsoe Research Institute, Silsoe (UK)
- National Institute of Agricultural Engineering, Horsens (DK)
- Università degli Studi di Milano - Dipartimento di Scienze e Tecnologie Veterinarie per la

Sicurezza Alimentare, Milan (I)

To reduce the costs of emission monitoring, a procedure was developed to estimate emission factors from livestock buildings accurately and this with a reduction of necessary measuring days by 90%. This intermittent measurement method is now used by the Flemish government to evaluate the emission performance of pig and poultry houses in the field. Different other countries started negotiations further develop this procedure to an international European standard. (<http://www.M3-biores.com/>)

12.7 Université de Liège, Belgique

Laboratoire : Faculté de Médecine Vétérinaire

Responsable : Prof. B. NICKS

Adresse : Bld de Colonster B43 - 4000 Liège, Belgique

Tél. :	0	4	3	6	6	4	1	4	5										
Fax. :	0	4	3	6	6	4	1	2	2										

e.mail : baudouin.nicks@ulg.ac.be
(<http://www.ulg.ac.be/fmv/prodanim.htm>)

La chaire de Production animale de l'Université de Liège a pour objectif de proposer des enseignements et de conduire des recherches dans les domaines de :

- Biostatistique, Bioinformatique, Economie, Sélection animale
- Génétique factorielle et moléculaire
- Génétique quantitative
- Hygiène et Bioclimatologie
- Nutrition des animaux domestiques

Ces travaux sont régulièrement portés à la connaissance des chercheurs et professionnels français lors des Journées de la Recherche Porcine (<http://www.journees-recherche-porcine.com/texte/index.htm>), en sorte que des échanges ont lieu depuis plus d'une dizaine d'années, en particulier dans le domaine de la quantification des émissions gazeuses en élevage.

(<http://www.ulg.ac.be/fmv/prodanim.htm>)

12.8 Syddansk Universitet

Laboratoire : Institute of Chemical
Engineering, Bio- and Environmental Engineering

Coordonnateur : Sven Gjedde SOMMER

Adresse : University of Southern Denmark, Faculty of Engineering, Institute of Chemical Engineering, Bio- and Environmental Engineering, Campusvej 55, 5230 Odense M

Tél. :

4	5	8	9	9	9	3	0	6	3
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fax :

4	5	8	9	9	9	3	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

e.mail : SvenG.Sommer@agrsci.dk

12.9 Iowa State University, U.S.A.

Laboratoire : Agricultural & Biosystems Engineering Dept

Coordonnateur : Hongwei XIN

Adresse : 109 Kildee Hall, Ames, IA 50011 USA

Tél. :

5	1	5	2	9	4	4	2	4	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fax :

5	1	5	2	9	4	4	2	5	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

e.mail : hxin@iastate.edu, wpowers@iastate.edu

Conduct research using an indirect calorimetry approach to estimate air emissions from livestock. Data generated will represent baseline emissions and emissions resulting from dietary changes. In addition we have the capabilities to measure emissions during manure storage using a small-scale in vitro quasi-continuous emissions system.

(<http://www.abe.iastate.edu/research.asp>, <http://www.ans.iastate.edu/research/emission/>,
<http://www.abe.iastate.edu/faculty/xin.asp>)

12.10 Michigan State University, U.S.A.

Laboratoire : Animal Science Dept

Coordonnateur : Wendy POWERS

Adresse :

Tél. :

5	1	7	4	3	2	3	8	4	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fax : 5 1 5 2 9 4 4 2 5 0

e.mail : hxin@iastate.edu, wpowers@iastate.edu

12.11 EMBRAPA, Brésil

Laboratoire : Suinos e Aves (porcs et volailles)

Coordonnateur : Paulo A.V. de OLIVEIRA

Adresse : BR-153, km. 110, Vila Tamandua, Caixa Postal 21
89700-000 Concordia, SC, Brésil

Tél. : 5 5 4 9 4 4 2 8 5 5 5

Fax : 5 5 4 9 4 4 2 8 5 5 9

e.mail : paolive@cnpsa.embrapa.br

http://www21.sede.embrapa.br/English/index_html/mostra_documento ;
<http://www.cnpsa.embrapa.br/>)

L'EMBRAPA est l'organisme public de recherche agronomique du Brésil (équivalent de l'INRA en France). A ce titre il est chargé d'anticiper les évolutions de l'agriculture brésilienne et de conduire les recherches permettant de répondre aux attentes des marchés mondiaux, des acteurs économiques brésiliens et de la société brésilienne. Ainsi le Département " suinos e aves " (porcs et volailles), après avoir fortement contribué au développement de la production des monogastriques depuis les années 1950, s'intéresse depuis les années 1990 aux préoccupations d'abord environnementales (pollution des eaux et de l'air) et ensuite de bien être animal (densité des animaux dans les bâtiments et conception des bâtiments) afin de rester en phase avec les standards occidentaux de production animale.

http://www21.sede.embrapa.br/English/index_html/mostra_documento ;
<http://www.cnpsa.embrapa.br/>)

12.12 Seoul National University

Laboratoire : Laboratory of Aero-Environmental Engineering

Coordonnateur : In Bok LEE

Adresse : Department of Rural Systems Engineering

College of Agricultural & Life Sciences
Seoul National University (<http://snu.ac.kr>)
Republic of Korea

Tél. :

8	2	2	8	8	0	4	5	8	6
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fax :

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

e.mail : : iblee@snu.ac.kr
(<http://aeel.snu.ac.kr>)

12.13 Chinese Academy of Agricultural Sciences

Coordonnateur : Hongmin DONG

Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture

IESDA has expertise in many scientific fields and is leading national programs on gas emissions from animal farms

12.14 South China Agricultural University

Coordonnateur : Xin Di LIAO

College of Animal Sciences

Livestock waste management and gas emissions are studied in farm conditions, within national and international projects, associating private companies concerned with developing more sustainable livestock systems.

12.15 Zhejiang University

Coordonnateur : Kaiying Wang

College of Biosystems Engineering and Food Science

Activities are :

- Monitoring system (Ammonia, T/RH, animal activity, air speed, et.al);
- Ammonia, odor, TSP and PM10 emissions from different floor systems pig buildings;
- Ammonia, odor emissions from swine manure composting buildings;
- Reducing N nutrient losses and environmental protection during manure composting;

- Low emission pig buildings;
- Ammonia and Odor dispersion model.

12.16 Shanghai Jiaotong University

Coordonnateur : Yinsheng Li

Adresse : Department of Environment and Ressource, School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiaotong University, 800, Dongchuan Road 200240, Shanghai, China.

Tél. :

8	6	2	1	3	4	2	0	5	7	6	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fax :

8	6	2	1	3	4	2	0	6	1	4	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Our lab has done emission measurements in collaboration and has now equipment to carry out the measurements of GHG and NH₃ and other trace gases emitted by animal houses and crop lands. The effect of earthworms on the gas emissions within vermifiltration systems and from farm land is studied. Earthworms are also considered as biomonitors to propose more sustainable agricultural practices, including soil biodiversity and low carbon agricultural cultivation.

12.17 Institut de la Filière Porcine

Coordonnateur : Nadine GUINGAND

Adresse : La Motte au Vicomte, BP 3, 35650 Le Rheu

Tél. :

0	2	9	9	6	0	9	8	2	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Fax :

0	2	9	9	6	0	9	3	5	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

e.mail : nadine.guingand@ifip.asso.fr , sandrine.espagnol@ifip.asso.fr
(<http://www.ifip.asso.fr/>)

L'IFIP assure un appui permanent auprès des équipes techniques régionales, notamment celles des groupements de producteurs et des Chambres d'Agriculture. 600 techniciens participent chaque année aux stages de formation de l'IFIP.

En collaboration avec l'INRA, l'IFIP organise un congrès annuel, les Journées de la Recherche Porcine, qui présente les derniers résultats de ses travaux ainsi que des résultats de la recherche en pays francophones (Canada, Belgique, Suisse notamment). Des revues et brochures techniques viennent compléter le dispositif de diffusion de l'information auprès de la filière.

L'IFIP, dans le cadre d'un Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) associant organismes

de développement, de recherche et professionnels, met en œuvre un programme de Recherche et Développement qui répond :

- à la nécessité du maintien du haut niveau de compétitivité technique et économique de la filière ;
- au respect des choix de société sur le plan de la sécurité alimentaire et de la diversification de la production, de la protection de l'environnement, du bien-être animal,...

Les compétences et les actions sont organisées autour de quatre pôles techniques :

- amélioration génétique et sanitaire ;
- techniques d'élevage : logement, alimentation, environnement, bien-être des animaux, productions alternatives ;
- économie des marchés et des filières, économie de la production ;
- qualité technologique et hygiénique des viandes, sécurité alimentaire, classement des carcasses.

12.18 Institut Technique de l'Aviculture

Coordonnateur : Claude AUBERT

Adresse : Antenne Ouest, Zoopôle Beaucemaine, BP 37, 22440 Ploufragan

Tél. :	0	2	9	6	7	6	0	0	0	5
Fax :	0	2	9	6	7	8	3	6	4	0

e.mail : aubert@itavi.asso.fr , amand@itavi.asso.fr
(<http://www.itavi.asso.fr/index1024.php>)

Créée en 1968, l'ITAVI est une association conventionnée par le Ministère de l'Agriculture et le C.A.S.D.A.R (Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural). Elle a pour rôle d'apporter aux éleveurs et plus globalement à l'ensemble des filières avicole, cunicole, palmipède, piscicole et de diversification, les informations, les éléments scientifiques, techniques et économiques et le savoir-faire permettant d'améliorer la compétitivité économique et la qualité de la production.

Pour diffuser ses travaux ainsi que ceux conduits par l'ensemble des organismes de recherche, elle organise en partenariats avec ceux-ci, des Journées techniques nationales et régionales, mais aussi des Journées de la Recherche.

(<http://www.itavi.asso.fr/index1024.php>)

12.19 Institut de l'Elevage

Coordonnateur : Jean-Baptiste DOLLÉ

Adresse : 56, avenue Roger Salengro – BP 39 – 62051 Saint Laurent Blangy cedex

Tél. :

0	3	2	1	6	0	5	7	9	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

 Fax :

0	3	2	1	6	0	5	7	9	6
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

e.mail : jean-baptiste.dolle@inst-elevage.asso.fr , sylvie.hacala@inst-elevage.asso.fr
 (<http://www.inst-elevage.asso.fr/html1/index.php3>)

Les actions de l'Institut de l'Élevage sont regroupées en 33 unités de programme définies par un thème, la désignation d'un responsable et l'identification claire des collaborateurs qui conduisent les actions.

Ce mode d'organisation permet de constituer des groupes de travail opérationnels sur un thème donné, et de prendre en compte des thématiques transversales telles que Élevage partenaire de l'aménagement du territoire, l'agriculture biologique, le travail en exploitation d'élevage, la production dans un cadre AOC, la production fermière, la reproduction.

Pour chacun de ses domaines une brève présentation de l'activité 2002 est disponible.

Pour certains, des fiches descriptives d'actions sont publiées. Elles résument les axes de travail et les références déjà disponibles. Elles sont téléchargeables sur le site

(<http://www.inst-elevage.asso.fr/html1/index.php3>).

L'Institut de l'Élevage s'intéresse depuis plusieurs années à la problématique des émissions et puits de Gaz à Effet de Serre. Il participe à des programmes nationaux et européens sur ce sujet (http://www.inst-elevage.asso.fr/html1/IMG/pdf/2473-Recherche_et_developp._Europe.pdf).

12.20 Chambres d'Agriculture de Bretagne

Coordonnateurs : BRIGITTE LANDRAIN, YANNICK RAMONET

Adresse : Chambres d'agriculture de Bretagne - Rond point Maurice Le Lannou - CS
 14226 - 35042 Rennes Cedex

Tél. :

0	2	2	3	4	8	2	6	7	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

 Fax :

0	2	2	3	4	8	2	6	7	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

e.mail : jean.dumortier@ille-et-vilaine.chambagri.fr ; yannick.ramonet@cote-d-armor.chambagri.fr
 (<http://www.bretagne.synagri.com/ca1/synagri.nsf>)

Les Chambres d'Agriculture Départementales ont regroupé leurs activités de recherche et développement avec celles de la Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne (CRAB).

Leurs objectifs sont :

- d'anticiper les marchés de demain avec la prospective économique, en particulier à travers les travaux prospectifs de l'observatoire économique des industries agroalimentaires qui éclairent les décisions stratégiques des décideurs politiques et économiques ;
- d'encourager la qualification des exploitations sur la base du volontariat et de la responsabilité de l'agriculteur, à travers les chartes produits existantes et un cahier des

charges recouvrant les critères de qualité des productions, des milieux, des paysages, des relations sociales ; cette démarche peut constituer une étape vers la certification des exploitations aux normes ISO 9000 ou 14000 ;

- de protéger les ressources naturelles. Si l'eau est un enjeu majeur, les paysages sont également une préoccupation importante. La Chambre Régionale pilote et coordonne le programme Harmonie qui reçoit l'appui financier du Conseil régional pour l'embellissement et l'aménagement des cours de ferme, l'insertion des bâtiments d'exploitation dans le paysage, la replantation de haies, l'entretien du bocage et l'aménagement paysager ;
- de préparer aux emplois de demain. L'observatoire régional Emploi/Formation, mis en place par la Chambre, a pour rôle de suivre les flux "entrées et sorties" d'emplois en agriculture. Cela permet d'anticiper les besoins à venir, de faciliter les recherches des candidats et à plus long terme, d'orienter les formations en fonction des demandes. L'observatoire publie le référentiel des métiers de l'élevage et analyse en profondeur les qualifications requises pour chacun des métiers concernés ;
- d'investir dans la recherche appliquée. C'est un cas unique en France : la profession agricole bretonne s'est dotée d'un réseau de stations de recherche appliquée coordonnées et mutualisées au niveau régional ([http://www.bretagne.synagri.com/ca1/PJ.nsf/TECHPJPARCLEF/03365/\\$File/Plaquette.pdf](http://www.bretagne.synagri.com/ca1/PJ.nsf/TECHPJPARCLEF/03365/$File/Plaquette.pdf)). Chaque année, les Chambres d'agriculture de Bretagne y investissent une part de leur budget. Elles bénéficient par ailleurs d'importants soutiens financiers du Conseil régional, des Conseils généraux, de l'Institut de l'Elevage et de l'ANDA (Association Nationale du Développement Agricole). La mise au point de "bonnes pratiques agricoles", la réduction des coûts de production et l'organisation du travail, l'agriculture de précision constituent les principaux thèmes étudiés par les stations bretonnes. Le réseau des stations légumières complète ce dispositif.
- de favoriser les nouveaux services et les nouveaux marchés (développement des signes de qualité, agriculture biologique, tourisme et l'accueil en milieu rural, nouvelles filières avec des circuits courts de commercialisation, fermes pédagogiques...)
- de promouvoir l'agriculture bretonne auprès du grand public en combinant relations média, opérations dans la ville, portes ouvertes dans les exploitations, accueil d'enfants citoyens, manifestations promotionnelles, utilisation des Nouvelles Technologies de l'Information Communication, de façon à compléter les actions déjà conduites en direction des agriculteurs et des prescripteurs (journées régionales, SPACE...).

(<http://www.bretagne.synagri.com/ca1/synagri.nsf>)

13 Annexe B : Exemples de fournisseurs (Appendix B : example of suppliers)

13.1 Gas measuring equipments

Economiquement, l'achat d'analyseurs de gaz en continu présente un coût élevé. Cependant ce coût doit être relativisé au regard du nombre de mesures, du nombre de gaz mesurés simultanément et de la possibilité d'acquérir les mesures en continu à des pas de temps pertinents (horaire, journalier) vis-à-vis des phénomènes déterminants en élevage (250 000 mesures sur 5 ans pour 4 gaz, en quatre points à raison de 10 pas de temps par jour ; coûts de maintenance et fonctionnement faibles, durée de vie importante du matériel ; faible dérive d'étalonnage sur un an et robustesse aux interférences entre gaz permettant sa mise en œuvre par des équipes d'une à deux personnes). L'enjeu économique dans les élevages est considérable : investissement en bâtiments et matériels de gestion des effluents pour les 20 prochaines années ; activité de R&D dans l'amélioration des conduites d'élevage tenant compte de la limitation des émissions gazeuses polluantes ; valorisation possible des produits d'élevage à travers la certification environnementale ; quantification de réductions d'émissions de gaz à effet de serre et regroupement de ces réductions pour proposer des " projets domestiques " en agriculture. La dimension internationale du présent projet pourra contribuer à faire émerger des solutions à la fois économiques et fiables en s'appuyant sur l'expérience de terrain des partenaires.

As it can be difficult to choose equipment for emission measurements, a list of manufacturers was copied here from its web resource (<http://www.zhdanov.ru/classified-catalogue/manufacturers-and-suppliers/emissions-monitoring-equipment-instruments-systems-ie.htm>).

13.1.1 ABB process control instrumentation, process analytics.

ABB (ABB Instrumentation and Analytical) is the process control instrumentation, process analytics manufacturer and instrumentation solutions supplier. Instrumentation includes actuators and positioners (a complete family of valve automation products), flowmeters (gas flow meters, steam, liquid, slurry flow meters), temperature transmitters and sensors, pressure transmitters and remote seals, remote sensing measurement devices, industrial process signal monitoring and logging devices, process recorders and controllers, process gas analyzers (continuous gas analysis and emission monitoring instruments, SEMS, hydrogen purity analyzers, purge gas analysers, combustibles analyzers, zirconia oxygen analyzer), at-line gas chromatographs, laboratory gas chromatographs, process gas chromatographs (GC system for simulated distillation, sulfur in fuel GC analyzer), gas chromatograph sample handling systems, multiwave process photometers (fiber optic photometer, IR, UV photometers), laboratory and process FTIR-NIR spectrometers (FT-IR / Near-IR composition and moisture measurement analyzers, on-line gasoline analyzer), physical property measurement analyzers (on-line Reid vapor pressure analyzers), hydrogen sulfide analyzer for the measurement of hydrogen sulfide in gas streams, water quality analyzers.

ABB Instrumentation and Analytical manufactures and supplies a broad range of process analytical instruments and complete analyzer systems for quality control of water: ammonia monitors, chloride monitors, dissolved organics, dissolved oxygen monitors, pH, conductivity, ORP monitors, fluoride analyzers, hydrazine monitors, nitrate monitors, phosphate monitors, silica monitors, sodium monitors, turbidity systems, water hardness monitors.

Packaged Analyzer Systems (pre-assembled water analysis and monitoring systems)- complete instrumentation for water analysis. These systems can be used to measure everything from pH and conductivity through to silica and phosphate. Supplied fully pre-manufactured and pre-tested, the water analysis system assemblies are delivered to site ready for operation. Only connection to samples, drains,

power supply and signal outputs is necessary on site.

Process analytical instruments and systems for the continuous gas analysis and emissions monitoring (gas analyzers for the continuous measurement of process gases): Cement kiln gas analysis system with special gas sampling system for an effective monitoring of the combustion process in a cement plant. Continuous emission monitoring systems (SEMS) for the measurement of hazardous emissions, based on NDIR and FTIR analyzer technology. Continuous gas analyzer system for simultaneous determination of up to 12 measuring components like HCl, CO, NO, SO₂, NO₂, N₂O, NH₃, H₂O, CO₂, HF, O₂ and C total.

13.1.2 Altech Environment U.S.A.

Altech Environment is a manufacturer of Continuous Emission Monitoring Systems (CEMS), combustion control, emission monitoring and process control instrumentation. Altech is a manufacturer of gas analyzers, including the MIR 9000 Multi-component Infrared Analyzer that can simultaneously measure up to eight gases, and the SEC Sampling System. Altech also supplies the BETA 5M Particulate Analyzer, along with a full line of Discrete Analyzers. Complete turnkey services including system design and integration, start-up, training, and after sales service and support plus maintenance contracts.

The MIR 9000 analyzer can continuously measure up to 8 components simultaneously including HCl, SO₂, CO, CO₂, N₂O, THC, and CH₄. The measurement is based upon using Infrared absorption spectroscopy with Gas Filter Correlation (GFC). The measurement is carried out on a clean, dry sample coming from the SEC sampling probe. Also Chemiluminescent NO_x Analyzer and Gas Filter Correlation CO Analyzer.

13.1.3 AMETEK Process Instruments.

AMETEK Process Instruments is a global supplier of photometric analyzer systems, trace moisture analyzers, diode laser analyzers, quadrupole mass spectrometers, trace oxygen analyzers, and process monitoring software. Process photometric analyzers for Sulfur Recovery, Pulp and Paper, Power Generation and other industries. General Analyzers - Adaptable and configurable Photometric Spectrophotometers can monitor 1000s of possible chemicals, impurities, or characteristics (color, turbidity, polarimetry, etc) in industrial processes. Process Analyzers: Moisture, flue gas, semiconductor gas, oxygen and combustibles analyzers for a wide range of industries. Chlorine Dioxide Analyzers. Color Monitors. Combustion, Feed-forward Control - Zirconium oxide based analyzers designed to measure how rich or lean a fuel gas and combustion air mixture will burn. Western Research Continuous Emission Monitors.

Flue Gas Analyzers. Hydrocarbon Dewpoint Monitor. Hydrogen Sulfide in Amine Analyzers. Hydrogen Sulfide in Natural Gas Analyzers. Hydrogen Sulfide in Refinery Fuel Gas. Laser Based Process Analyzers. Mass Spectrometers/Residual Gas Analyzers - AMETEK's DYCOR Quadrupole Mass Spectrometers and Residual Gas Analyzer (RGA) systems. Moisture Analyzers. Open-Path Perimeter Monitors. SRU Acid Feed Gas Analyzers - Analyzers specifically designed to provide feed-forward control to a Sulfur recovery Plant based upon the H₂S content of the sour Acid Feed Gas.

13.1.4 Analytical Specialties, Inc.

Analytical Specialties is a supplier of process, safety and environmental analyzers. Products: Water Pollution Control Systems, TOC Analyzer, pH and Dissolved Oxygen Analyzers, Lasergas Analyzer, Advanced Reflux Sampler and Sample Conditioning Systems.

Gas analyzers: Process Oxygen Analyzers, Xendos UV and Xendos Infrared Analyzers, CEMS Analyzer (Continuous Emissions Analyser), General Purpose Analyzers, Flue Gas Oxygen and Combustibles Analyzers, Gas Purity Analyzer. Combustible gas detection systems.

13.1.5 AppliedSensor GmbH.

AppliedSensor is a manufacturer of chemical sensor components and sensor modules for safety and air quality control. AppliedSensor manufactures sensor components are based on three main principles: Metal oxide semiconductor (MOS) sensors being especially suited for gases like carbon monoxide,

nitrogen dioxide and methane. Field effect (FE) sensors being especially suited for hydrogen detection. Quartz microbalance (QMB) sensors for volatile organic compounds. Sensor modules - In a typical application optimized electronic circuits are used to read the information from one or more sensing elements and to control their operation parameters (temperature, potentials). Intelligent sensors include micro-controllers with advanced algorithms for cross-sensitivity reduction and drift compensation. Specialized interfaces and packaging solutions make the sensor module easy to integrate in the customer product. During development of the sensor module extensive lab and real life testing as well as analysis and calibration are performed in order to assure high quality and optimum performance.

13.1.6 Baseline - Mocon, Inc.

Baseline - Mocon, Inc is the gas chromatography and gas analysis instrument company, manufacturer of gas analyzers for automated process stream, industrial hygiene, hazard and emissions monitoring. Baseline offers a complete line of analytical instrumentation for gas analysis including a large selection of continuous analyzers, gas chromatographs and portable personal monitors. The product line also includes a variety of complimentary products such as multipoint samplers, calibration systems, sample conditioners, support gas generators, and data acquisition systems. The Baseline full-service product line is well supported by an experienced team of applications and systems specialists. Designed for optimum reliability, compactness and operational simplicity, Baseline - Mocon products meet the growing demand for environmental, industrial hygiene, BTU, well logging and industrial gas analysis.

First established in 1969 as Baseline Industries Incorporated, Baseline - Mocon specializes in the development and manufacture of gas analyzers. Acquired by Mocon in 2001, Baseline - Mocon manufactures and markets a full line of advanced gas monitoring instrumentation. Baseline - Mocon analyzers employ several principals of gas analysis including gas chromatography, continuous monitors and portable instruments. The product line also includes a variety of complimentary products such as multipoint samplers, calibration systems, sample conditioners, support gas generators, and data acquisition systems. Baseline - Mocon products work together to provide a total system solution for virtually any application. The Engineering Services group specializes in the manufacture of scalable, customized monitoring solutions, built to your specification. Baseline - Mocon specializes in the development and deployment of custom solutions for in situ or portable applications. The Baseline - Mocon Engineering Services group includes engineering, applications and software specialists with extensive experience with gas monitoring systems.

Baseline-Mocon, Inc presents the Series 8900 for accurate ETO monitoring - Surveillance system tracks EtO levels providing early warning to potentially hazardous conditions. This allows corrective action to be taken preventing employee exposure due to mechanical or procedural failures. Baseline's Series 8900 combines the selectivity of gas chromatography the sensitivity of a Photoionization Detector (PID) providing interference free response to ethylene oxide at below 0.05 ppm. This analytical method is referenced in OSHA's "Occupational Exposure to Ethylene Oxide; Final Standard" 29 CFR Part 1910. The system documents exposure levels including; time-weighted averages (TWA), short-term exposure limits (STEL) and instantaneous alarms. Areas that are typically monitored include; EtO Sources - gas storage areas, sterilizer doors, aeration doors, and the General Work Area - decontamination, packaging and preparation and sterile product storage areas. An integral sampling system expands the analyzers capabilities to monitor 4, 8 or 16 locations. With the addition of the Series 8950 Multipoint Sampler, you can monitor up to 32 locations.

13.1.7 California Analytical Instruments Inc.

California Analytical Instruments (CAI) is a manufacturer of gas analyzers for automotive emissions measurement and environmental source emission measurements. CAI gas analyzers are used in the measurement of CO, CO₂, NO, NO_x, O₂, SO₂, THC (total hydrocarbons), and TNMOC (total non-methane organic carbon). California Analytical Instruments manufactures a complete line of ambient monitoring and sensing equipment. The products range from FTIR and NDIR to automatic stream selectors to allow complete analysis of indoor air quality, and hazardous compound measurement. A complete product line of gas phase analyzers including photo acoustic IR and FTIR for the measurement of over 500 gases from PPb to percent levels.

Features products: CO, CO₂, SO₂ and CH₄ NDIR Gas Analyzers- The Model ZRH is a single or dual component non-dispersive infrared (NDIR) gas analyzer used for measuring CO, CO₂, CH₄, and SO₂. Parametric and Galvanic Fuel Cell Oxygen Analyzers, Infrared Low CO Gas Analyzer, Total Hydrocarbon Analyzer and Heated Hydrocarbon Analyzer, Chemiluminescent NO / NO_x Analyzer and Heated Chemiluminescent NO/NO_x Analyzer, Propane Verification System, Zero Air Generator, Mini-CEMS. OEM Waterless Chiller Unit, Automatic Gas Divider, Auto Emissions Test Bench.

13.1.8 Campbell Scientific

Campbell Scientific manufactures dataloggers, sensors and measurement systems for environment studies, since decades in weather monitoring.

The TGA200 Trace-Gas Analyzer measures trace gas concentration in an air sample using tunable-diode laser absorption spectroscopy (TDLAS). This technique provides high sensitivity, speed, and selectivity. The TGA200 is a rugged, portable instrument designed for use in the field. Common applications include gradient or eddy-covariance flux measurements of methane or nitrous oxide and isotope-ratio measurements of carbon dioxide or water vapor. The TGA200 concentration measurements can be recorded with a Campbell Scientific datalogger, output as analog voltages, or saved to a PC hard disk (<http://www.campbellsci.com/tga200>).

13.1.9 Chromatotec Group.

Chromatotec Group (Chromatotec Inc. USA, CHROMATO-SUD, France, Airmotec GmbH, Gemany, Airmotec AG, Switzerland)- manufacturers of gas analyzers (fixed or portable) for on site or on line applications such as air analysis, natural gas analysis, petroleum gases analysis and analysis of pure gases. Sulfur compounds analyser in Natural Gas or GPL is a gas chromatograph with an electrochemical detector. Emission Analysis (total hydrocarbon analysis, solvents, VOC and SF₆), Environmental Monitoring (H₂S / Mercaptans and VOC in urban air in PPB and sub PPB levels, BXT, NO₂). Manufacturing control (CO, CH₄, CO₂, permanent gas and sulfur compounds in pure gas). Odourisation control (H₂S, mercaptans, THT in natural gas and LPG).

Instrumentation for air analysis: airmoMEDOR for analysis of H₂S and Mercaptans, 10 to 1000ppb in waste treatment station, in urban air or in working house, airmoBTX for analysis of BTEX in air in the city, in the country or in working house, airmoVOC for analysis of VOC in air in the city, in the country or in working house. Also specific instruments for Chlorinated or nitrogenous compounds and Total hydrocarbons in air.

Instrumentation for gas analysis: H₂S, Mercaptans in natural gas or in liquefied petroleum gases, THT in natural gas or in liquefied petroleum gases, analysis of C₆+ and principal gases of natural gas. CHROMACHROM line instruments for analysis of chlorinated compounds, NO₂, CH₄, formaldehyde, T.H.C, ppb of permanent gas in N₂, CO₂, O₂, Argon and analysis of gaseous components of liquids or solids such as BTEX in sea water and fresh water, toxic VOC in food. CHROMACHROM TCD for analysis of Permanent gases, CHROMABIOGAZ for O₂, N₂ and othes fermentation gases, CHROMACHROM S for analysis of H₂S, COS, Mercaptanes in air. CHROMATRAP for determination of impurities (VOC) in pure gases like N₂, CO₂, O₂ and other gases.

13.1.10 DANI Strumentazione Analitica S.p.A.

DANI is the Italian company, a manufacturer of analytical instruments for gas chromatography and process gas chromatography analyzers. Since 1975 DANI design, manufacture and sale process and environmental control instrumentation as well as laboratory GC for a wide variety of applications. DANI specialise on GC sample handling techniques as well as mobile units for environmental monitoring. Product lines: GC1000, Capillary Gas Chromatography System, STD1000 Sequential Tube Desorber, ALS1000 Automatic Liquid Sampler, BTX900 Automatic BTX Analyzer, and PGC90.50 Process gas Analyzer.

Environmental analysis products: Automatic gas chromatographic analyzer for continuous monitoring of

Benzene and low boiling aromatic hydrocarbons in ambient air, Total Hydrocarbons Monitor and a total non-methane hydrocarbons monitor for both ambient and inert gases, with FID detection. On-line gas chromatograph system for the determination of volatile organic compounds in water. DANI OWA1000 is a totally automatic system for the continuous monitoring of volatile organic compounds such as aromatic hydrocarbons, MTBE or chlorinated compounds in drinkable and mineral water as well as in waste and industrial water. Also a fully automatic sequential tube desorber for high throughput analysis of volatiles and semi-volatiles extracted from sorbent materials or directly from solid matrices.

13.1.11 Delphian Corporation.

Delphian Corporation is a manufacturer of hazardous gas detectors, sensors and monitors. Delphian Corporation specialized in Gas Monitors for Industry, Leak Detection for Alternate Fuel Vehicles, CHC Detection, Hydrogen Sulfide Detection, Carbon Monoxide Detection. Delphian gas monitoring systems are installed worldwide, wherever there exists potential danger from toxic and explosive gases. Products: Hydrogen Sulfide Gas Monitoring Systems, Carbon Monoxide Gas Monitoring Systems, Sulfur Dioxide Gas Monitoring Systems. Portable Gas Detector and Wall Mounted Gas Detector for combustible gases. Also manufactures Sensors for Combustible Gases / Toxic Gases, Transmitters, Control Systems, Flexiracks and Calibration Systems. Delphian's Stand Alone Sensors can be used with virtually any controller, datalogger or computer-based data management systems that accepts a 4-20 mA input. The Stand Alone Sensor includes Delphian's patented SensorSaver Transmitter (which is epoxy coated for complete environmental protection).

13.1.12 Draeger Sicherheitstechnik GmbH.

Draeger is a manufacturer of gas detection instrumentation: from indoor detection systems for determining the presence of airborne contaminants in living and office areas to complex measuring and warning systems for detecting hazardous substances or explosive gases in all branches of industry. Draeger is a manufacturer of portable gas detection instruments, based on three principles to detect gases and vapours, the catalytic Ex-sensor principles, the electrochemical sensor principles and the infrared sensor principles.

Multiwarn II - Portable multi gas detection instrument with NiCd power pack and integrated pump as an option, up to five sensor ports: 1 infrared sensor (CO₂ or Ex) 1 catalytic Ex-sensor and up to three electrochemical sensors for O₂ or Tox / choice from more than 35 different gases, audible and visible alarm. MiniWarn - Personal Gas Measurement with Multiwarn-Functions. microPac - The pocket-sized gas warning instrument for CO, H₂S and O₂.

PAC III - Personal single gas detection instrument with the option of either a rechargeable NiCd power pack, alkaline batteries or lithium batteries for measurement up to 35 different toxic gases and oxygen, audible and visible alarm (ppm, Vol. %). PAC Ex - Personal Ex-single gas detection instrument for measurement of explosive gases and vapors with NiCd power pack, audible and visible alarm (LEL).

13.1.13 ECO PHYSICS AG (Eco Physics, Inc.)

ECO PHYSICS AG (Eco Physics, Inc) is a manufacturer of high quality chemiluminescence NO_x analyzers. Swiss-based Eco Physics AG develops, manufactures and distributes chemiluminescence analyzers for NO, NO₂, and NO_x. Company serves the CEMs, stack testing, automotive, catalyst research, source emissions, background ambient, atmospheric research and medical detection of exhaled NO markets. Product lines: NO_x analyzers for measuring emissions from refineries, power generation, industrial processes and other sources, as well as for combustion research. NO_x analyzers for automotive exhaust emissions. Options include a heated sample inlet for hot, moist engine exhaust, and AK protocol. NO analyzers for ambient level measurements. NO analyzers for exhaled NO with flow measurements. Additional instruments are available for pulmonary function testing and NO free air. Also the 800 series of analyzers, which offer a compact and efficient package of chemiluminescence NO_x measurement with vacuum pump and thermal ozone destruction system built into one convenient housing.

13.1.14 Emerson Process Management.

Emerson Process Management is a supplier of products, services, and solutions that measure, analyze, control, automate, and improve process-related operations. Emerson Process Management (formerly Fisher-Rosemount) specializes in process-automation products and technology as well as measurement, analytical, and control instrumentation. Emerson Process Management offers engineering, consulting, maintenance, and project management services.

13.1.15 ENMET Corporation.

ENMET Corporation is a manufacturer of toxic gas and vapor detectors for industrial health and safety (portable toxic gas detection instruments for health and safety applications). Over 100 gases/vapors can be monitored, ranging from chlorine and hydrogen sulfide to ozone, phosgene, arsine, phosphine and hydrogen fluoride, plus halogenated hydrocarbons, ketones, esters, alcohols, etc. IR based CO₂ monitor. Pocket-size detectors for O₂, CO, H₂S, HC₁, NH₃, H₂S, NO, HCN, SO₂, Cl₂, NO₂, ClO₂, ETO, and O₃, using Smart Block sensor technology with digital display and data logging.

The Smart Block sensor is a new technology that takes a standard sensor and allows interchangeability in an instrument without the need to calibrate each sensor to the instrument. Memory chips in each sensor module hold information regarding sensor type, zero and span calibration information, date of manufacture, and date of last calibration. Typical instrument configurations include combustible, oxygen, hydrogen sulfide and carbon monoxide sensors. The CGS-90R is an extremely versatile three sensor portable gas detector. Broad-range toxic and combustible sensors plus oxygen in a detachable sensor block provide a multitude of monitoring options.

13.1.16 Environnement S.A.

Environnement SA is a manufacturer of conventional and open-path air quality monitors, instrumentation for measurement of gas and dust emissions, on-line water quality analyzers for surface waters, drinking water, industrial water and waste water analysis.

Air analyzers: UV Fluorescent SO₂ Analyzer, Chemiluminescent Dual Channel NO - NO_x - NO₂ Analyzer, CO analyzer, Ozone analyzer, Hydrocarbons analyzer, BTX analyzer (Gas chromatograph with Photo Ionisation Detector, optional Flame Ionisation Detector), Dust analyzer, Calibrators, Data acquisition and Software. A multi-gas, long path, air quality monitoring system- SANOA, based on UV Differential Optical Absorption Spectrometry (DOAS) for simultaneous measurements of a number of important pollutants including criteria pollutants and Volatile Organic such as BTX and Formaldehyde.

Stack emission analyzers: MIR 9000 Multi-Component Infrared Analyzer (HCl / NH₃ / SO₂ / CO / CO₂ / N₂O / HC / CH₄) and Single Gas analyzers with and without dilution, Sec Probe and Dilution Probe gas sampling systems, BETA5M Dust analyzer and Stack Flow Rate and Temperature measurement.

Water analyzers: Specific Ions Analyzers by Selective Electrode (NH₄⁺, NO₃⁻, CN⁻, F⁻, Ag⁺, Ca²⁺, Na⁺, etc.), Total Organic Carbon Analyzer by Selective Electrode, Polarographic heavy metals analyzer, Infrared Spectrophotometric Hydrocarbon Analyzer, AUTO-MICROTOX Automatic Bioluminescent Bacteria Analyzer for Acute Toxicity, Multi parameters (T[°], pH, dissolved O₂, conductivity) analyzer and Permanent sampler.

13.1.17 Galvanic Applied Sciences Inc.

Galvanic Applied Sciences (formerly Galvanic Analytical Systems) is the process analytical instrument company. Galvanic Applied Sciences manufactures process analytical and control instrumentation for the natural gas industry (process on-line gas chromatograph for natural gas BTU measurement, natural gas flow and pressure measurement system, H₂S and total sulfur in natural gas analyzer), chemical and petrochemical industries (gas chromatographs - sulphur analysers for lab and process sulphur measurement, H₂S and total sulphur in liquids analyzer, on-line amine analyzer), emissions monitoring (continuous emission monitoring systems, CEMS), water treatment process (water quality monitors). Galvanic Applied Sciences is a manufacturer of equipment, instruments, systems for composition measurement for gases and liquids, continuous natural gas analysis, sulphuric gases analysis, determination of hydrogen sulphide and total sulphur levels in process gas streams and liquids,

measurement of the both rich and lean amines content in process gases.

Galvanic Applied Sciences manufactures at-line, in-line, on-line gas chromatographs (GC systems with sulfur chemiluminescence detector), GC natural gas analyser, infrared gas analyzer (CO₂, CH₄, and CO analyzer), volume correctors and pressure recorders for the natural and process gas streams, in-line viscometers, in-line optical and acoustic transmitters for process liquids. Galvanic Applied Sciences manufactures the lead acetate series of total sulphur analyzers for low-level sulphur measurement in pipeline and process gases, the acid gas analyzer system for continuous and accurate determination of the hydrogen sulphide concentration in the sulfur plant inlet acid gas stream, and the sulfur plant tail gas analyzer system.

Galvanic Applied Sciences manufactures equipment, instruments, systems for continuous viscosity measurement of liquids (the Nametre in-line viscometers, viscosity sensors and transmitters), continuous turbidity, suspended solids and color measurements of liquids (the Monitek in-line turbidity, suspended solids and color monitors and sensors). Galvanic Applied Sciences manufactures the Tytronic dual wavelength UV-Color analyzer provides accurate measurements of dissolved organics and colored species in drinking water, process water, surface water, wastewater).

13.1.18 Gemini Scientific Instruments.

Gemini Scientific Instruments is a manufacturer of universal gas sampling accessories for infrared spectroscopy (gas sample cells compatible with any infrared spectrometer). Gemini Specialty Optics manufactures a wide range of gas sampling accessories. Gemini Satellite Technology extends the dynamic range of the spectrometer for gas analysis by providing short and long pathlengths in a single accessory. EndeavIR Gas Sampling Stations incorporate the most advanced features for gas sampling into complete solutions for use with FTIR spectrometers. Cells are provided in many combinations of pathlengths and volumes from a variety of cell hardware and optical materials.

Ultra low-volume multi-pass and single pass gas sample cells - Pathlengths from 10cm to 2.5 meters. Low volume, long path cells - Pathlengths from 1 meter to 6.5 meters. Room temperature or high temperature operation up to 200C. Standard cell holders for FTIR sample compartment mounting, or transfer optics and mounting fixture for any FTIR spectrometer.

Moderate volume long path gas cells. Pathlengths from 10 meters to 20 meters. Room temperature or high temperature operation up to 200C. Fixed or variable pathlength. Custom baseplate and transfer optic interface for any FTIR spectrometer.

Ruggedized industrial-strength long path gas absorption cells. All-metal construction of either nickel coated aluminium, or stainless steel (passivated or electropolished). Pathlengths from 1 to 20 meters. Pressures from vacuum to 125 p.s.i. Designed for highly demanding or corrosive applications.

Research-grade long path gas cells from 50 meters to 100 meters or more. Custom transfer optics and mounting hardware for center-focus or side port use on spectrometer systems. Cell body materials are borosilicate glass or Quartz.

13.1.19 GOW-MAC Instrument, Co.

GOW-MAC Instrument is a manufacturer of gas chromatographs, gas analyzers, specialty gas handling systems, custom analytical instruments, detectors and filaments, gas chromatography accessories, data handling equipment. A range of solutions for bulk and specialty gas handling and gas analysis. Specialty gas handling solutions: analytical instrumentation package labs, high purity control panels, cylinder processing systems, and manifolds. Custom gas analyzers. Moisture analyzers, total hydrocarbon analyzers, binary gas analyzers, gas leak detectors, and GC detectors (TCD, DID, FID).

GC instruments: The custom configured GC for analysis of electronic gases, specialty gases, high purity gases, petrochemical refinery gases, with guaranteed analysis according GPA, ASTM, and OSHA methods. Basic GC units for colleges and universities to quality control and research laboratories. Gas Chromatographs for specific application features flexible instrument design permits selection of injection mode, column type, detector and flow system to accommodate specific application requirements, including corrosive or high O₂ content.

Gas analysis instrumentation (gas analyzers): GOW-MAC Thermal Conductivity Gas Analyzers for pure gases and binary mixtures of gases. Continuous Gas Analyzer with TC detector for continuous monitoring of gas streams for low PPM impurity. Total Hydrocarbon Gas Analyzers for continuous measurement concentration of hydrocarbons in a gas stream. The analyzers can be used for other analyses such as engine exhaust monitoring, stack emissions and environmental studies. Portable Binary Gas Analyzer - the rugged, battery operated instrument for the on-site quantitative measurement of binary gas mixtures.

13.1.20 HORIBA.

Horiba group of companies is the manufacturers of scientific instrumentation, laboratory, portable and process analytical instrumentation, water-quality measurement devices, engine emission measurement instrumentation (automotive exhaust analyzers), environmental pollution monitoring instrumentation, process control instrumentation and particle characterization instrumentation.

Water Quality Analyzers: Horiba is a manufacturer of laboratory, portable and process water-quality measurement devices, ranging from high-precision pH meters to water-quality monitoring systems.

Environmental pollution control instrumentation: ambient CO monitor, ambient HC monitor, ambient NOx monitor, ambient O3 monitor, ambient SO2 monitor, BTX analyzer, fluoride analyzer, mobile air pollution monitoring laboratory, portable VOC analyzer MS-200, stack gas analysis system, stack gas analyzer, sulfur-in-oil analyser and ultraviolet fluorescence method sulfur analyzer, x-ray fluorescence sulfur analyzers, water quality checker and water quality monitoring system, oil content monitors (OCMA-series analysers for continuously measuring and monitoring oil content in water), organic pollutant monitor.

Engine Emission Analyzers: 5-Gas bench measures CO, unburned HC (as n-hexane), and CO2 using single-cell NDIR with options for O2 and NO measurement. NO Optical bench measures NO concentrations with NDIR technology. Portable emissions analyzers measure several combinations of CO, HC, CO2, AFR, Lambda, and O2. Lambda Checker directly measures excess air ratio (Lambda) with fast-response UEGO sensor. A/F, Lambda, O2 Analyzer uses fast-response UEGO sensor for wide-range measurements of air-to-fuel ratio (A/F), excess air ratio (Lambda), and oxygen concentration. Portable NOx Analyzer uses direct-insertion UEGO sensor for NOx measurement from diesel and lean-burn engines. System Analysers such as a MEXA-7000 analyzers provide high-accuracy and fast-response analysis of regulated and unregulated constituents.

Mobile Air Pollution Monitoring Laboratory- Horiba's atmospheric monitoring vehicle is a mobile unit for assessing environmental conditions, monitoring air pollution, and providing support for fixed measurement stations. Despite its compact size, the vehicle is fully equipped with all the instruments necessary for monitoring atmospheric pollution.

13.1.21 INFICON, Inc.

INFICON Inc. (formerly Leybold Inficon Inc) is a manufacturer of field portable analytical instruments for on-site environmental monitoring and process instrumentation for analysis, monitoring and control. INFICON Inc manufactures specialized instruments such as in-situ gas analyzers and sensors for semiconductor, thin films and other manufacturing processes; helium and halogen leak detectors for vacuum and AC & refrigeration applications; vacuum gauges for total pressure measurement; and field-portable gas chromatograph - mass spectrometer for environmental testing. INFICON Inc manufactures a variety of field portable and process gas analyzers (gas analysis instruments) includes: Quadrupole mass spectrometers (RGA) for monitoring and controlling residual gases in vacuum environments used for semiconductor manufacturing and other processes, high-end quadrupole mass spectrometers for research, and plasma process monitors for plasma diagnostics. The Transpector Gas Analysis System provides superior levels of performance for process control, including multiplexing, PPM analysis and even reliable in situ CVD process monitoring. Featured products:

The HAPSITE - Field portable gas chromatograph - mass spectrometer (GC-MS) for on-site environmental characterization and monitoring, air pollution analysis, easy and dependable on-site analysis of volatile organic compounds (VOC). Battery-powered, lightweight, and weatherproof, HAPSITE can speciate and quantify VOC in minutes, significantly reducing the cost, time, and difficulties of environmental testing.

13.1.22 Infrared Analysis, Inc.

Infrared Analysis, Inc specializes in the measurement of gases. Infrared Analysis, Inc is a manufacturer of long pass gas cells, quantitative database, infrared gas analysis software, and automated measurement system allows real time monitoring of hundreds of gases simultaneously down to ppb levels. Infrared Analysis, Inc manufactures long path cells for gas measurement, with optical paths from 1 meter to 1 kilometer. Supplies database of infrared gas phase reference spectra for quantitative analysis and QASOFT automated and user-interactive computer programs for measuring and reporting gas concentrations. Adjustable-focus retro-reflector and multiple-pass optics for open path gas measurement. Infrared Analysis, Inc is a supplier of complete analytical systems for FT-IR multi-component gas analysis that work both in extractive mode and open path mode. Infrared Analysis will supply a ready-to-use gas handling system with one of its absorption cells.

13.1.23 J.U.M. Engineering GmbH.

J.U.M. Engineering GmbH is a manufacturer of high temperature FID analyzers (heated FID) includes: total hydrocarbon analyzers, non-methane hydrocarbon analyzers, stack emissions analyzers based on the FID principle, sample handling and gas conditioning instruments, aerosol can leak detectors, process oil in water monitors for detection of diesel oil, jet fuel and oil in water. J.U.M. Engineering GmbH manufactures a whole range of analyzers including wall mount analyzers, portable "All In One" analyzer, FID analyzer is especially designed for the measurement of total hydrocarbons in live hot and wet steam; comes fully equipped to be connected to the steam source via a heated line and 19" rack mount analyzer; ideal for low trace hydrocarbon applications and CEM systems with pressurized sample or existing sample handling.

High Temperature Non-Methane Hydrocarbon FID Analyzer and High Temperature Non-Methane / Non Ethane FID Analyzer. J.U.M. custom fits total hydrocarbon analyzers for nearly every THC application in the industry by using standardized modules from a broad range of more than 15 different basic HFID analyzers. The New Heated Total Hydrocarbon Analyzer with Methane-Only Option- The J.U.M. Engineering Model VE 7-09A Total Hydrocarbon analyzer is a compact, rugged 19" rack mount analysis system using the FID (Flame Ionization Detector) principle.

Oil in Water Monitor FP 605 Series- Model FP 605 reliably detects diesel oil, jet fuel and oil in water. The FP 605 is a continuous, on-line, process or field control monitor which provides oil monitoring in water down to the low ppm range. The FP 605 is used for applications which require oil monitoring in treated and untreated wastewater streams. This could be from industrial wastewater, groundwater, process water, produced water and storm water run-off.

The Model FP 605 is available either with or without sample pump as a Stationary Wall Mount unit or as a Stationary 19" Rack Mount unit or as a Portable Field Analyzer.

Also J.U.M. Engineering manufactures: Heated sample handling systems, Flexible heated sample lines, Heated multi-point sample sequencers, Non-Methane Hydrocarbon Cutter module, Zero Air Generator, Portable Heated PreFilter and Rack Mounted Heated PreFilter, Burner Air Supply and Heated Sample Diluter for use with HFID analyzers in applications with hc-concentrations greater than some 10.000 ppm.

13.1.24 K2BW Environmental Equipment Co.

K2BW Environmental Equipment Company is a manufacturer of emission monitoring products, include continuous emissions monitoring systems (CEMS), gas sampling equipment and gas analyzers for critical industrial applications. K2BW Environmental Equipment Co manufactures continuous emission monitoring systems, atmospheric corrosion test stations, specialty gas monitoring systems, microprocessor-based heated total hydrocarbon analyzers, heated NDUV sulfur dioxide analyzer, heated NOx analyzer, gas analyzers for CO, CO₂, O₂ with powerful microprocessor functions (RS-232 control, automatic start, self-diagnostics), heat traced sample lines, gas sampling probes, heated prefilters, CEMS controllers. Also custom-manufacturing of continuous emissions monitoring systems, gas sampling system components (sample probes, controllers), atmospheric corrosion test systems (ASTM Mixed Flowing Gas Method). K2BW Environmental Equipment Company is the U.S. distributor for Signal Instruments (UK), manufacturer of advanced technology gas analyzers.

K2BW CEMS capabilities include: Single and multipoint gas emissions monitoring systems for NO, NO₂, NO_x, SO₂, O₂, CO, CO₂, THC, HCl. Mobile emissions monitoring trailers and transportable enclosure CEMS. Heated total hydrocarbon emissions monitoring systems per Method 25A. Industrial source and research facilities emissions testing equipment. Custom data acquisition (DAS), control and reporting. Guaranteed performance certification and compliance with USEPA and state agency requirements.

Gas Analyzers: K2BW Environmental Equipment Company is a stocking distributor for Signal Instruments, UK manufacturers of microprocessor-based gas analyzers, gas dividers, sample handling and support equipment. Signal Instruments offers a complete product line of compact microprocessor-based gas analyzers. Measured gases include carbon monoxide, carbon dioxide, sulfur dioxide, oxides of nitrogen, oxygen and hydrocarbon gases.

Services: K2BW Environmental Equipment Company offer complete source monitoring expertise including CEMS applications engineering, upgrades and installation. Single-source supplier of gas analyzer parts and service support. Complete in-house gas analyzer repair and calibration lab. Customized CEMS maintenance support agreements and customer training. Specialized in 24-Hour CEMS emergency service & on-site field service. Other services: Rental Gas Analyzers supplied to your site with the right accessories. Used Emissions Monitoring Equipment bought or sold on consignment. Specialty gas analyzer systems for research, product testing. Temporary emissions and gas monitoring projects.

13.1.25 Kipp & Zonen.

Kipp & Zonen is a manufacturer of measuring instruments for use in meteorology, climatology and industry, atmospheric monitoring systems such as open-path gas monitors, and meteorological sensors. Kipp & Zonen manufactures a complete range of ISO and WMO class meteorological radiation sensors and accessories that cover the full solar spectrum, from UV through the far infrared (FIR). These sensors are widely used in various applications of climatological research and routine solar radiation measurement.

Kipp & Zonen manufactures a wide array of recording and data acquisition instruments used by the chemical, construction, power generating and transport industries. In addition Kipp & Zonen manufactures tank gauging product servicing a niche market in oil and gas sector.

13.1.26 Kore Technology Limited.

Kore Technology Limited is a manufacturer of scientific and analytical instruments for time-of-flight mass spectrometry: field portable TOF-MS for air and gas analysis, TOF-SIMS for surface chemical analysis, BIOTOF-SIMS chemical imaging time-of-flight mass spectrometer for life sciences, TOF mass spectrometry components and electronics (reflectrons, time-of-flight spectrometer power supplies and timing electronics - time to digital converter). Kore Technology Limited manufactures a various modules to assist in building time-of-flight data acquisition systems. Kore Technology Limited specialises in the development and supply of innovative time-of-flight mass analysers to detect and measure ultra-low level contaminants and time-of-flight instrument upgrades (service and upgrade old Kratos TOF-SIMS and VG TOF-SIMS). Kore Technology Limited is a manufacturer of sample handling equipment and stages (the rotating stage and other sample handling products). Kore Technology Limited also manufactures

Cassegrain lens (this all-metal reflecting optics lens was originally designed as a long working distance, in-vacuum, on-axis lens yielding sub-micron diameter spot sizes for laser microprobe mass analysers).

Featured products: The MS-200 Portable Mass Spectrometer is a field portable, battery powered TOF mass spectrometer for gas analysis entirely contained in a single case. MS-200's membrane inlet concentrator allows a wide range of gases to be identified and measured from the low p.p.b. range up to percent levels. Automatic mixture analysis software in the MS-200 eliminates the need of a GC interface. The MS-200 uses electron impact ionisation, yielding spectra that correspond to extensive and well established mass spectral databases.

13.1.27 Mercury Instruments GmbH.

Mercury Instruments GmbH is the analytical instrument company, manufacturer of laboratory mercury analyzers, process mercury analysers, continuous emission monitors for measurement of mercury in air and other gases, mercury cellroom monitoring systems. Mercury Instruments GmbH also manufactures calibration gas generator for mercury analysis. The instruments are designed both for the laboratory and harsh industrial environments, provided measurement of mercury in air and other gases, "cold vapor atomic absorption spectroscopy" (CVAAS) mercury determination in soil, geological samples, waste samples, food and medical samples, on-line determination of mercury in liquids, monitoring of cellroom and cellroom ventilation air, continuous emission monitoring for mercury in stack gases.

13.1.28 Midac Corporation.

Midac Corporation is the FTIR spectroscopy instrument company, manufacturer of lab benchtop FTIR spectrometers and industrial, process, on-line FTIR spectrometers - gas analyzers. Midac Corporation manufactures universal laboratory FTIR spectrometers and application-specific analytical systems: in-line, on-line FTIR systems for gas analysis, process analyzers for moisture in corrosive gases (moisture in gas analysers), open-path air monitoring system for continuous emissions monitoring, remote analysis of stack gases (open-path FTIR CEMS), mobile air monitoring system (long-path FTIR air analyzer).

13.1.29 MIL-RAM Technology, Inc.

MIL-RAM Technology Inc is the gas detection instrument company, manufacturer of sensors and dependable controllers are designed to monitor and detect hazardous gases, toxic and combustible gases for environmental protection and process controls, as well as oxygen deficiency for personal safety. Mil-Ram Technology, Inc develops its own sensors and designs and packages custom systems using the Tox-Array sensors. There is a sample-draw option for areas that are too hot or too cold to detect gases by diffusion. Also available is a Pyrolyzer for detection of chlorofluoro-carbons (Freons) and other compounds. The D. DAS 1536 (Digital Data Acquisition System) is offered for multi-point systems with capacity of 1536 points.

The Tox-Array sensors will be detect: NH₃, AsF₅, AsH₃, BCl₃, BF₃, Br₂, CO₂, CO, Cl₂, ClO₂, LEL, B₂H₆, SiH₂, Cl₂ F₂, GeH₄, N₂H₄, H₂, HBr, HCl, HCN, HF, H₂O₂, H₂Se, H₂S, CH₂Cl₂, HNO₃, NO, NO₂, NF₃, O₂, O₃, COCl₂, PH₃, SiH₄, SO₂, C₂HCl₃, C₂Cl₄, H₂SO₄.

The Tox-Array sensors, developed by Gary Milco at Mil-Ram Technology, are the next generation in the time-proven electrochemical gas detection technology. The chemically selective sensors do not react with air, have no zero drift, are not sensitive to changes in temperature, humidity or pressure eliminating false alarms, and stay awake when gas is absent. Response time is 30 seconds to ninety percent and recovery is less than 15 seconds even when exposed to high gas levels and have over three years no maintenance life for each factory charge.

13.1.30 MSA (Mine Safety Appliances Company) Instrument Division.

MSA (Mine Safety Appliances Company) Instrument Division develops and manufactures portable and continuous gas-monitoring instruments for worker protection and environmental monitoring (combustible gases and toxic gases detectors, sensors, monitors), using sensing technologies from electrochemical and infrared to ion mobility spectroscopy. MSA (Mine Safety Appliances Company) Instrument Division also manufactures and supplies medical instrumentation to protect healthcare employees from hazards in the workplace and instruments for monitoring patients.

Portable instruments are small hand-held units that detect and monitor hazards in the environment, alerting workers of possible trouble. Some portable units are used intermittently to check for combustible gases, toxic gases, and oxygen. Sampling pumps continuously monitor a work shift to determine the exposure to airborne contaminants like asbestos fibers, particulate, coal, or silica. Before entering confined spaces, workers use portables to check for hazardous conditions. The 3-button Passport Personal Alarm - the most popular portable gas detector, can monitor up to 5 different gases with internal sensors, yet it is simple to use. With the optional pump module, you can draw gas samples from confined spaces or remote areas. The Passport PID Organic Vapor Monitor is primarily used for detecting low concentrations of volatile organic compounds, found at soil remediation sites, or while conducting fugitive emissions monitoring. A built-in pump draws the gas through a 10-foot sample line.

The best way to monitor for dust, fibers, or particulates is to pump the ambient air through a filter or other collection medium. At the end of the work shift or time period, the additional weight of the filter indicates the condition of the ambient air. The compact, lightweight, and quiet sampling pump uses a unique measurement technique to control the air flow precisely. MSA's hand-operated Kwik-Draw Pump is an inexpensive way to make that check with detector tubes that show the gas concentration by the length of chemical stain after a precise gas sample is passed through them. Over 120 different gases and vapors can be quickly checked in this way.

Mine Safety Appliances Company, MSA, is a manufacturer of a complete range of equipment and systems for workers and plant protection. These products include respirators, respirator cartridges, gas masks, riot control products, fire helmets and shields, self-contained breathing apparatus (SCBA), thermal imaging cameras, hard hats, head protection, fall protection products, harnesses, lanyards, lifelines, confined space equipment, training and consulting services, hearing protection, eye & face protection, monitors, portable instruments, permanent gas detection equipment, and mining products.

13.1.31 O.I. Corporation.

O.I. Corporation (OI Analytical) designs, manufactures, markets, and supports analytical instruments used for sample preparation, detection, and measurement of chemical compounds. Products: GC Detectors, GC Analytical Systems, GC Sample Introduction Devices, GC Continuous Monitoring Systems, TOC Analyzers, Water Analyzers, Meters, Probes, Microwave Digestion Systems, Automated Ion Analyzers, Cyanide Analyzers, Gel Permeation Chromatography Clean-up Systems, Soxhlet Extraction Systems, Software and Accessories.

O.I. Corporation (OI Analytical) is a manufacturer of compound specific/high sensitivity detectors for HP GC's such as PID, ELCD, PFPD and XSD. Software is included for control of the detectors and which will run on Asterix HP Chemstations. Also provides a variety of sample prep instruments such as automated Purge and Trap and Headspace Concentrators compatible with the HP6890.

O.I. Corporation (OI Analytical) is a manufacturer of Complete GC Systems: VOC System, BTEX System, Pesticides Analysis, Fluorinated By-Product Analyzer (FBA). The complete new line of GC detectors designed specifically to be fully integrated into the HP 6890 includes: XSD Halogen Specific Detector for halogenated compounds, ELCD Electrolytic Conductivity Detector for halogen, sulfur, or nitrogen based compounds, PFPD Pulsed Flame Photometric Detector for the selective detection of sulfur and phosphorus compounds and is capable of being optimized for the selective detection of 28 specific elements. Photoionization Detector. Also tandem detectors like the tandems PID/ELCD, PID/FID, PID/XSD.

GC Sample Introduction Devices- Purge-and-Trap Sample Concentrator, Headspace Autosampler, GC Liquid Autosampler, Purge-and-Trap Water Autosampler, Purge-and-Trap Water/Soil Autosampler,

Discrete Purging Multisampler, Desorber Accessory, PSM Process Sampling Module, Automated Multipoint Process Sampler, MicroTrap for Purge-and-Trap.

GC Continuous Monitoring Systems- The Model FM-2000 Continuous Air Monitoring System is designed for continuous operation (24 hours/day), easy transport, applications flexibility, and ruggedness and reliability in both field and fixed-site applications. The Model FM-2000 is a modular and extremely flexible system, easily customized for specific monitoring needs and requirements. The interchangeable GC module is easily switched in and out of the instrument in less than one minute, with no tools required. Plug-in GC modules for easy reconfiguration and service. Flexible temperature-programmed automatic gas chromatograph with choice of detectors: FID, PID, FPD, XSD, PFPD, tandem FID/FPD, PID/FID, or PID/XSD.

O.I. Corporation (OI Analytical) introduces the new S-PRO 3200 series of GC Systems dedicated to the analysis of sulfur compounds in gaseous and Liquefied Petroleum Gas (LPG) streams.

13.1.32 PID Analyzers LLC.

PID Analyzers, LLC manufactures field portable, laboratory and process online analytical instruments for monitoring of VOC's in Air, Water and Process Streams. PID Analyzers, LLC is a manufacturer of field portable analytical instrumentation, continuous monitoring instruments, X-Ray fluorescence spectrometers, field portable, laboratory and process gas chromatographs.

Laboratory analytical instruments and portable instruments for environmental monitoring: field portable gas chromatograph, portable photoionization detectors for the measurement of VOC in air. A line of battery operated, handheld meters for the measurement of pH, NH₃, F, NO₃, S, Ag, CN, Cl, dissolved O₂, and conductivity. Portable pH-meter / Ion meter, Dissolved O₂ Meter, and pH-meter / Conductivity meter. X-Ray Fluorescence Spectrometers with an electronically-cooled detector, 24-position sample tray, simultaneous analysis from Na to U and Windows operating environment. The model XR1000 is a compact, X-Ray tube excited instrument and does not require liquid nitrogen for cooling.

Analytical instruments for gas chromatography: The Model 301-A compact and transportable automatic GC with choice of PID and 5 other detectors (FUV, TCD, FID, FPD, ECD) for continuous monitoring for PEL, leaks, stacks, process- interfaces with process control computers. The Model 501-A Process GC with remote diagnostics, remote control, choice of PID and 5 other detectors (FUV, TCD, FID, FPD, ECD) for continuous monitoring for PEL, leaks, stacks, process- interfaces with process control computers. An automated, multi-point continuous GC monitor can monitor 10 or 20 sample points. For use at the process fence line or for area monitoring. The Model 311 Portable GC that has temperature programming and Peakworks for Windows software for industrial hygiene, process evaluations, manufacturing, fence line monitoring. The microprocessor controlled HNU Model 311 D portable Gas Chromatograph has a dual detector capability, chosen from four interchangeable detectors - Photoionization (PID), Flame Ionization (FID), Electron Capture, (ECD) or Far-UltraViolet Absorbance (FUVAD). Also the PID Model 52 Ultra-sensitive photoionisation GC detector, can be added to any laboratory GC. PID Model 321 compact Lab GC with temperature programming and Peakworks for Windows software. Also the HNU Model 650 sparging system for analysis of volatile organic compounds (VOCs) in water.

13.1.33 P S Analytical Ltd.

P S Analytical Ltd is a manufacturer and supplier of analytical instruments (elemental analysers), for the analysis of mercury, arsenic, selenium, antimony, tellurium and bismuth at ultra trace levels. P S Analytical specializes in the design and manufacture of instruments for elemental analysis, from individual analysers to automated systems tailored to customer requirements. Manufactures and supplies complete automated systems for the ultra-trace determination of Hg, As, Se, Sb, Te and Bi. These analytical instruments are mainly based on atomic fluorescence spectrometry. Featured products:

The Millennium systems have the ability to detect in widely varying sample concentrations, from a single part per trillion to more than ten parts per million, without the need for instrument adjustment and carryover from one sample to another. Can be coupled to capillary GC and HPLC for the speciation of mercury and hydride forming elements respectively. Continuous On-Line Mercury Analysers. The on-line mercury analyser provided continuous mercury analysis of either liquid or gaseous sample streams from

ppt to ppm levels.

13.1.34 Quad Service.

Quad Service is the European mass-spectrometry instrument manufacturing and mass-spectrometer servicing company, developer and manufacturer of mass spectrometers for gas analysis (MS gas analyzers), analytical equipment and software for mass-spectrometry and GC-MS. Quad Service has taken on all the maintenance activities for DELSI NERMAG quadrupole mass spectrometers and KENOS instruments. Quad Service offers customized services dedicated to the customer's analytical needs. Quad Service also upgrades HP Mass Spectrometers.

Quad Service is a supplier of laboratory and process analytical equipment for air and gas analysis manufactured by CDS Analytical Inc, Detector Technology Inc, Scientific Instrument Services, Inc, Entech Instruments Inc, In Process Instruments, and Pfeiffer vacuum. Quad Service offers analytical solutions for controlling and measuring air and water pollution by GC/MS.

The company produces its own line of products, notably the "On line" gas analyzers- ANAGAZ mass-spectrometry gas analyzer, electrospray source, HP Chem software for mass spectrometer and GC-MS, residual gas analyzer (RGA), and detectors for mass spectrometry. ANAGAZ is an easily transportable quadrupole mass spectrometer which allows the direct analysis of the constituents of all the gases in air. ANAGAZ mass-spectrometers applicable in pollution control, analysing industrial atmospheres, continuous air control, analysing VOC, detecting trace pollutants and contaminants. Process control on-line. ANAGAZ is also provided with the "GazQuant" quantification programs which ensures viable and reproducible quantification of all the components in a gaseous mixture. Customized services gas analyzer rental - Quad Service has a large choice of dynamic ANAGAZ depending on the application for short and long time rental. Featured products:

DYNAMIC ANAGAZ / 1-100, 1-200, 1-300 - The economical solution for on-line gas quantitative analysis, features real time qualitative and quantitative analysis, real time display of pre-selected ions, detection limit 1 ppm, continuous analysis. For laboratories applications but rigid and transportable

DYNAMIC ANAGAZ / 1-800 - Transportable mass spectrometer for high performance analysis, designed to analyze most gas or liquid sample without GC separation. Effective for on-site liquid or gas sample analysis and industrial applications (environmental screening, health and safety control, emission monitoring). Features detection limit < 0.5 ppm (range of ppt using a pre-concentration device) and large choice of database software (NIST, WILEY).

STATIC ANAGAZ - The economical solution for high performance quantitative analysis features accurate quantitative analysis for a concentration range 1-100 ppm and dynamic range from ppm to 100%, high stability and sensitivity for long duration acquisition. Applicable for specialty gas production.

MICROGAZ 800 - The innovative solution for high performance GC-MS. These compact mobile gas chromatograph - mass spectrometer designed for on-site liquid or gas sample analysis, to analyze complex gas samples in less than 160 seconds, rechargeable carrier gas container, large choice of columns and large choice of coupling devices (pre-concentration devices, pyrolyzer, static & dynamic headspace). The mobile gas chromatograph - mass spectrometer can be used as micro GC or on-line MS or GC/MS for on-site environmental sample screening, health and safety control, emission monitoring, quality control and quality assurance.

13.1.35 RKI Instruments, Inc.

RKI Instruments, Inc manufactures, services, and distributes gas detection products ranging from personal single gas units to complex multi-point continuous monitoring systems. RKI Instruments, Inc is the North American subsidiary of Riken Keiki Co, one of the world's largest manufacturers of fixed and portable gas detection instruments and sensors. RKI also develops and manufactures a line of gas detection instruments and accessories to complement the Riken product line. RKI Instruments, Inc manufactures and supplies portable analytical instruments including models for simultaneously monitoring up to 6 gases with internal sampling pump, LEL and PPM ranges for flammables and widest combination of gases (O₂, CO, H₂S, NH₃, AsH₃, CO₂, Cl₂, F₂, HF, HCl, NO₂, O₃, PH₃, SiH₄, SO₂). Fixed Monitoring Systems with variety of controllers and detector heads. Gas detectors based on many sensor technologies, including catalytic combustion, thermal conductivity, electrochemical, infra-red,

paper tape, pyrolyzation, metal oxide and other.

13.1.36 Shimadzu Corporation.

Shimadzu Corporation is one of the world leading analytical and scientific instrument companies, a manufacturer of analytical equipment (gas chromatography, liquid chromatography instruments and systems, portable ion chromatography systems, mass spectrometry, optical spectroscopy, X-Ray spectroscopy instruments and systems, elemental analyzers, thermal analyzers), laboratory equipment (electronic laboratory balances, analytical balances, moisture determination balances - balance moisture analyzers), measuring equipment (calorimeters, moisture meters, viscometers, rheometers, particle size analyzers, force gauges, specific gravity meters), scientific equipment (X-ray, XRF spectrometers, X-ray diffractometers, surface science instruments: scanning electron microscopes, scanning probe electron microscopes), materials testing equipment (material testing machines, hardness tester systems). Manufactures analytical instruments for environmental analysis: ambient air analyzers, toxic gas analyzers, water quality analyzers (oil in water analyzer).

13.1.37 SIEMENS AG. Process Automation and Instrumentation Division.

SIEMENS AG - Process Automation and Instrumentation Division (Siemens Process Analytics) manufactures process gas chromatography instrumentation, process gas analyzers, process liquid analysers and instruments for automotive emission measurement. RGC 202 edition II Gas chromatograph for process and laboratory with temperature programming. PGC 302 edition II Explosion-proof 2-channel process gas chromatograph. PGC 302 edition II - The natural gas analyzer. The PGC 302 edition II for advanced chemical applications. SGC 3000 Compact explosion-proof process chromatograph. Process Gas Analyzers - Rack mounting gas analyzers. Total Hydrocarbon Analyzers. ULTRAMAT Series Gas Analyzers for IR-active Components, Multi Component Gas Analyzers, Gas analyzers for IR active components in field houses. ULTRAMAT / OXYMAT 6E Combination of Oxygen and NDIR Gas Analyzers. OXYMAT Series Oxygen Analyzers. Process Liquid Analyzers for dissolved oxygen measurement, conductivity measurement, redox measurement and pH-measurements. Equipment for automotive emission measurement- OPACIMAT Smokemeter, SIBENCH- NDIR bench for exhaust tester.

13.1.38 Sigrist-Photometer AG.

Sigrist-Photometer AG is a global supplier of process photometers, fluorometers and turbidimeters for continuous monitoring of safety, purity and quality optimization and control of your process steps. Sigrist-Photometer AG has developed a number of systems for eliminating the effects of window contamination under specific measurement conditions (differential measurement method; dichromatic method; color compensation). Features instruments: The DualScat Ex In-Line Turbidimeter for flammable atmospheres. Provides dual-beam measurement for compensation of coloration and window fouling. Single- or dual-angle measurement with one sensor head. Easy installation using in-line housing. Protection class EEx d II. The new Visibility Monitor VisGuard - SIGRIST has redeveloped their visibility monitors following the scattered light principle from scratch. The new VisGuard is the first instrument for this application offering local sampling in the tunnel or sample extraction up to several 100 meters with its two versions In-situ and Extractive. Product lines:

Process photometers- Ozone Meter, UV Absorption/DOC Monitor, Absorptimeters for the visible wavelength range, hinged, bypass and in-line.

Process fluorometers- Oil Trace Monitors for mineral oils, bypass, hinged and in-line, Oil Trace Monitor for mineral oils, with free-fall flow cell.

Dust monitors: Dust Emission Measuring System, Black Smoke Monitor for light oil fired boilers, VisGuard Extractive Visibility Monitor and VisGuard In-situ Visibility Monitor.

Process turbidimeters (for liquids)- Turbidimeters VIS, hinged, bypass and in-line, Precision Turbidimeter VIS, hinged, in-line, DualScat In-Line Turbidimeter and DualScat Ex In-Line Turbidimeter for flammable atmospheres, LabScat Dual-Angle Lab Turbidimeter, WTM500 On-line Turbidimeter (ISO 7027).

Particle monitors- On-line Particle Monitor.

Product monitors- RAMS In-line Product Monitor.

13.1.39 Tekran Inc.

Tekran Inc is the analytical instrument company, manufacturer of laboratory, field portable and process mercury analyzers (continuous monitoring of mercury), calibrators and accessories for mercury analysis. Tekran Inc manufactures a full line of analytical instrumentation for the measurement of ultra-trace amounts of mercury in ambient air, water, and virtually any combustion source). Analytical equipment for mercury analysis:

The Series 2600 Automated Water Analysis System- modular, fully automated total mercury analytical system is Method 1631 compliant.

The Model 2500 Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrophotometry (CVAFS) Mercury Detector has an absolute detection limit of <0.1 pg of mercury.

The Model 2505 Saturated Mercury Vapor Calibration Unit allows calibration of any low level gas phase measurement system.

The Model 2537A Ambient Mercury Vapor Analyzer provides continuous ambient monitoring of total gaseous mercury (TGM) with a detection limit of < 0.1 ng/m³ (25 PPQ vol). The analyzer is suitable for laboratory, field or mobile use and is designed to integrate easily into existing monitoring networks.

The Tekran Model 1130 Mercury Speciation Unit provides the Model 2537A Mercury Vapor Analyzer with the ability to simultaneously monitor elemental and reactive gaseous mercury (RGM) in ambient air.

Speciating Mercury Continuous Emissions Monitor (CEM) - The Series 3300 can measure total, elemental and ionic mercury in virtually any combustion source. The system is sensitive enough to measure levels at any coal fired power plant and is immune to the interferences that plague conventional mercury CEM systems.

13.1.40 Teledyne Advanced Pollution Instrumentation.

Teledyne Advanced Pollution Instrumentation (formerly Advanced Pollution Instrumentation, Inc - API) is a manufacturer and supplier of instruments for measuring pollutants in the atmosphere (ambient monitoring) and in the emissions of various industrial processes (source emissions monitoring). Environmental analyzers for ozone, oxides of nitrogen, sulfur dioxide, carbon monoxide, air pollution monitors, stack monitoring and CEM analyzers. Product lines: Analyzers for ambient and stack levels of carbon monoxide. Analyzers for oxides of nitrogen and ammonia. Analyzers for ambient and industrial levels of ozone. Analyzers for Sulfur Dioxide, Hydrogen Sulfide, TRS. Calibrators and zero air sources.

13.1.41 Teledyne Analytical Instruments.

Teledyne Analytical Instruments offers scientific solutions for chemical analysis problems. Teledyne Analytical Instruments is the analytical instrument company, manufacturer of gas and liquid analytical instrumentation, electrochemical sensors, analyzers, and custom analytical systems for process control, air separation, medical life support systems, and automotive emissions test equipment. Teledyne Analytical Instruments manufactures electrochemical sensors, oxygen analyzers (trace, percent, portable, online oxygen analysers); flue gas and emission monitoring analyzers and systems, process photometric analyzers (UV, VIS, NIR, IR process photometric analysers), carbon monoxide and flammable gas analyzers, trace hydrogen and thermal conductivity gas analyzers, hydrocarbon analyzers, nitrogen oxide emissions monitoring, sensors and detectors. Series IR7000 Non-dispersive Infrared Gas Analyzers. Portable gas analyzers. Teledyne Analytical Instruments offers a wide selection of options and custom systems to support your special needs.

13.1.42 Umwelttechnik MCZ GmbH.

Umwelttechnik MCZ GmbH is the German analytical instrument company, manufacturer and supplier of

gas analysis instrumentation and ancillary equipment for gas analysis, calibration systems for gas analyzers, gas chromatograph for process control, environmental analysis and emission monitoring. Umwelttechnik MCZ GmbH manufactures and supplies gas analyzers, gas chromatograph, gas collectors, calibration systems for gas analyzers, inspection stations and test benches, zero and process gas treatment equipment, gas compounding systems. Air sampler and zero air supply for gas chromatography.

Calibration Systems - Series MK5 / MK10 - The Basic System, a gas blending system with one dilution and one span gas module, to be diluted with bottled span gas. Gas Phase Titration- Reaction of External Span Gas Pre-Mixture with Internally Produced Ozone. Vapor Pressure Saturation- Generating Span Gas Using a Fluid Component Stored in the System. MicroCal 5000- The Calibrating System with Integrated Computer Controls and Data Logger for Gas Analyzing Industry. UV-Basis / Measurement of Ozone Concentration- Direct, UV Photometrical Process to Determine Volume Ratios of Ozone in Span Gas. Span Gas Lab / Span gas generation for the simultaneous calibration of several analyzers.

Gas Chromatograph - The Syntec Spectras GC is the perfect gas analyzer for the computerized measuring of hydrocarbons and other gases in the process technology, in labs, and in the environment analyzing industry. PID detector - optional FID, ECD or WLD. Choose between capillary or packed analysis column. Optional preconcentration unit for measurement ranges starting at 50 ppt (detection limit benzene 0.15 ppb).

Air Sampler - Automatic System for Gas and Dust Samples. The microcomputer controlled air sampler, MicroPNS, is a system for the automatic collection of gases and dust particle samples in adsorbent tubes, bubble flasks and gas mice, or on filters. Up to eight samples can be taken.

Zero Air Supply - Compact Zero Gas Unit with Soundproof Housing for up to 50 L/min. Small Units for the Generation of Zero Gas. The catalytic gas purifier removes hydrocarbons (HC) and CO from compressed air.

Data Acquisition - The MSA interface consists of data acquisition hardware, which is placed between the measuring instruments and calibration systems and the PC.

13.1.43 Varian, Inc.

Varian, Inc is one of the world leading manufacturers of the laboratory, process and portable analytical instrumentation, scientific instruments, vacuum equipment, and contract electronic components. Varian, Inc manufactures a broad array of instrumentation and related equipment for diverse applications. Product lines: Sample Preparation Products, Atomic Absorption Spectrometers, Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometers, Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometers, UV-VIS-NIR Spectrophotometers, Gas Chromatographs, Liquid Chromatographs, Gas Chromatographs / Mass Spectrometers, Nuclear Magnetic Resonance Spectrometers and Vacuum Products.

Varian, Inc offer GC accessories, sample preparation and turnkey systems for Gas Chromatography such as Natural Gas Analyzers and Natural Gas Liquids Analyzer included Extended Analysis of Natural Gas and Natural Gas Liquids, Refinery Gas Analyzer. Also gas chromatographic systems for Dissolved Gases in Transformer Oil (Fast Isothermal Analysis of Transformer Gas), Oxygenates in Gasoline, Aromatics in Gasoline, Simulated Distillation, Detailed Hydrocarbon Analysis and Air and Vehicle Emissions Analysis (The Determination of Vehicle Emissions in Exhaust Gases and Ozone Precursors in Ambient Air with a Built-in Preconcentrator / GC System). Also for CO and CO₂ in Ethylene and Propylene (Determination of Sub-ppm Concentrations of CO and CO₂ in Ethylene and Propylene) and Sulfur Compounds Analysis (Sulfur Compounds in Light Petroleum Liquids by Gas Chromatography and PFPD).

13.1.44 Wasson-ECE Instrumentation.

Wasson-ECE Instrumentation is the chromatography instrument company, manufacturer of specialized turn-key GC analyzers such as: SimDis, NGA, RGA, extended natural gas analyzers, analyzers of impurities in polyethylene and polypropylene, and supplier of second oven additions for GC and GC/MS systems. Wasson-ECE Instrumentation offers process at-line and on-site GC and MS applications all based on Agilent Technologies (formerly Hewlett-Packard) GC systems and mass-spectrometers.

Product offering includes specialty detectors such as OFID and HID, cryoconcentrators, sampling systems, floating piston sample cylinders, gas and liquid autosamplers and scientific engineering services for all specialized project needs. Key markets are process, petroleum, petrochemical, and environmental. Wasson-ECE Instrumentation will work with any data system to provide a complete, turn-key system to the customer which includes standards, columns, data handling and post-run processing.

Providing true turn-key applications through enhanced Hewlett-Packard GC and GC/MS systems. Both custom laboratory and process systems are provided. Featuring valved GC & GC/MS applications with custom columns and hardware add-ons such as secondary ovens and specialty detectors like OFID and HID. Wasson-ECE Instrumentation designs, configures and tests Agilent Technologies (formerly Hewlett-Packard) Gas Chromatographs to be guaranteed turn-key analyzers tailored to meet specific analytical needs. Base platforms that are exclusively Agilent Technologies (formerly Hewlett-Packard), either new or existing 5890 series II or 6890/6850 gas chromatographs. Depending upon the analytical requirements dictated by the customer, Wasson-ECE Instrumentation add important components such as the such as the appropriate columns, valves, plumbing effects, flow control devices, auxiliary column ovens, injection ovens, temperature controllers, and other special devices.

Process Gas Chromatographs- Wasson-ECE Instrumentation manufactures multi-oven, multi-detector, on-line analyzers utilizing Windows-based software customized for customer needs.

Process Liquid Chromatographs- Wasson-ECE Instrumentation supplies modular, reliable solutions for automatic HPLC analysis.

Environmental Monitoring Instrumentation- Wasson-ECE Instrumentation manufactures automatic, at-source analyzers for the continuous monitoring of pollutants in ground water, wastewater, municipal water systems, bio-digestion feed water, flue gas, vent streams and air.

Auxillary Hardware- Wasson-ECE Instrumentation manufactures additional ovens, valving, plumbing, sampling systems, and special detector interfacing. Autosamplers for Gas and LPG- Wasson-ECE Instrumentation provides hands-free, multi-sample automation for gas or LPG phase samples. Floating Piston Cylinders for collecting pressurized liquid hydrocarbon samples without corruption of light weight components. Vaporizer- improves analytical results by accurately vaporizing liquified petroleum samples for introduction via a gas sampling valve. Variable Pressure Sampler- controls the introduction of gas samples at various user selectable pressures to enhance, or test, linearity and expand useful sample dynamic range. Cryoconcentrator.

13.2 Temperature and humidity measurements

These references are only given for information without any guarantee. The client should conform to his/her own procedures of quality control before buying any equipment, and conserve on a defined file or sheet the reasons he/she chose the equipment. Following features should be taken into account: accuracy, bias and drift over time; requirement of calibration frequency; power consumption; time needed to configure, install, remove, and disinfect the equipment; autonomy (data storage, power supply); possibility of on-site control or audit during a measuring period.

13.2.1 Campbell Scientific

Campbell Scientific data acquisition and control products are used worldwide in research and industry. Our products are known for versatility, precision, and dependability—even in harsh, remote environments.

Campbell Scientific provides separately sensors and data acquisition systems. More information can be found on web site <http://www.campbellsci.com>

13.2.2 Kimo

Kimo designs and manufactures instruments for measuring and monitoring air parameters such as pressure, temperature, humidity, air velocity, air flow, air quality, tachometry, sound level.

These instruments -portable or in fixed installation- make measurements in order to:

- ensure the correct operation of heating, ventilation and refrigeration installations, to improve comfort and reduce energy consumption.
- guarantee safety of people, by monitoring environment to avoid the spread of bacteria, gas, etc.. in food industry, laboratories, hospitals, nuclear...
- control and maintain optimal conditions for manufacturing and storage, in industry, museums, agriculture, breeding...
- meet environmental standards and reduce emission of pollutants to the atmosphere.

More information can be found on web site <http://www.kimo.fr/www/index.php4?lang=en#>

13.2.3 Rotronic

ROTRONIC, entreprise familiale suisse créée en 1965 est spécialiste dans la conception et la fabrication d'appareils de mesure de l'humidité relative, de l'activité de l'eau et de la température.

Grâce à son accréditation SCS* et à la technologie de son capteur (0...100%HR, -50...+200°C), ROTRONIC vous propose des solutions standards ou dédiées pour les applications les plus sévères.

13.2.4 Vaisala

Vaisala develop products for industrial and weather measurements. It is a reference for air humidity measurements considering the accuracy and small drift of sensors.

More information can be found on web site <http://www.vaisala.com/>

13.3 Sampling equipment

Sampling equipment should be chosen carefully to avoid:

- interaction with studied gases,
- permeability to these gases,
- emission of compounds (e.g. those used during the production and packaging process) that could interfere with these gases.

13.3.1 SKC Inc.

SKC Inc is a manufacturer and supplier of air sampling products. SKC Inc manufactures a complete line of air sampling equipment, instruments and media including personal sampling pumps, sorbent tubes, filters, bags, passive samplers, calibrators, and direct-reading instruments. SKC Inc manufactures portable instruments: monitor with PID, gas detectors and gas monitors, noise dosimeters and sound

level meters, particulate monitors, heat stress monitors, temperature monitors, humidity meters, moisture monitors, light (lux), portable emission analyzer.

Air Sampling Pumps - A complete line of air sample pumps and constant flow air samplers for industrial hygiene, safety, environmental, occupational health and indoor air quality applications.

Calibrators, battery chargers and sample pump accessories - Primary standard calibrators, soap film flowmeters, rotameters, and smart chargers.

Sorbent Tubes - Sorbent sample tubes and accessories for industrial hygiene, environmental and indoor air quality applications. Portable Pyrolyzer.

Gas Sample Bags (Tedlar and Teflon Bags) - Gas sample bags made of impermeable Tedlar and Teflon film for collecting gas and vapor samples in air. (see <http://www.tedlarbag.com/> for more informations).

Sample bag accessories - the Vac-U-Chamber, and Vac-U-Tube.

Canisters for the passive collection of ambient VOCs from 0.01 to 100 ppb over a period of time suitable for EPA Methods TO-14A and TO-15.

Filters and Accessories - Glass fiber, Mixed Cellulose Ester (MCE), Teflon (PTFE), Polyvinyl Chloride (PVC), and Quartz, filters and filter accessories including filter supports, filter cassette blanks, and filter cassette holders.

Particulate Samplers - Cyclones, IOM, and other dust samplers and dust monitors for collecting respirable, inhalable and total particulate samples.

Impingers - Glass and teflon impingers for collecting airborne hazards into a liquid medium.

Bioaerosol Samplers including the BioSampler, Air-O-Cell cassette, BioCassette, BioStage, and Sterile Swab kit.

Passive Samplers and Diffusive Badges - Validated passive samplers for reliable diffusive sampling of many organic vapors, pesticides and herbicides.

Color Detector Tubes - Gas detector and grab sample tubes and pumps, color detector tubes, long-duration detector tubes, dosimeter tubes and direct-reading gas and vapor monitors.

Reference and Training Materials - useful software for industrial hygienists, safety professionals, and environmental scientists and free step-by-step procedures for various sample techniques.

Air Sampling Guides - SKC guides to air sampling methods. This includes the OSHA, NIOSH, ASTM, Air Sampling Guide, the EPA Air Sampling Guide, the HSE Air Sampling Guide, and the Passive (Diffusive) Air Sampling Guide. SKC supplies all of your needs for sampling and monitoring chemical hazards following OSHA, EPA, NIOSH, ASTM, and HSE air sampling methods in the industrial and workplace environment.

13.3.2 EM-Technik

EM-Technik is an international company that produces small, high quality fittings and connectors made of special plastics. It can provide tubes of various lengths and sections, and fittings for various applications. More informations are available on <http://www.em-technik.com/en/company/>.

14 Annexe C : exemple de mise en œuvre d'une procédure de traçage en bâtiments d'élevage (example of a procedure for tracing in an animal house)

14.1 FICHE 1 : INVENTAIRE DU MATERIEL POUR 1 SITE DE MESURE

ATTENTION : Les matériels indiqués ci-dessous ont été choisis en 2006, dans le cadre du projet CASDAR ACTA-GES, lié au présent projet. Leur liste est donnée à titre indicatif. Leurs spécifications évoluent ainsi que leurs fabricants et leurs modalités de maintenance. Si vous n'avez aucune expérience dans le choix de tels matériels pour vos besoins, nous vous recommandons de prendre contact avec les auteurs de ce rapport pour une mise à jour de ces informations.

Matériel	Fournisseur et références produit
Abri isolé	
Analyseur multigaz (INNOVA 1312 ou 1412-5) + connectique	Autochim "Les Portes de Morangis" 9 avenue des Froides Bouillies 91420 MORANGIS Tél : 01 69 79 61 61 Fax : 01 69 79 61 62 mail : mailto:yamina.duteille@autochim.com
Echantillonneur-doseur (INNOVA 1303) + connectique	
Ordinateur (souris, clavier, écran, unité centrale, câbles d'alimentation et de connexion réseau et RS232)	
Ordinateur portable	
Clé USB	
Onduleur	
Modem	
Multiprise parafoudre	
Enrouleur chantier	
Boîte à outils	
Caisson ventilé	Caisson(s) sur mesure : Sonowest zac Ecoparc 18 r Edison 35760 Montgermont Tel : 02 99 23 72 72 Fax : 02 99 23 77 18 Isolation avec mousse matelas : La maison du matelas z a Ecoparc 6 r Edison 35760 Montgermont Tel : 02 99 23 88 26 Fax : 02 99 23 79 48 Ref mousse : HR40 ou HR 35
Tubes téflon (échantillonnage et dosage)	EM-TECHNIQUE SARL 82 Avenue du Château F-95310 Saint-Ouen-L'Aumone Adresse postale B.P. 7034 F-95051 Cergy-Pontoise cedex Tel: 01 39 09 96 00 Fax: 01 39 09 16 96

	<p>Site internet : http://www.em-technique.fr/ Mail : em-technique@em-technique.fr Ref tuyau prélèvement : tuyau PTFE 3-4 mm 25 m Ref tuyau dosage : Tuyau PTFE 4-6 mm 25 m</p> <p>BELLION TAMPLEU CAPPE (groupe DEXIS) - Rennes (35) ZI route de Lorient - 57 rue Manoir de Servigné 35920 RENNES France Tel : 02.99.14.84.84 Ref tuyau prélèvement : tuyau PTFE 2.5-4 mm 25 m Ref tuyau dosage : Tuyau PTFE 4-6 mm 25 m</p>
Filtre seringue 0.45 µm hydrophile	<p>Site internet : http://www.millipore.com/ (commande en ligne) Ref filtre : Millex SLHA 025 NB</p>
Mille bulles	<p>Air Liquide (Direction Régionale Bretagne-Armor) 139 rte Lorient 35000 Rennes Tel : 02 23 46 18 00 Fax : 02 23 46 18 61 Ref mille bulles : mille bulles détecteur de fuite Réf chariot : chariot oxyflam bleu Ref produit bouteille : Gaz SF₆ pureté N37, bouteille B5 avec pression 17 bars, contenance 0.8m³ Ref détendeurs : BS-GL 20-8-3, type C / kit N°2</p>
Chariot pour 2 bouteilles de gaz	
Bouteille de SF ₆ (location)	
Détendeurs gaz avec boîte de protection	
Raccords inox pour connexion tube téflon sur détendeurs	
Raccord entre 2 détendeurs	<p>France Ouest Fluid System Technologies Parc de la Teillais -Espace Antrium - Rue Jean-Marie David 35740 PACE Tel : 02 99 85 26 26 Fax : 02 99 85 26 18 Site internet : http://www.swagelok.com.fr/</p>
Thermohygromètre (pour l'intérieur et l'extérieur)	<p>Site internet : http://www.testo.fr Ref produit : testo 177-H1</p>
Eponge pour thermohygromètres sans centrale d'acquisition	
Station météo	<p>Station météorologique Vaisala Site internet : http://www.vaisala.com/fr/ Ref produit : transmetteur météorologique WXT510</p> <p>Station météorologique Campbell Site internet : http://www.campbellsci.com</p>
Ventilateurs	Ref produit : 5000 m3/h (diamètre 0.45 m)
Gaine de brassage	<p>Becot Climatique Parc d'activités de Saint-Porchaire – 27, rue Lavoisier BP 41 - 79301 Bressuire Cedex - France Tel : 05 49 74 12 75 Fax : 05 49 74 30 11 Site internet : http://www.becot.com/ Ref gaine brassage : gaine polyane diamètre 0.6m longueur 14 m Ref gaine évacuation : gaine polyane diamètre 0.45 m longueur 20 m</p>
Gaine d'évacuation	
Perçage de la gaine de brassage (même débit par mètre linéaire de longueur de gaine, selon portée de la veine d'air (largeur du bâtiment), longueur de la gaine, débit du ventilateur)	<p>Michel Philibert 23 lot Clos du Poirier 56250 SAINT NOLFF tél. : 02 97 45 41 46 fax : 02 97 45 47 39 Site internet : http://www.maitre-doeuvre-philibert.com/</p>
Résistance pour chauffer les tuyaux d'échantillonnage	<p>Radiospares r Norman King ZA la Vatine 60000 Beauvais Tel : 0 825 034 034 Fax : 0 825 345 000 Site internet : http://www.radiospares.fr/ Ref produit : câble 5BTV2 longueur 20m</p>
Mousse isolante tuyaux d'échantillonnage	Leroy Merlin
Equipement de protection (bottes, côtes, gants, masques à poussière)	<p>FIPROTEC 216 route de Lorient, Parc d'activité AN Orient 35000 rennes Tél 02 23 48 61 61 Fax : 02 23 48 61 62 ou BEAUPLET La Becassière- Mongermont CS 36829 35708 Saint-Gregoire Cedex Tél : 02 99 23 12 34 Fax : 02 99 68 84 42</p>

Cahier de suivi	Noter toutes les opérations de mesure avec le lieu, la date et l'heure
-----------------	------------------------------------------------------------------------

14.2 FICHE 2 : LISTE MATERIEL FIXE ET MOBILE

Version du 08/01/07

Matériel fixe

Lieu rangement	Matériel	Bâtiment
-	Roulotte de chantier (INRA)	1
Halle	Analyseur multigaz (INNOVA 1312) + connectique (INRA)	1
Halle	Echantillonneur-doseur (INNOVA 1303) + connectique (INRA)	1
Halle	Caisson ventilé (INRA)	2
Halle	Ordinateur (souris, clavier, écran) (INRA)	1
Halle	Clé USB(INRA)	1
Halle	Onduleur (INRA)	1
Halle	Système Laplink (INRA)	1
Halle	Multiprise parafoudre (INRA)	2
Halle	Enrouleur chantier (ITP)	2 ou3
Halle	Boîte à outils (INRA)*	1
Halle	Tubes téflon (échantillonnage et dosage) de 50 m (INRA)	10
Halle	Filtre seringue 0.45 µm hydrophile (INRA)	6
Halle	Chariot bouteilles gaz (INRA)	1
Halle	Bouteille de SF ₆ (location) (INRA)	Au moins 2
Halle ou Labo	Thermohygromètre (pour l'intérieur) Testo (INRA)	2
Halle ou Labo	Thermohygromètre (pour l'extérieur) Testo (INRA)	1
Halle	Station météo Ahlborn (ITP)	1
Halle	Ventilateurs avec grille (ITAVI ou IE)	2
Halle	Variateur ventilateur (ITAVI ou IE)	1
Halle	Gaine de brassage (ITAVI ou IE)	2
Halle	Résistance pour chauffer les tuyaux d'échantillonnage (20 m) (INRA)	1
Halle	Mousse isolante tuyaux d'échantillonnage de 1 m (INRA)	-
Bureau	Cahier de suivi (ITP)	1

***Contenu boîte à outils :**

- 1 rouleau scotch orange
- des tournevis
- 1 marqueur
- 1 cuteur
- 1 paire ciseaux
- des colliers de serrage
- 1 pince fine
- des filtres

Matériel mobile entre les périodes de mesures

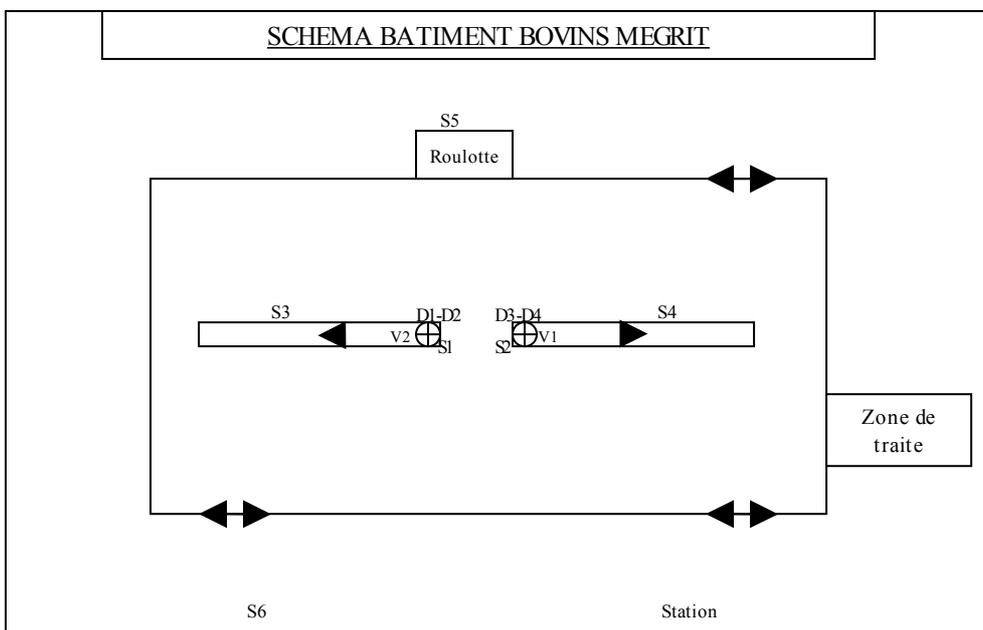
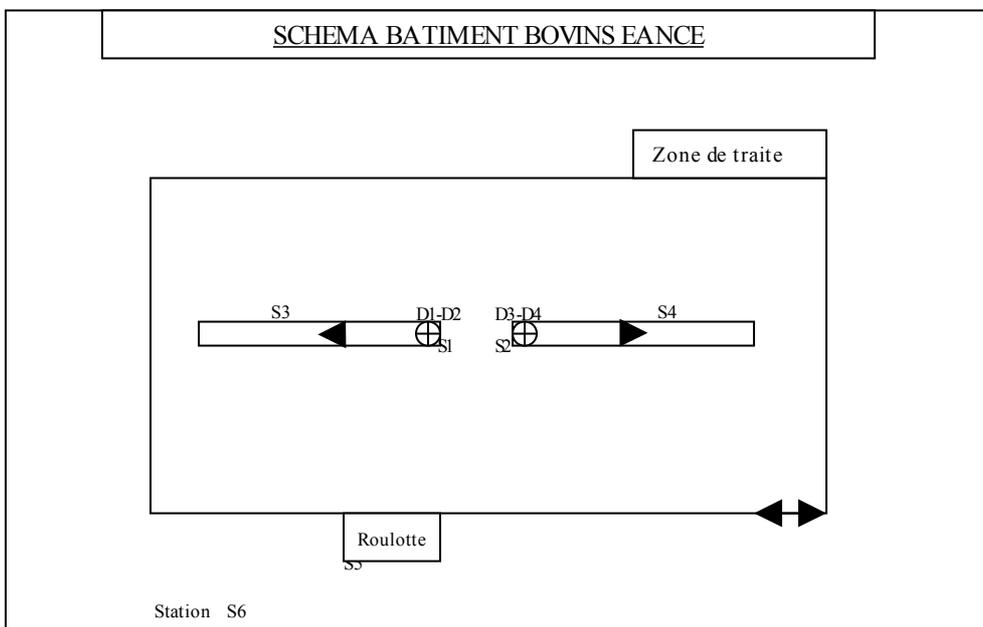
Matériel	Bâtiment
Analyseur multigaz (INNOVA 1312 ou 1412-5) + connectique (INRA)	1
Echantillonneur-doseur (INNOVA 1303) + connectique (INRA)	1
Caissons ventilés (INRA)	2
Ordinateur (unité centrale, câbles alimentation, connexion réseau et RS232) (INRA)	1
PC portable (câble alimentation, RS232 + câble transfert données station météo)	1
Détendeur(s) gaz avec boîte de protection (INRA)	2
Vanne(s) d'arrêt (INRA)	2
Raccord(s) inox pour connexion tube téflon sur détendeurs (INRA)	2
Raccord entre 2 détendeurs (INRA)	1
Mille bulles (INRA)	1

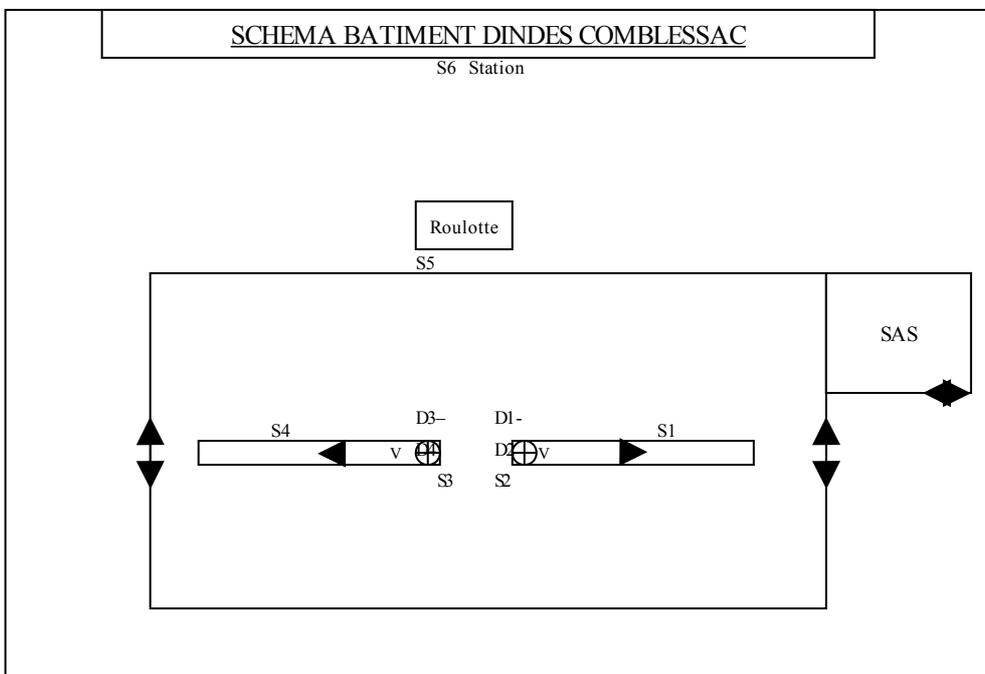
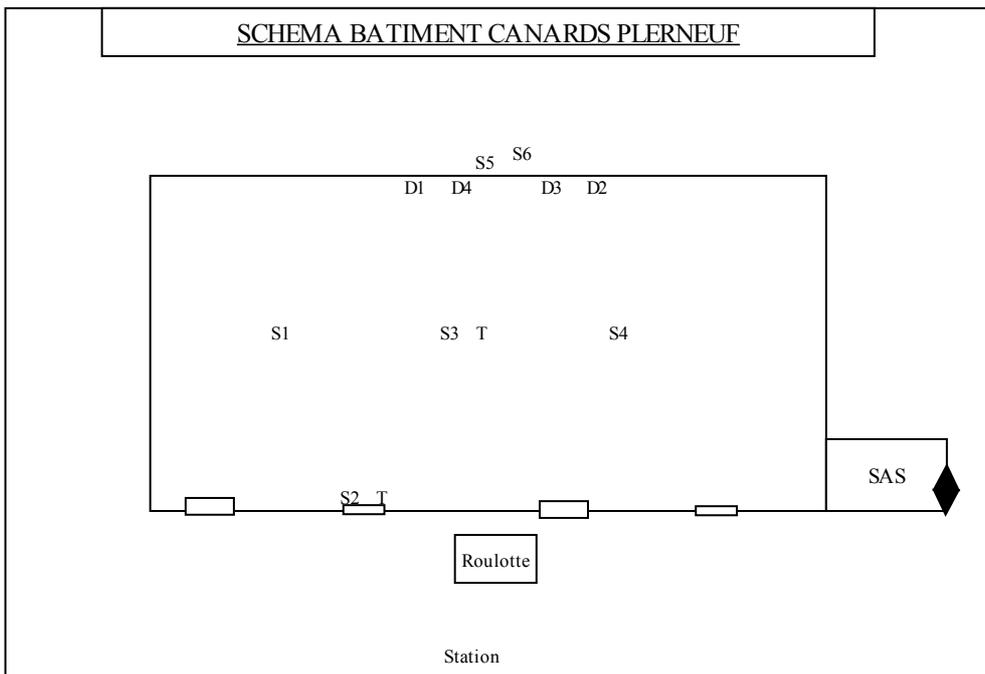
Eponge pour thermohygromètres Testo (INRA) (Testo 580)	1
Interface(s) USB-Testo ou RS232-Testo (INRA)	2

14.3 FICHE 3 : TABLEAU D'AFFECTATION DES VOIES D'ECHANTILLONNAGE & DE DOSAGE

Voies échantillonnage		Voies dosage	
Voie E1	S1	Voie D1	
Voie E2	S2	Voie D2	D1
Voie E3	S3	Voie D3	D2
Voie E4	S4	Voie D4	D3
Voie E5	S5 ext.	Voie D5	D4
Voie E6	S6 ext.	Voie D6	

Sites de mesure :





14.4 FICHE 4A : PARAMETRAGE DU PROGRAMME SANS GAZ TRACEUR

- Ouvrir paramtra avec Bloc notes
- Renseigner les paramètres suivants :

The image shows a list of parameters for a program. The following table summarizes the parameters and their associated callout numbers:

Callout	Parameter Name	Value / Description
1	GES6	"identification de l'expé (4 lettres)"
2	1	"INT-04_1.DAT", "i21x = 1 ou 0 (1 pour comparaison d'horloges ; fichier 21X)"
3	1	"iHHMM=1 ou 0 (1 pour mettre le BK a l'heure du PC)"
4	0	"% buse 1, dosage"
	0	"% buse 2"
	0	"% buse 3"
	0	"% buse 4"
	0	"% buse 5"
	0	"% buse 6"
5	6	"nbvoies(phase dosage)"
	1,00	
	2,00	
	3,00	
	4,00	
	5,00	
	6,00	
6	6	"nbvoies(phase décroissance)"
	1,00	
	2,00	
	3,00	
	4,00	
	5,00	
	6,00	
7	6	"nbvoies(phase heterogeneite)"
	1,20	
	2,40	
	6,60	
	4,80	
	5,100	
	3,120	
8		

- 1 Nom de l'expérimentation « GES6 » pour gaz à effet de serre 2006
- 2 Choix d'une synchronisation temporelle entre l'ordinateur et la station météorologique (1 : Oui, 0 : Non)
- 3 Choix d'une synchronisation temporelle entre l'ordinateur et l'analyseur (1 : Oui, 0 : Non, pas de mise à l'heure)
- 4 Choix du nombre de voies échantillonnées et analysées pendant la phase A
- 5 Choix de ne pas injecter de gaz traceur
- 6 Choix de ne pas avoir de phase A
- 7 Choix de ne pas avoir de phase B

- 1 Choix du nombre de mesures dans la phase C, de l'ordre de prélèvement des voies d'échantillonnage et du temps passé par voie. (Ici, voie 1 de 0 à 20 min, voie 2 de 20 à 40 min, etc.) On alterne les prélèvements entre les voies extérieures et les voies intérieures car si il y a un changement brutal de concentrations (à l'extérieur ou à l'intérieur), il ne faut pas le manquer.
 - **Enregistrer le nouveau fichier paramtra**
 - **Enregistrer une copie sous un nom différent, spécifique, de façon à garder une trace du fichier utilisé pour chaque séquence de mesures.**

14.5 FICHE 4B : PARAMETRAGE DU PROGRAMME AVEC GAZ TRACEUR

- Ouvrir paramtra avec Bloc notes
- Renseigner les paramètres suivants :

①	—	GES6, "identification de l'expé (4 lettres)"	
②	—	0, "INT-04_1.DAT", "i21x = 1 ou 0 (1 pour comparaison d'horloges ;	
③	—	fichier 21X)"	
	—	1, "iHHMM=1 ou 0 (1 pour mettre le BK a l'heure du PC)"	
	—	0, "% buse 1, dosage"	} — ⑤
	—	30, "% buse 2"	
	—	30, "% buse 3"	
	—	0, "% buse 4"	
	—	0, "% buse 5"	
	—	0, "% buse 6"	
④	—	6, "nbvoies(phase dosage)"	
	—	6,20	} — ⑥
	—	2,40	
	—	4,60	
	—	5,80	
	—	1,100	
	—	3,120	
	—	6, "nbvoies(phase décroissance)"	
	—	1,10	} — ⑦
	—	3,20	
	—	2,30	
	—	5,40	
	—	4,50	
	—	6,60	
	—	6, "nbvoies(phase heterogeneite)"	
	—	1,10	} — ⑧
	—	2,20	
	—	6,30	
	—	4,40	
	—	5,50	
	—	3,60	

- ① Nom de l'expérimentation « GES6 » pour gaz à effet de serre 2006
- ② Choix d'une synchronisation temporelle entre l'ordinateur et la station météorologique
- ③ Choix d'une synchronisation temporelle entre l'ordinateur et l'analyseur
- ④ Choix du nombre de voies échantillonnées et analysées pendant la phase A

- 5 Choix d'injecter du gaz traceur par les buses 2 et 3 à hauteur de 30% du temps. On peut injecter du gaz par les buses 2, 3, 4, 5 à un débit de 3 ml/s, buse 1 à un débit de 0.5 ml/s et buse 6 à un débit de 15 ml/s soit en discontinu, soit en continu
 - 6 Choix du nombre de mesures dans la phase A, de l'ordre de prélèvement des voies d'échantillonnage et du temps passé par voie (ex : la voie 4 est dosée de 40 à 60 min, la voie 1 de 80 à 100 min, etc.) On alterne les prélèvements entre les voies extérieures et les voies intérieures car si il y a un changement brutal de concentrations (à l'extérieur ou à l'intérieur), il ne faut pas le manquer. On commence par une voie extérieure, le temps que la bâtiment se charge en SF6 pour ne pas sous-estimer la concentration au niveau de la première voie intérieure échantillonnée.
 - 7 Choix du nombre de mesures dans la phase B, de l'ordre de prélèvement des voies d'échantillonnage et du temps passé par voie. On alterne les prélèvements entre les voies extérieures et les voies intérieures car si il y a un changement brutal de concentrations (à l'extérieur ou à l'intérieur), il ne faut pas le manquer.
- 1 Choix du nombre de mesures dans la phase C, de l'ordre de prélèvement des voies d'échantillonnage et du temps passé par voie. On alterne les prélèvements entre les voies extérieures et les voies intérieures car si il y a un changement brutal de concentrations (à l'extérieur ou à l'intérieur), il ne faut pas le manquer.
- **Enregistrer le nouveau fichier paramtra**
 - **Enregistrer une copie sous un nom différent, spécifique, de façon à garder une trace du fichier utilisé pour chaque séquence de mesures.**

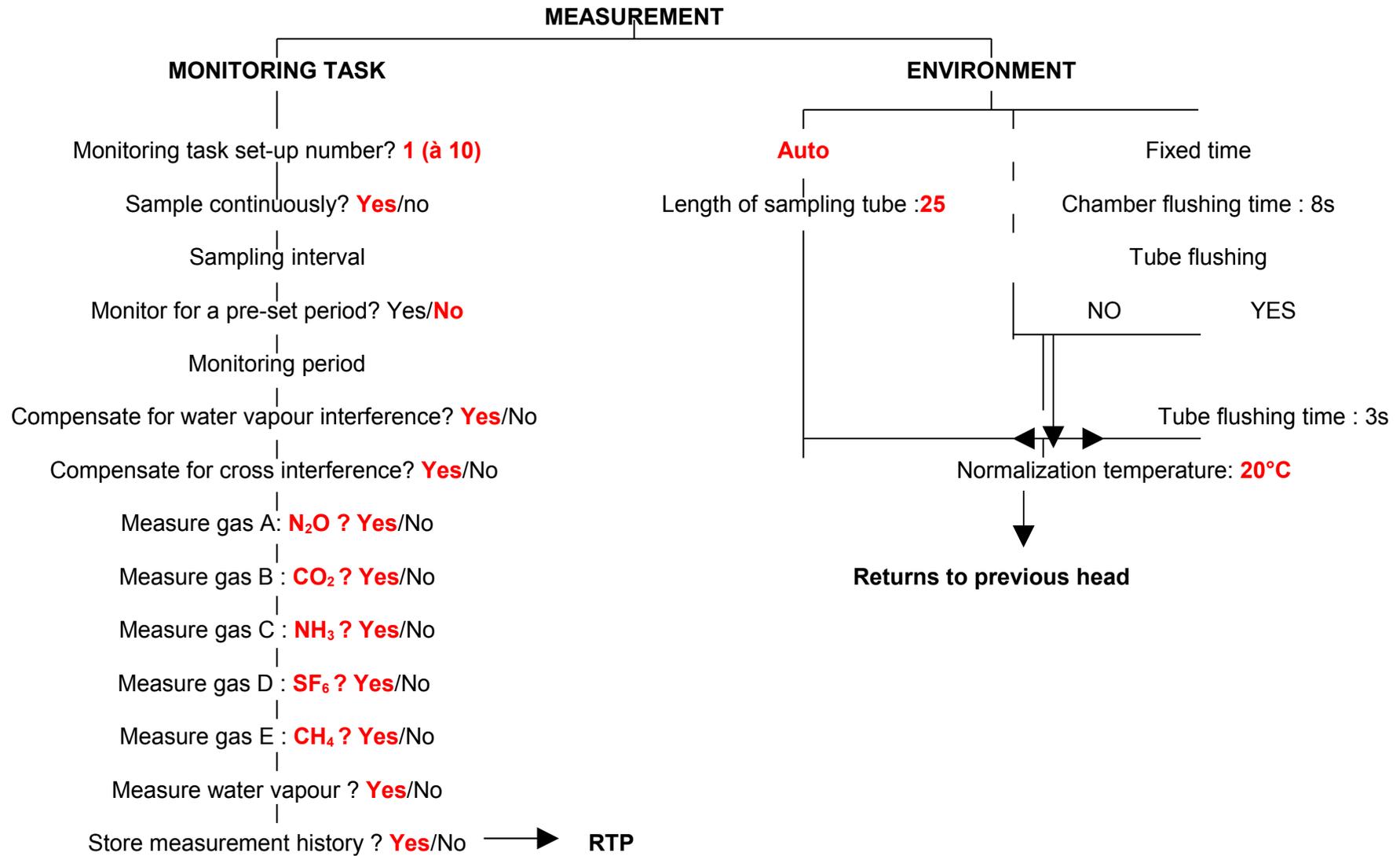
14.6 FICHE 5 : PARAMETRAGE DE L'ANALYSEUR

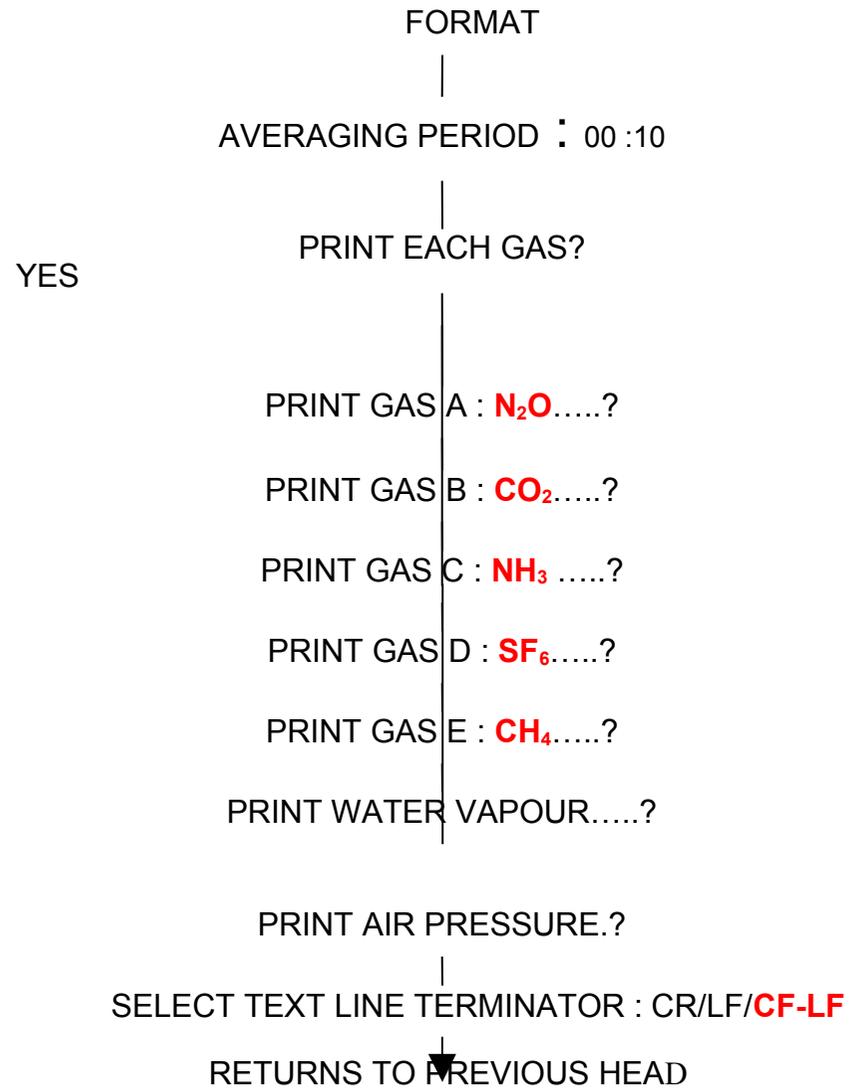
L'accès au menu de paramétrage de l'analyseur se fait par la fonction SET-UP (cf. fiche XX - descriptif de l'analyseur)

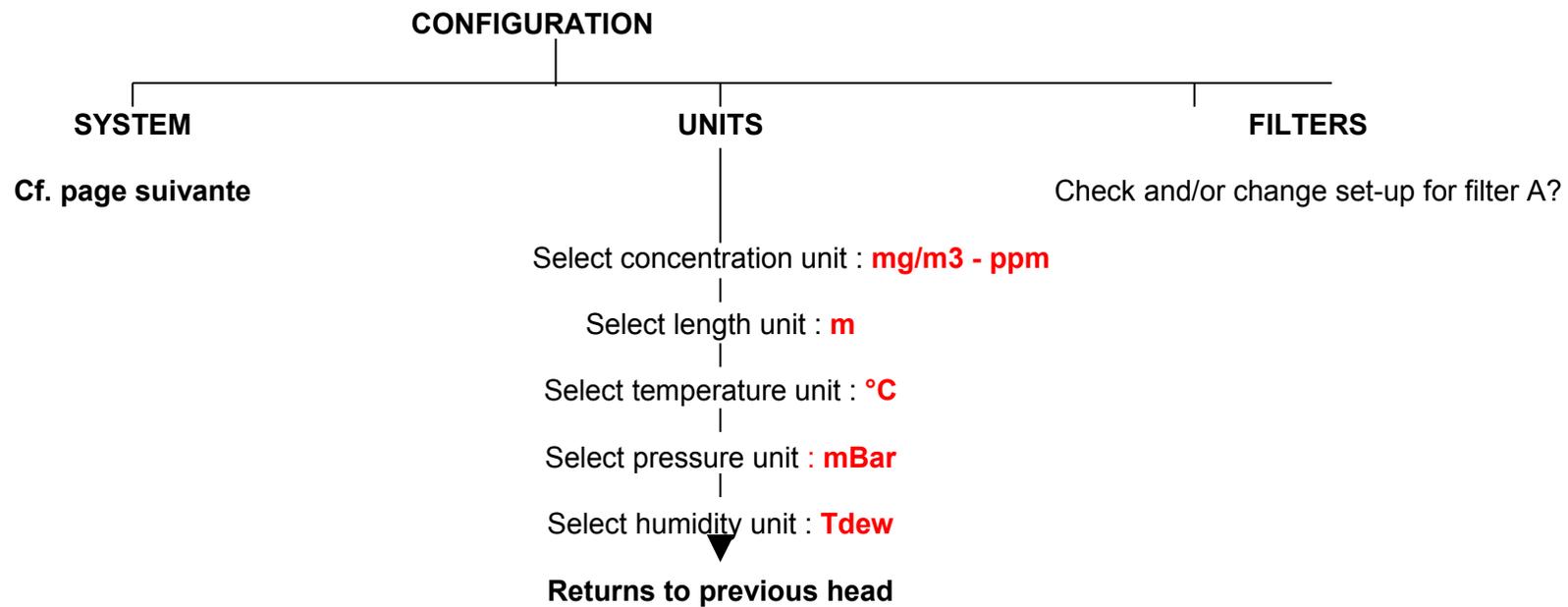
La fonction SET-UP est organisée sur une arborescence à trois branches principales :

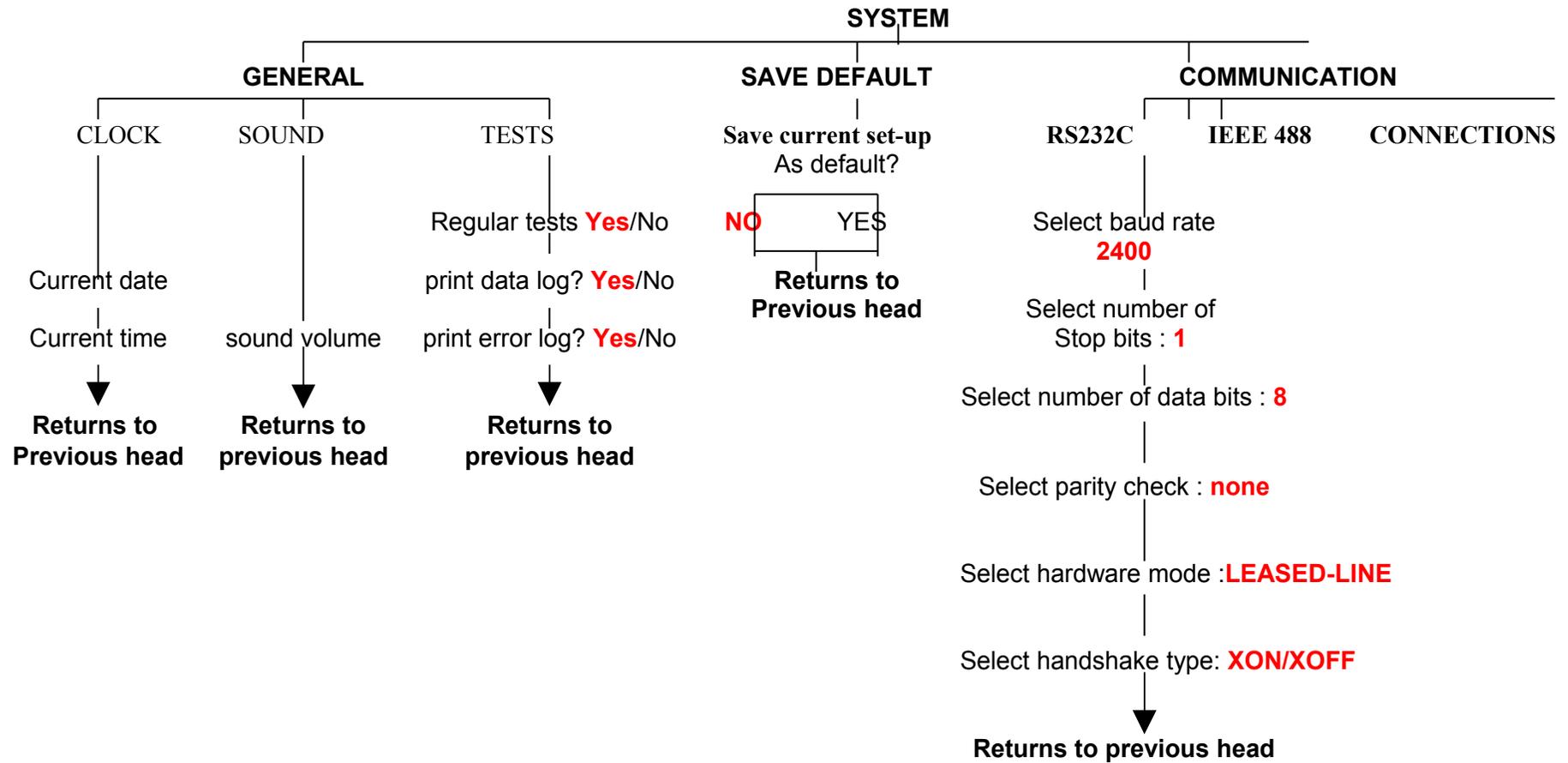
- MEASUREMENT
- FORMAT
- CONFIGURATION

Chaque branche est décrite dans les pages suivantes avec les formules proposées par l'analyseur (en noir) et les valeurs de paramétrage à insérer/vérifier pour nos études (en **rouge**).









14.7 FICHE 6 : MONTAGE

14.7.1 Mise en place des ventilateurs et de la station météorologique

1. Brancher les ventilateurs de brassage et/ou d'extraction.
2. Brancher la centrale d'acquisition de données de la station météorologique.

14.7.2 Mise en place de l'analyseur et de l'échantillonneur doseur

3. Ouvrir les deux faces du ou des caisson(s) ventilé(s)
4. Vérifier que les ventilateurs sont débranchés et que le cordon est en bon état (*En cas de mauvais état, le défaut électrique peut déclencher un incendie*)
5. Sortir le ou les ventilateurs des caissons.

Si les appareils sont sortis des caissons ventilés : aller à l'étape 5

Si les appareils sont dans les caissons ventilés : aller à l'étape 11

6. Placer l'analyseur sur l'échantillonneur dans le ou les caisson(s) ventilé(s) (arrières des appareils côté ventilateur de la boîte).
7. Connecter le câble IEEE entre l'analyseur et l'échantillonneur doseur (emplacements indiqués à l'arrière des appareils).
8. Connecter le câble RS232 à l'arrière de l'analyseur (emplacement indiqué) et du PC.
9. Connecter le tube téflon (2.5*4mm) de la sortie de l'échantillonneur (« outlet to analysez ») vers l'entrée de l'analyseur (« air inlet »).
10. Connecter les tubes (2.5*4mm) de la sortie de l'analyseur et de l'échantillonneur-doseur (waste air) (emplacements indiqués à l'arrière des appareils). Vérifier la bonne fixation et les amener vers l'extérieur du ou des caisson(s) (par les trous prévus à cet effet si la boîte est fermée)
11. Vérifier si les connexions sont correctes et bien fixées.
12. Connecter le tuyau d'arrivée du SF₆ à l'arrière de l'échantillonneur doseur (« dosing gas inlet ») en le faisant arriver par l'avant du caisson et vérifier la bonne fixation.
13. Connecter les câbles d'alimentation sur les appareils et les brancher sur un onduleur placé à l'extérieur du ou des caisson(s) avec le témoin lumineux visible par l'utilisateur. (faire entrer les câbles par le trou prévu à cet effet si la boîte est fermée)
14. Brancher l'onduleur sur une multiprise parafoudre.
15. Faire ressortir les câbles et le tuyau du SF₆ du ou des caisson(s).
16. Mettre en marche l'onduleur et les appareils au moyen des interrupteurs placés à l'arrière.
17. Replacer le ou les ventilateur(s) à l'arrière du ou des caisson(s) après avoir réglé le thermostat et vérifié le déclenchement du ventilateur lorsque la température dans le caisson est supérieure à la température seuil fixé par le thermostat et replacer la mousse.
18. Brancher le ou les ventilateur(s) sur la multiprise parafoudre.
19. Brancher la multiprise sur l'arrivée d'électricité.
20. Connecter les tuyaux de dosage et d'échantillonnage (tubes téflon ou polyamide 2.5*4mm) sur la face avant de l'échantillonneur-doseur en se référant à la FICHE 3.
 - Dévisser l'écrou de fixation de la voie d'échantillonnage ou de dosage
 - Faire passer l'écrou de fixation à travers le tuyau à fixer
 - Enfiler le bout de tuyau sur l'embout de fixation de l'échantillonneur-doseur
 - Revisser l'écrou de fixation sur l'embout de l'échantillonneur.
1. Vérifier le positionnement des tuyaux et leur bonne fixation.

Mise en place du tuyau chauffant (anti-condensation)

2. Placer le tuyau chauffant le long des tuyaux de prélèvements d'air intérieurs

3. Placer le tout dans une gaine de mousse afin d'isoler l'ensemble

14.7.3 Mise en place d'un tuyau de protection (ou gaine) autour des tuyaux de prélèvement extérieurs afin d'éviter leur écrasement

14.7.4 Connexion des deux détendeurs sur les bouteilles de gaz

4. Visser les détendeurs sur les bouteilles (un serrage à la main est suffisant).
5. Dévisser complètement les vannes des détendeurs (sens inverse des aiguilles d'une montre) afin d'empêcher le passage du gaz.
6. Ouvrir les bouteilles en se plaçant sur le côté du chariot. (En cas de mauvaise fixation, les détendeurs peuvent être propulsés violemment vers l'avant, sous la pression de la bouteille)
7. Vérifier la connexion des détendeurs sur les bouteilles en utilisant du mille bulles.
8. S'il y a des fuites serrer légèrement à la clé.
9. Le manomètre sur les détendeurs doit indiquer -1 Bar et ne doit pas avoir bougé à l'ouverture des bouteilles.
10. Les robinets placés après les détendeurs étant fermés, augmenter progressivement la pression de détente des gaz en sortie des détendeurs en serrant les vannes de ceux-ci jusqu'à pouvoir lire 2,5 bars.
11. Tester au mille bulles les différentes connexions.
12. S'il y a des fuites serrer légèrement les raccords inox à la clé.
13. Si le serrage à la clé n'est pas suffisant changer le raccord inox posant problème.
14. Une fois le SF₆ connecté à l'échantillonneur doseur ouvrir un des deux robinets placés après les détendeurs et la bouteille correspondante.
15. Tester les fuites pour les différentes connexions placées après le robinet avec du mille bulles.
16. S'il y a des fuites serrer légèrement les raccords inox à la clé.
17. Si le serrage à la clé n'est pas suffisant changer le raccord inox posant problème.
18. Fermer le robinet de la bouteille, relever la pression, attendre une nuit (si possible) pour vérifier si la pression est identique afin de s'assurer qu'il n'y a pas de microfuites

14.7.5 Mise en place des 2 ordinateurs

Pour l'ordinateur dédié au pilotage de l'analyseur

19. Placer les différents éléments à proximité sur le caisson ventilé destiné à protéger l'unité centrale (écran, souris, clavier, multiprise parafoudre).
20. Connecter ces différents éléments à l'unité centrale positionnée dans le caisson ventilé.
21. Connecter le câble nappe RS232 sur l'ordinateur et l'autre extrémité au câble RS232 connecté sur l'analyseur.
22. Connecter le rad-modem sur l'unité centrale (liaison RS232) dans le cas où la station météo est en place (vérifier que le rad-modem est bien relié à la station météo).
23. Connecter le keyspan sur un port USB de l'ordinateur.
24. Vérifier que l'entrée du keyspan (connection 9 broches) est bien reliée à l'interface SC32A qui doit être reliée à la centrale 21X dans le cas où elle-ci est utilisée.
25. Passer les différents câbles par le trou percé sur le côté si la boîte doit être fermée.
26. Brancher l'unité centrale sur un onduleur placé à l'extérieur de la flight box avec le témoin lumineux visible par l'utilisateur.
27. Brancher l'onduleur sur la multiprise parafoudre placée sur la flight box.
28. Brancher la multiprise sur l'arrivée d'électricité

29. Brancher le ventilateur de la flight box sur la multiprise parafoudre, vérifier le réglage de la température de déclenchement et vérifier son déclenchement avec le thermostat.
30. Mettre en marche l'ordinateur, l'écran et l'onduleur.
31. Vérifier le démarrage Laplink et de PC208.
32. Vérifier la communication avec les stations d'acquisition avec PC208 (*si station Campbell utilisée sinon la station Ahlborn*)

Pour le 2^{ème} ordinateur (dédié à l'archivage des données et aux télétransmissions):

33. Placer les différents éléments sur le dessus de la flight box dans laquelle se trouve l'analyseur (écran, souris, clavier, modem).
34. Connecter ces différents éléments à l'unité centrale positionnée à proximité.
35. Brancher l'unité centrale sur l'onduleur utilisé pour le premier ordinateur.
36. Mettre en marche l'ordinateur, l'écran.
37. Vérifier le démarrage Laplink.
38. Relier les deux ordinateurs avec le câble réseau et vérifier le bon fonctionnement de la liaison avec Laplink .
39. Connecter le modem à une prise téléphonique et vérifier le fonctionnement en appelant le modem.

14.8 FICHE 6A : PROGRAMMATION DES CAPTEURS THR

Matériels concernés

- capteurs température-hygrométrie TESTO 177 H1
- logiciel COMSOFT PRO 2004 version 3.4
- USB (ou RS232)-interface 0554 1765

Les capteurs THR sont des boîtiers d'acquisition de données en température et hygrométrie. Il est nécessaire de les programmer avant de les installer pour déterminer la fréquence d'acquisition de ces données. Cette programmation doit se faire au moment de l'installation du matériel.



- Connecter la prise USB (ou RS232 le matériel utilisé) de l'interface au PC équipé du logiciel Comsoft (uniquement)
- Insérer le capteur dans le support de l'interface
- Ouvrir le logiciel Comsoft
- Sélectionner dans *Appareil Autodetect*
- Sélectionner dans *Appareil Propriétés* : une fenêtre à plusieurs onglets s'ouvre
- Dans l'onglet *configuration*, pensez à synchroniser le capteur avec le PC (heures identiques entre les différents appareils) **prévoir d'utiliser un même pc ou de synchroniser tous les pc entre ceux des bureaux et ceux utilisés sur le terrain**
- Dans l'onglet *programme*
 - Mode de « *via PC / via clavier indicateur*,/» (il faut choisir l'un des deux dont dépendra le mode de démarrage du capteur)
 - Cadence = fréquence de mesures – choisir 5 ou 10 minutes
 - Mode d'arrêt : *mesures en boucle*
 - Titre : *ACTA GES + n°Testo*
 - Commentaire : mettre lieu et sites
 - Démarrer le capteur en cliquant sur *Départ* si choix *via PC* ou en appuyant sur le bouton *GO* du capteur si choix *via clavier indicateur*
- Pour finir, cliquez sur *Appliquez* puis sur *Ok*

Si le capteur est bien démarré et qu'il est en période de mesure, il doit figurer dessus l'indication

« REC ».

14.9 FICHE 6B : RECUPERATION DES DONNEES TESTO

La récupération des données se fait en deux temps :

- une récupération terrain des données des capteurs par le biais d'une éponge
- un transfert des données de l'éponge vers un PC.

Sur le terrain, l'éponge de données (cf. photo fiche 6a) permet de récupérer les données acquises par les capteurs sans avoir besoin de les démonter.

La photo de gauche montre l'ensemble de l'équipement nécessaire à savoir :

- le support (normalement fixé sur le site de mesure)
- le capteur
- l'éponge

La photo de droite montre l'ensemble de l'équipement au moment du transfert de données. Le capteur est dans son support et l'éponge est insérée sur le support via les rails présents en partie haute du support. Le transfert des données se fait par liaison optique nécessitant de positionner de manière précise l'éponge sur le capteur.



Une fois que l'éponge est bien positionnée sur le capteur :

- appuyer sur « Data » de l'éponge pour voir apparaître « memory stick » et « battery stick » qui indiquent respectivement l'état de la mémoire et l'état de la batterie

- appuyer à nouveau sur « data ». L'indication « transfert » doit apparaître, elle indique que le transfert est en cours. Ce dernier est terminé quand le capteur indique « ok ».
- l'éponge peut être retirée.

Pour le transfert des données de l'éponge vers un PC (il faut que ce dernier ait le logiciel COMSOFT PRO 2004 version 3.4), il faut disposer du matériel suivant :

- l'éponge
- une connexion USB/RS232
- Ouvrir le logiciel Comsoft
- Sélectionner dans *Appareil Autodetect*. L'éponge est repérée et l'ensemble des données des capteurs présentes sur l'éponge est indiqué.
- Double-cliquer sur le n° du capteur dont vous souhaitez récupérer les données. Ces dernières apparaissent à l'écran.
- Aller dans *Fichier Enregistrer sous* et sauvegarder les données à l'emplacement souhaité du PC en faisant figurer dans le nom du fichier enregistré le n° du capteur et la date de sauvegarde.

14.10 FICHE 6C : PROGRAMMATION DU CAPTEUR THR Hygrolog

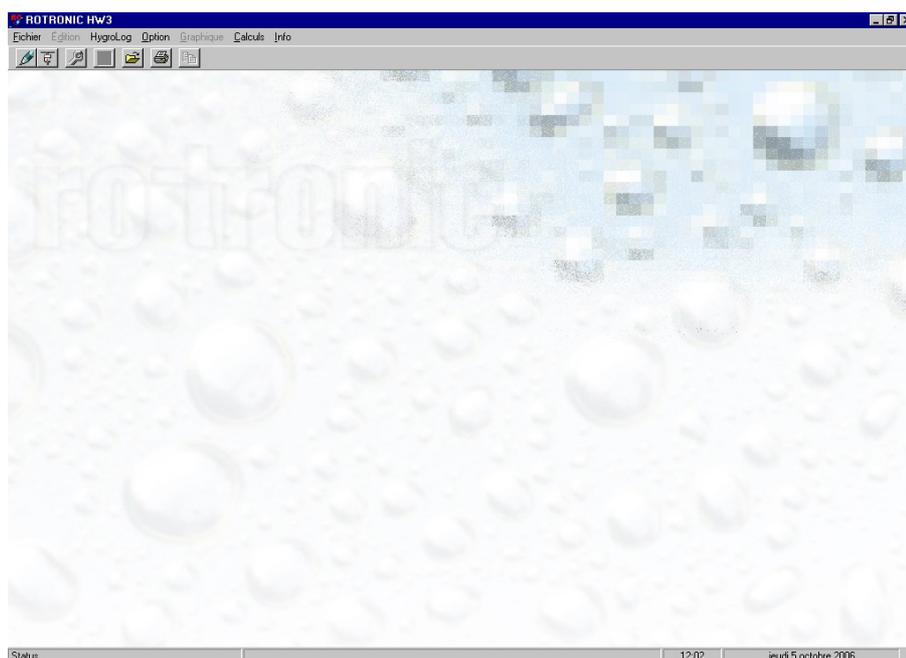
14.10.1 Matériels concernés

- capteur température-hygrométrie Hygrolog
- logiciel HW3 (installé sur le PC de MH et Portable DELL)
- câble HygroData-HL pour connecter l'Hygrolog au COM du PC

Le capteur THR ROTRONIC est un boîtier d'acquisition de données en température et hygrométrie. Il est nécessaire de le programmer avant de l'installer pour déterminer la fréquence d'acquisition de ces données. Cette programmation doit se faire au moment de l'installation du matériel.



- 1 Connecter le câble HygroData-HL entre l'Hygrolog et la COM du PC.
- 2 Cliquer sur « Démarrer », « Programmes », « Accessoires », « HW3 » ou cliquer directement sur l'icône HW3 du bureau.
- 3 Une fenêtre apparaît :



14.10.2 Programmation de l'appareil

- Cliquer sur la 3^{ème} icône (clé à molette) et voici une nouvelle fenêtre (*Configuration de l'instrument*). Il y a 6 parties pour configurer l'appareil :
- **Mode enregistreur : Démarrer/Arrêter** : correspond à un mode où l'appareil n'enregistre plus dès que la mémoire est pleine. (Sur l'appareil avec afficheur, il y a un petit trait qui apparaît devant les valeurs pour le signifier) **Boucle** : correspond à un mode où l'appareil continue l'enregistrement même si la mémoire est pleine, en remplaçant la première valeur par la dernière, ainsi de suite.
- **Heure-PC** : ce menu permet d'obtenir les mêmes paramètres horaires que sur votre PC, afin que les bonnes dates de programmation apparaissent lors de la configuration.
- **Intervalle de mesures** : à l'aide du curseur et des flèches d'extrémités, vous pouvez régler l'intervalle de mesure de votre appareil. Vous pouvez également voir la durée pendant laquelle l'appareil enregistrera, ainsi que la date de fin où il faudra relever les informations contenues dans le Log. (entre environ 15 sec. à 120 min)
- **Délai de démarrage** : toujours avec l'aide du curseur et des flèches d'extrémités, vous pouvez décaler la première mesure, le temps pour vous de finir la configuration et de placer l'appareil dans l'environnement à mesurer (de 0 à 15 jours).
- **Délai d'acclimatation** : le curseur et les flèches servent à décaler la première mesure pour que votre appareil ait le temps de s'ajuster à son nouvel environnement (de 0 à 120 min). Ainsi, il n'enregistrera pas de valeurs plus ou moins fausses.
- **Alarme : Arrêt** : les alarmes ne sont pas actives. **Marche** : les alarmes sont actives. Tout d'abord, il y a l'alarme haute puis basse en température réglable avec les curseurs et les

flèches. Ensuite, faire pareillement avec l'humidité. Sur le Log-D (avec afficheur), il y a des petits triangles avec soit un T pour la température soit un H pour l'humidité qui apparaissent en cas de dépassement des seuils établis lors de la configuration. L'orientation du triangle vers le haut ou vers le bas montre un dépassement respectivement supérieur ou inférieur aux valeurs entrées.

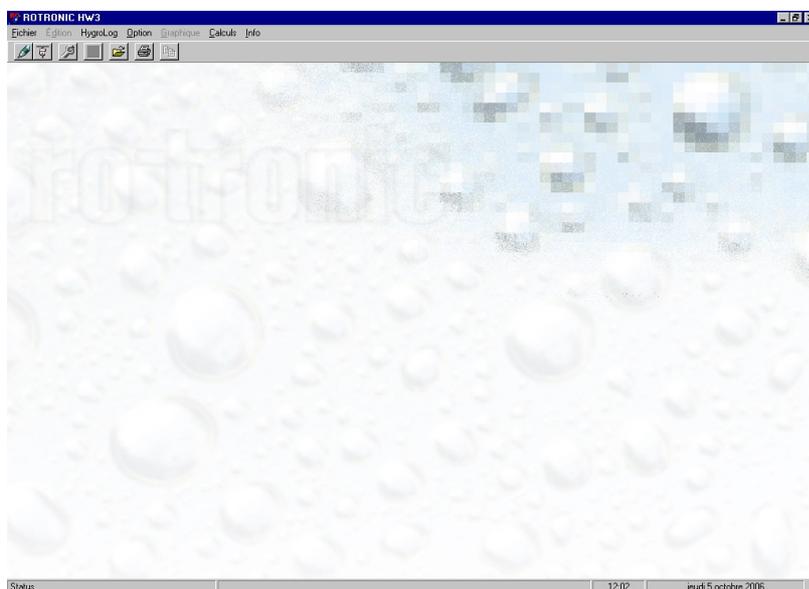
- A côté de « Fichiers », cliquer sur « Enregistreur » puis sur « Unité » pour entrer les unités désirées. Identiquement pour changer la date et l'heure, cliquer sur « Date », « Heure » puis « Charger ».
- Pour finir la programmation, cliquer sur la 4^{ème} icône (clé à molette) puis sur « Oui ». Une fois la programmation réalisée, remettez votre capteur sur l'appareil et placez le dans l'environnement à mesurer.

14.11 FICHE 6D : RECUPERATION DES DONNEES DU CAPTEUR THR Hygrolog

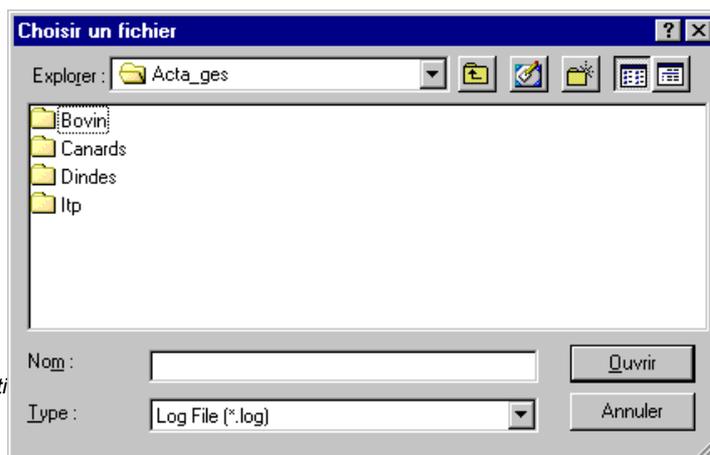
Matériel nécessaire

- capteur température-hygrométrie Hygrolog
- logiciel HW3 (installé sur le PC de MH et Portable DELL)
- câble HygroData-HL pour connecter l'Hygrolog au COM du PC

- 1 Connecter le câble HygroData-HL entre l'Hygrolog et la COM du PC.
- 2 Cliquer sur « Démarrer », « Programmes », « Accessoires », « HW3 » ou cliquer directement sur l'icône HW3 du bureau.
- 3 Une fenêtre apparaît :



1. Cliquer sur la 1^{ère} icône (pointe de stylo) et voici une fenêtre « Etats » qui apparaît avec la configuration de votre appareil. Vous pouvez l'imprimer à l'aide de la 1^{ère} icône (imprimante) ou lui donner un nom d'archive en cliquant sur la 3^{ème} icône (tireur). Avec l'icône 2 (HW3) vous revenez à la fenêtre principale (ROTRONIC HW3).
2. Cliquer sur le 2^{ème} icône (petit carré blanc), et vous chargez dans le PC les informations en mémoire dans le Log. Dans la fenêtre (Choisir un fichier) qui apparaît, entrer un nom de fichier.



1. Attention, regarder bien le chemin d'accès dans lequel vous mettez votre fichier, car sinon vous ne le retrouverez plus. Cliquer sur « ouvrir » et le chargement s'effectue.
2. Une fois le chargement terminé, cliquer sur « OK ». On peut voir ici la configuration de l'appareil ainsi que les valeurs mesurées avec les dates et heures.

ROTRONIC HW3 - rotronic061005.log

Fichier Edition HygroLog Option Graphique Calculs Fenêtre Info

```

* Rotronic AG
* Grindelstrasse 6
* CH-8306 Bassersdorf/Switzerland
*
* Phone +41-1-838 11 11
* http://www.rotronic.ch/eng/

```

```

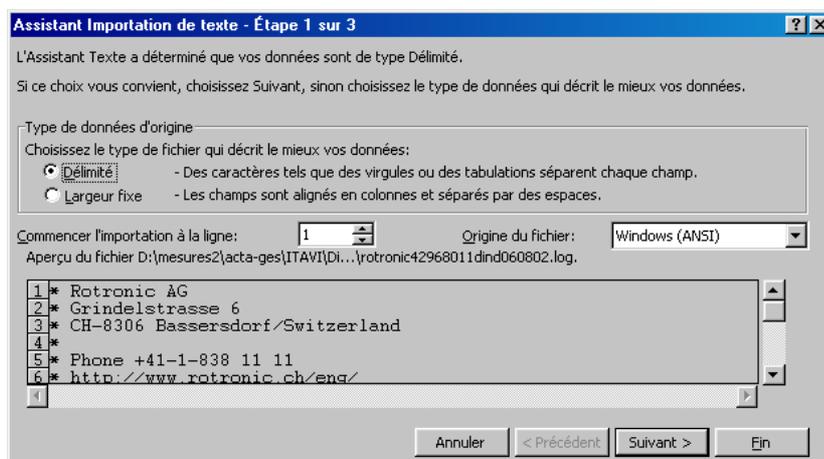
Version logiciel 2.1.2 b
Fichier=rotronic061005.log
Instrument=HygroLog D - 1.0
Type=Enregistreur
N° de série= 42968011
Mode d'enregistrement=Boucle
Intervalle de mesures[h.mm.ss] = 0.05.00
Démarrer=mercredi 16 août 2006 11:44:36
Arrêter=samedi 2 septembre 2006 20:24:36
Délai d'acclimatation[h.mm.ss] = 0.00.00
Délai de démarrage[dd.hh.mm.ss] = 0.00.00.00
Mesure = Données brutes
Humidité = %HR
Température = °C
Alarme = =Arrêt
Humidité - Lim Basse =
Humidité - Lim Haute =
Température - Lim Basse =
Température - Lim Haute =
Niveau de la batterie = 95 %
Batterie changée le = mardi 29 août 2006 21:04:54
Différence d'heure avec le PC[Minutes] = Pas de différence
Date de mise en service = samedi 1 avril 2006

```

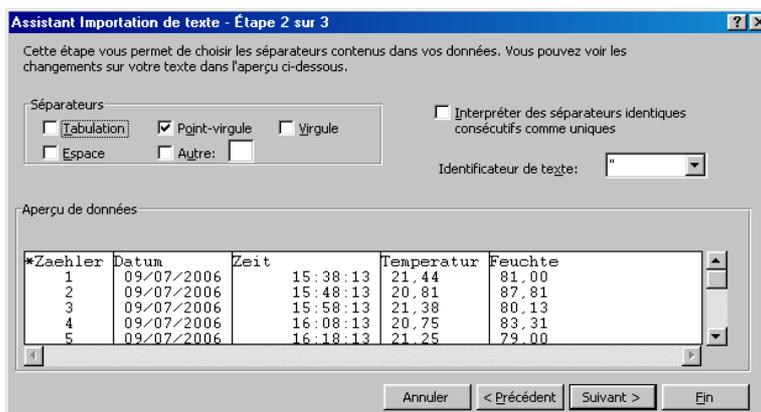
Compteur	Date	Heure	Température	Humidité
1	16/09/06	13:59:57	19,25	69,31
2	16/09/06	14:04:57	19,00	69,50
3	16/09/06	14:09:57	18,75	72,63
4	16/09/06	14:14:57	18,31	74,75
5	16/09/06	14:19:57	18,44	72,88

Status 12:03 jeudi 5 octobre 2006

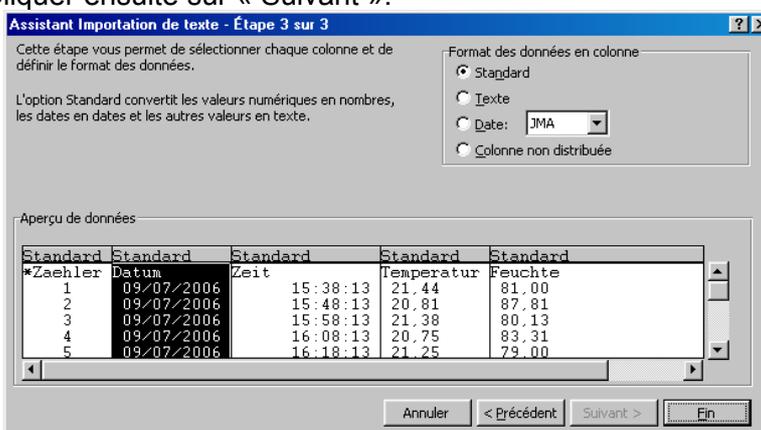
Le fichier enregistré précédemment ne nous permet pas, tel quel, d'exploiter les données car c'est un fichier .log. Il faut donc le convertir pour en faire un fichier Excel. Pour cela, on ouvre Excel. On clique sur l'icône « ouvrir un document », on sélectionne « tous les types de fichiers » puis on clique sur le fichier .log.



Sélectionner « Délimité » puis cliquer sur « Suivant ».



Sélectionner les séparateurs présents dans le fichier .log, entre les différentes colonnes de données (ici, le point-virgule). On observe alors une séparation des colonnes de données sous forme de tableau. Cliquer ensuite sur « Suivant ».



Sélectionner la colonne des dates et cliquer sur le format « Date : JMA ». Puis cliquer sur « Fin ». On peut alors observer les données sous le format Excel, ce qui va nous permettre de traiter les données plus facilement.

Microsoft Excel - rotronic42968011dind060802.log

Fichier Edition Affichage Insertion Format Outils Données Fenêtre ?

Arial 10

* Rotronic AG

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
42												
43	*Zaehler	Datum	Zeit	Temperatur	Feuchte							
44	1	09/07/06	15:38:13	21,44	81							
45	2	09/07/06	15:48:13	20,81	87,81							
46	3	09/07/06	15:58:13	21,38	80,13							
47	4	09/07/06	16:08:13	20,75	83,31							
48	5	09/07/06	16:18:13	21,25	79							
49	6	09/07/06	16:28:13	21,81	76,19							
50	7	09/07/06	16:38:13	22,88	71,88							
51	8	09/07/06	16:48:13	23,31	69,94							
52	9	09/07/06	16:58:13	23,75	69,94							
53	10	09/07/06	17:08:13	23,44	70,44							
54	11	09/07/06	17:18:13	23,81	69,44							
55	12	09/07/06	17:28:13	23,63	70,25							
56	13	09/07/06	17:38:13	24,06	66,31							
57	14	09/07/06	17:48:13	24	66,25							
58	15	09/07/06	17:58:13	24,13	65,31							
59	16	09/07/06	18:08:13	24	66,25							
60	17	09/07/06	18:18:13	24,06	64,5							
61	18	09/07/06	18:28:13	23,75	65,38							
62	19	09/07/06	18:38:13	24,13	62,63							
63	20	09/07/06	18:48:13	24,5	61,94							
64	21	09/07/06	18:58:13	24,44	62,44							
65	22	09/07/06	19:08:13	24,81	62,5							
66	23	09/07/06	19:18:13	24,44	62,44							
67	24	09/07/06	19:28:13	23,5	66,25							
68	25	09/07/06	19:38:13	23,38	66,13							
69	26	09/07/06	19:48:13	23,44	64,31							
70	27	09/07/06	19:58:13	23,88	61,81							
71	28	09/07/06	20:08:13	22,94	64,31							
72	29	09/07/06	20:18:13	23,44	62,5							
73	30	09/07/06	20:28:13	23,06	64,69							

rotronic42968011dind060802

Prêt

14.12 FICHE 7A : LANCEMENT / ARRET DES MESURES

Avant toute chose, il est important de faire le tour de l'installation pour voir si tout est prêt pour le lancement des mesures (par exemple, retirer les bouchons de protection des tuyaux si il y en a, s'assurer qu'il y a des filtres au bout des tuyaux d'échantillonnage, etc.).

14.12.1 Lancement des mesures

Programme de traçage :

Pour chaque nouvelle période de mesures :

1. **Créer le dossier** où vont être enregistrées les doses de SF6 injectées et les concentrations en CO2, N2O, CH4, NH3, SF6, H2O mesurées par l'analyseur sur les différentes voies d'échantillonnage (ex :D:\mesures2\acta-ges\itp\stockage\fumier\print_06\Tracage\Trac1)
2. Dans ce dossier, **créer une copie du programme « TRACAG1.EXE »** qui sert au transfert des commandes à l'analyseur et à l'acquisition des données brutes **et une copie du fichier** de configuration du programme de traçage **« paramtra »** (que l'on récupère dans le dossier de la dernière manip).
3. **Paramétrer le fichier** de configuration du programme de traçage **« paramtra »** pour la nouvelle manip. (**FICHE 4**)
4. **Créer un raccourci du fichier « TRACAG1.EXE »**, précédemment créé, sur le bureau de l'ordinateur qui pilote l'analyseur. [A chaque nouveau dossier traçage créée (et donc, nouvelle période de mesures), il faut supprimer le raccourci de l'ancien programme de traçage et en créer un nouveau sur le bureau.]
5. **Lancer le programme de mesures**
Double clic gauche sur le raccourci du programme « TRACAG1.EXE » placé sur le bureau. Une fenêtre MSDOS apparaît.

👉 **Ensuite il faut uniquement agir lorsque le programme pose des questions**

- A L'INSTALLATION (OU A CHAQUE FOIS QUE L'ECHANTILLONNEUR-DOSEUR EST DEBRANCHE PUIS REBRANCHE OU AU CHANGEMENT DE BOUTEILLE SF₆) :

A la question **« Essais (E) mise en route (M) suite manip (S) ; (M= défaut) ? »** : taper **« M »**.
Si la durée de réponse est trop longue, la mise en route se fera automatiquement par défaut.
Le programme va alors lancer automatiquement et dans l'ordre la purge, la calibration et l'initialisation.

👉 **Remarque : Il faut absolument qu'il y ait, DANS L'ORDRE, une purge puis une calibration et enfin une initialisation sinon les mesures risquent d'être faussées (pour vérifier que les étapes se sont déroulées avec succès, voir le point suivant : 7. Vérifier le bon lancement du programme)**

➤ **LORSQUE LE PROGRAMME EST INTERROMPU PUIS RELANCE, SANS DEBRANCHER LES APPAREILS :**

A la question « **Essais (E) mise en route (M) suite manip (S) ; (M= défaut) ?** » : taper « S ». Une 2^{ème} question est posée : Initialisation des appareils (I=oui ; défaut) ou Non (N) ? Si la première mise en route a été réalisée correctement, il n'y a pas besoin de réinitialiser. On tape « N ». Si le temps de réponse est dépassé, l'initialisation se fera par défaut.

Une 3^{ème} question est posée : Purge du tuyau (P=oui) ou Non (N ; défaut) ? Si la première mise en route a été réalisée correctement, il n'y a pas besoin d'effectuer à nouveau une purge. On tape « N ». Si le temps de réponse est dépassé, la purge ne s'effectue pas, par défaut.

Une 4^{ème} question est posée : Calibrage des buses (C=oui) ou Non (N ; défaut) ? Si la première mise en route a été réalisée correctement et qu'on a toujours des constantes de calibration entre 6,2 et 6,7, il n'y a pas besoin d'effectuer à nouveau la calibration.

Enfin, une dernière question est posée : Mémorisation de la configuration (C=oui) ou Non (N ; défaut) ? La mémorisation n'est pas obligatoire et la réponse à cette question n'influe pas sur le déroulement de la manip. Libre choix à celui qui lance le programme. Par défaut, la configuration de l'analyseur ne sera pas mémorisée.

⚠ Remarque : En cas de doute, laisser faire le programme sans rien taper, le programme lancera alors une initialisation des appareils par défaut !!

1. Vérifier le bon fonctionnement du programme

« **purge** » : Lorsque l'appareil purge le SF₆, il faut vérifier que la diode de la voie 6 dosage s'allume en même temps que celle de la main valve open. On entend et on sent l'air qui est expulsé par la sortie de l'échantillonneur en voie 6 dosage, sur le devant de l'appareil. (Pour éviter le rejet du SF₆ dans l'air ambiant, on peut brancher un tuyau en téflon pour diriger le gaz évacué à l'extérieur du local) On doit également entendre le bruit de la pompe de dosage.



Dysfonctionnement déjà observé : Lorsque le programme indique qu'il purge, les diodes de la voie 6 dosage et de waste air sont allumées. Cela indique que la purge ne s'effectue pas correctement.

Il faut donc arrêter le programme et le relancer ou bien, si cela ne fonctionne pas, lancer la purge manuellement de la manière suivante :

- A la question « **Essais (E) mise en route (M) suite manip (S) ; (M= défaut) ?** » : taper « e » pour essais. Différentes instructions apparaissent avec des nombres associés.
- On tape « 29 » puis « 16 » pour ouvrir la valve de dosage principale.
- On tape « 29 » puis « 23 » pour ouvrir la valve de dosage 6 (on choisit cette valve car elle a un débit plus important donc permettra une purge plus rapide).
- On tape « 29 » puis « 25 » afin de déclencher la pompe de dosage.
- Une fois la purge terminée, on tape « 29 » puis « 26 » afin d'arrêter la pompe de dosage.
- La valve de dosage 6 se ferme toute seule.
- Enfin, on tape « 29 » puis « 17 » afin de fermer la valve de dosage principale.

Pour connaître le détails des instructions avec leur numéro associé, voir **FICHE 7A : Détails des instructions du programme de traçage, « Essai »**.

« calibration » : Lorsque l'appareil effectue la calibration, il faut vérifier que la diode de la voie de dosage en cours de calibration et celle de la main valve open s'allument simultanément. On doit également entendre le bruit de la pompe de dosage.

Dysfonctionnement déjà observé : Lorsque le programme indique qu'il calibre la voie de dosage, seule la diode de main valve open est allumée. Cela indique que la calibration ne s'effectue pas correctement. Il faut donc arrêter le programme et le relancer.

Il faut vérifier sur la fenêtre du programme de traçage en fonctionnement, sur l'écran de l'ordinateur, le nombre de voies qui vont être calibrées ainsi que leur numéro et les constantes de calibration (elles doivent être entre 6,2 et 6,7 environ). Si l'appareil ne calibre pas toutes les voies ou mal, il faut stopper et relancer le programme ou bien effectuer la calibration des buses manuellement de la manière suivante :

- A la question « **Essais (E) mise en route (M) suite manip (S) ; (M= défaut) ?** » : taper « e » pour essais. Différentes instructions apparaissent avec des nombres associés.
- Si l'on souhaite calibrer la buse 2, par exemple, on tape « 29 » puis « 44 »
- Si l'on souhaite calibrer la buse 5, par exemple, on tape « 29 » puis « 47 »

Se reporter à la **FICHE 7A : Détails des instructions du programme de traçage, « Essai »** pour connaître le numéro de l'instruction associée à chaque buse.

La calibration prend environ 5 minutes par buse. Lorsqu'elle s'effectue manuellement, rien n'indique que la calibration est terminée. Il faut patienter le temps nécessaire avant de lancer une nouvelle action afin de ne pas interrompre l'analyseur et l'échantillonneur et d'éviter les problèmes de communication entre les deux appareils.

« initialisation » : Lorsque l'appareil effectue l'initialisation, il faut vérifier que la diode de la voie 6 sampler et celle de l'analyser sont allumées.

Si ce n'est pas le cas, il faut arrêter le programme et le relancer.

Enregistrement des données brutes : Une fois les premières mesures réalisées par l'analyseur, on vérifie que les données sont bien enregistrées dans le dossier de traçage que l'on a créé en **3**. (Par exemple, si on a analysé la voie d'échantillonnage 1 le 11/05/06 avec phase de dosage, on trouvera dans notre dossier de traçage Trac1 un fichier 1A060511.)

⚠ **Attention : Il ne faut jamais ouvrir le fichier de données de la voie qui est en train d'être échantillonnée et analysée sinon le programme s'arrête. Soit on fait une copie du fichier que l'on peut alors ouvrir sans risque, soit on évite d'ouvrir les voies en cours d'échantillonnage ou à venir (pour connaître l'ordre d'échantillonnage des 6 voies, il faut regarder le programme « paramtra » ; pour connaître le temps restant de mesures sur la voie en cours d'échantillonnage, il faut regarder les indicateurs de durée affichés sur l'écran).**

1. Eteindre l'écran de l'ordinateur

Programmation de la station météorologique :

Cf. **FICHE 8A**

Mise en place des Testos :

Cf. **FICHE 6A** pour programmation des TESTO. Il faut placer deux Testo à l'intérieur du bâtiment et un à l'extérieur, à proximité de la station météo, si possible.

14.12.2 Arrêt des mesures et récupération des données

Programme de traçage :

1. **Allumer l'écran de l'ordinateur**
2. **Se placer sur la fenêtre du programme en cours** et l'activer en cliquant dessus avec la souris
3. **Vérifier que le programme de traçage fonctionne correctement.**
4. **Arrêter le programme de mesures en cours**
 - Taper « F5 »
 - A la question « arrêt des appareils (O/N) ? », taper « O » + entrée
 - La fin du programme s'indique après quelques minutes
 - Fermer la fenêtre.
5. **Sauvegarde des données**

Si les fichiers de résultats n'ont pas été récupérés régulièrement grâce à une liaison modem ou réseau, récupérer les fichiers résultats « .tx0 », ainsi que le programme et le fichier paramtra, en copiant le dossier « traçage » de la manip en cours sur une clé USB ou directement sur un portable avec un câble réseau.

Récupération des données de la station météorologique :

Cf. **FICHE 8B**

Récupération des données des thermo-hygromètres Testo :

Cf. **FICHE 6B.**

14.13 FICHE 7B : Détails des étapes du programme de traçage, « Essai »

Toutes les instructions du programme de traçage s'accomplissent dans un ordre défini lors de la construction du programme. Cependant, dans le cas où le programme ne fonctionne pas correctement, il est possible de lancer les instructions manuellement (notamment au moment du lancement du programme, lors des étapes de purge et de calibration).

Cette fiche présente les différentes instructions du programme de traçage. Lorsque l'on tape « e » pour « essai » à la 1^{ère} question « essai / manip / calibration ? », les différentes instructions du programme de traçage apparaissent avec des nombres associés. On tape alors le nombre associé à l'instruction voulue pour qu'elle s'effectue. Voici le détail :

Numéro de commande	Codage de l'instruction	Signification de l'instruction
1	« O_SP_C ? AP, F_A »	Output special compilation (gaz A mesures en mg/m3)
2	« O_SP_C ? AP, F_B »	Output special compilation (gaz B mesures en mg/m3)
3	« O_SP_C ? AP, F_W »	Output special compilation (Eau mesures en mg/m3)
4	« STA_M »	Début mesures
5	« STOP_M »	Arrêt mesures
6	« PR_M »	Print measurement - Vidage mémoire
7	« P_C_D »	Print Calibration Data - Vidage mémoire
8	« O_C_D ? F_A »	Calibration filtre A
9	« O_C_D ? F_B »	Calibration filtre B
10	« O_C_D ? F_W »	Calibration filtre eau
11	« CO_SRQ ? 1 »	Control event register
12	« C_F »	Current filter ?
13	« EX_S ? »	Execute state ?
14	« K_L ? »	Keyboard lockout ?
15	« M_S ? »	Measurement state ?
16	« O_M ? »	Output measurement ?
17	« P_K ? »	Push key ?
18	« SE ? »	Setup ?
19	« O_SP_C ? AP, AL »	Output special compilation (mesures en mg/m3) tous les gaz
20	« A_M ? »	Accept message ?
21	« P_K STATU »	Push key status
22	« P_K INFO »	push key info
23	« S_I ? »	Software Identification
24	« I_C »	IEEE Clear
25	« I_C 15 »	IEEE Clear 15 (device15 en mode « listen »)
26	« I_E ? 15 »	IEEE Enter ? 15 (lit l'envoi du device15 en mode « talk »)
27	« I_I_F_C »	IEEE Interface Clear
28	« I_L »	IEEE Local
29	« I_O 15 ? »	IEEE Output vers device 15 –

		envoi d'un message à l'échantillonneur-doseur
30	« I P P ? »	IEEE Parallel Poll
31	« I A »	IEEE Attention
32	« I C 14 »	IEEE Clear 14
33	« I L »	IEEE Local
34	« I L L O »	IEEE Local Lockout
35	« I R 15 »	IEEE Remote (Device15)
36	« I R »	IEEE Remote
37	« A M »	Accept message
38	« C L ? »	Channel Lockout ? (test etat interface IEEE)
39	« C L N »	Channel Lockout No (debloque l'interface IEEE)
40	« C L N »	Channel Lockout Yes (bloque l'interface IEEE)
41	« SY ? »	Synchronize ? (synchronisation des pompes 1312 et 1303)
42	« SY Yes »	Synchronise Yes (synchronisation des pompes 1312 et 1303)
43	« SY »	Synchronise (synchronisation des pompes 1312 et 1303)
44	« E P ? »	External Pump ?
45	« E P Y »	External Pump Yes
46	« E P N »	External Pump No
47	« E C 59 »	External Control code 59
48	« CO SRQ ? 8 »	Control SRQ n>8
49	« B N O REV »	Binary Order : least significant byte first
50	« S R E ? »	Service Request Enable ?
51	« *STB ? »	Status Byte ?
52	« O E D ? »	Output Error Dump
53	chr\$(3)	envoi ^c
54	« P E D »	Print Error Dump
55	« SE ? CL »	Setup Clock ?
56	SE CL,	Mise à l'heure du PC
57	« P U D B ? »	Pop Up Display Buffer
58	« SY D B ? »	System Display Buffer
59	« SE ? G N, F A »	Gas Name Filter A
60	« SE ? US F, F A »	Use Filter, Filter A
61	« SE US F, F A, Y »	Use Filter, Filter A

L'instruction principalement utilisée en mode manuel, est la numéro 29 : I_O 15, qui permet d'effectuer la liaison avec l'analyseur et d'envoyer des instructions à l'échantillonneur-doseur à travers lui. Une fois cette instruction lancée, une deuxième liste d'instructions s'affiche :

Numéro de commande	Codage de l'instruction	Signification de l'instruction
TRAVAUX D'ECHANTILLONNAGE		

1	« O S V 1 »	Open Sampling Valve 1
2	« O S V 2 »	Open Sampling Valve 2
3	« O S V 3 »	Open Sampling Valve 3
4	« O S V 4 »	Open Sampling Valve 4
5	« O S V 5 »	Open Sampling Valve 5
6	« O S V 6 »	Open Sampling Valve 6
7	« O_S_V »	Fermeture des vannes d'échantillonnage
8	« C_S_V T_M »	Connect Sampling Valve To Monitor (indispensable pour mesurer)
9	« C_S_V T_S_P »	Connect Sampling Valve To Sampling Pump (hors mesure, vers « waste air »)
10	« S_P ON »	Sampling Pump ON
11	« S_P OFF »	Sampling Pump OFF
TRAVAUX DE VERIFICATION		
12	« S_P_P »,	Sampling Pump Pressure ? ; après « C_S_V T_S_P » doit être 40 kPa vannes fermées et 25 kPa vannes ouvertes
13	« D_P_P ? »	Dosing Pump Pressure ?
14	« S ? »	Status ?
15	« C_S »	Check System
TRAVAUX DE DOSAGE		
16	« M_D_V OP »	Ouvre la valve de dosage principale pour l'arrivée du gaz traceur ; doit être ouverte pour ouvrir les vannes de dosage
17	« M_D_V CL »	Ferme la valve de dosage principale
18	« O D V 1 »	Ouvre la valve de dosage 1
19	« O D V 2 »	Ouvre la valve de dosage 2
20	« O D V 3 »	Ouvre la valve de dosage 3
21	« O D V 4 »	Ouvre la valve de dosage 4
22	« O D V 5 »	Ouvre la valve de dosage 5
23	« O D V 6 »	Ouvre la valve de dosage 6
24	« O D V »	Ferme les valves de dosage
25	« D_P ON »	Dosing Pump ON
26	« D_P OFF »	Dosing Pump OFF
27	« D_P AUTO »	Dosing Pump AUTO (purge de l'analyseur)
28	« D_D 1, 3000, 3, 2 »	Discontinuous dosing ; dosage discontinu buse 1, 3000 secondes, cycle de 3 secondes, dont 2 secondes d'injection de traceur
29	« D_G_P ? »	Dosing Gas Pressure
30	« D_G_T ? »	Dosing Gas Temperature
31	« D_G ? »	Dosage Given ? dose de

		traceur injectée depuis la dernière instruction D_G
TRAVAUX DE DEFAULTS		
32	« W ? »	Warning ?
33	« E ? »	Error ?
TRAVAUX NORMALISES		
34	« O_H EX »	Output Header Exclusive ; <i>n'inclue pas la question dans le message de réponse</i>
35	« O_H I »	Output Header Inclusive ; <i>inclue la question dans le message de réponse</i>
TRAVAUX DE REGLAGE		
36	« C_D ? 1 »	Calibration Data ? buse 1
37	« C_D ? 2 »	Calibration Data ? buse 2
38	« C_D ? 3 »	Calibration Data ? buse 3
39	« C_D ? 4 »	Calibration Data ? buse 4
40	« C_D ? 5 »	Calibration Data ? buse 5
41	« C_D ? 6 »	Calibration Data ? buse 6
42	« S_R_E ? »	Service Request Enable ?
TRAVAUX DE CALIBRAGE		
43	« C_N 1 »	Calibration Nozzle buse 1 - Lance la calibration de la buse 1
44	« C_N 2 »	Calibration Nozzle buse 2 - Lance la calibration de la buse 2
45	« C_N 3 »	Calibration Nozzle buse 3 - Lance la calibration de la buse 3
46	« C_N 4 »	Calibration Nozzle buse 4 - Lance la calibration de la buse 4
47	« C_N 5 »	Calibration Nozzle buse 5 - Lance la calibration de la buse 5
48	« C_N 6 »	Calibration Nozzle buse 6 - Lance la calibration de la buse 6
49	« D_T_O 3600 »	Dosing Time Out 3600s
50	« D_T_O ? »	Dosing Time Out ?
51	« G_C 56.95 »	Gas Constant 56.95 (SF6)
52	« G_C ? »	Gas Constant ?
53	« M_W 146 »	Molecular Weight 146
54	« M_W ? »	Molecular Weight ?
55	« C_D ? »	Calibration Data ? demande les constantes de calibration de toutes les buses
56	« C_N »	Calibration Nozzle – Lance la calibration de toutes les buses

57	« R S B »	Reset Status Byte
----	-----------	-------------------

Pour effectuer la purge,

6. A la question « **Essais (E) mise en route (M) suite manip (S) ; (M= défaut) ?** » : taper « e » pour essais. Différentes instructions apparaissent avec des nombres associés.
 1. On tape « 29 », « entrée », puis « 16 », « entrée » pour ouvrir la valve de dosage principale.
 2. On tape « 29 », « entrée », puis « 23 », « entrée » pour ouvrir la valve de dosage 6 (on choisit cette vanne car elle a un débit plus important donc permettra une purge plus rapide).
 3. On tape « 29 », « entrée », puis « 25 », « entrée » afin de déclencher la pompe de dosage.
 4. Une fois la purge terminée, on tape « 29 », « entrée », puis « 26 », « entrée » afin d'arrêter la pompe de dosage.
 5. La valve de dosage 6 se ferme toute seule.
 6. Enfin, on tape « 29 », « entrée », puis « 17 », « entrée » afin de fermer la valve de dosage principale.

Pour effectuer la calibration des buses de dosage,

7. A la question « **Essais (E) mise en route (M) suite manip (S) ; (M= défaut) ?** » : taper « e » pour essais. Différentes instructions apparaissent avec des nombres associés.
 1. Si l'on souhaite calibrer la buse 2, par exemple, on tape « 29 », « entrée » puis « 44 », « entrée ».
 2. Si l'on souhaite calibrer la buse 5, par exemple, on tape « 29 » « entrée » puis « 47 », « entrée ».

14.14 FICHE 8A : SUIVI

14.14.1 Matériel à emporter sur le terrain

Cahier de laboratoire (de terrain),
Ordinateur portable,
Câble réseau, clé USB, disquettes,
Éponge de récupération de données Testos,
Câble permettant de récupérer les données de la station météo,
Les caisses à outils, du scotch, des liens,
Bottes, cottes, charlotte, gants et surbottes,
Escabeau (s'il n'y en a pas sur place),
Mille-bulles,
Raccords inox de rechange,
Filtres pour tuyaux d'échantillonnage.

14.14.2 Vérifications du bon fonctionnement des mesures

📌 A faire tous les jours lors des périodes de mesures en continu.

Noter dans le cahier de terrain le jour, l'heure et l'identification de l'expé ainsi que chaque action menée avec l'heure correspondante, chaque problème rencontré.

14.14.3 Vérifications à faire dans la remorque

(A compléter selon besoins de la manip)

Allumer l'écran de l'ordinateur :

- Vérifier que le programme en cours est affiché et qu'il est actif avec inscriptions en cours
- Vérifier que l'échantillonneur est en fonctionnement (Si les boîtes sont ouvertes : bruit de prélèvement d'air des pompes, lumières des voies de dosage et d'échantillonnage s'allument et s'éteignent alternativement. Si les boîtes sont fermées : vérifier que l'air soufflé par les ventilateurs n'est pas trop chaud).
- Vérifier qu'il y a bien des fichiers de résultats (cf. gestionnaire de fichiers) créés pour chaque jour depuis le lancement des mesures. Récupérer les données à l'aide d'une clé USB si celles-ci ne sont pas récupérées à distance.

En cas de dysfonctionnement

Relancer le programme de mesures

Relancer le programme de traçage

Avertir le responsable du site

- Afficher les fichiers de résultats pour toutes les voies, vérifier que la concentration en SF6 soit plus élevée en intérieur qu'en extérieur si dosage et faible si pas de dosage, et que celles en CO2, NH3, CH4, N2O et H2O soient homogènes et plus élevées à l'intérieur qu'à l'extérieur.
- Vérifier qu'il y a bien des fichiers de résultats pour les phases A, B et C si il y a utilisation d'un gaz traceur ; ou uniquement pour la phase C sans gaz traceur
- Vérifier qu'il y a bien des fichiers de données de la station météo Campbell (si elle est utilisée dans la manip). Si le programme de récupération automatique est activé, vérifier que les fichiers météo sont bien récupérés quotidiennement. Sinon, récupérer les données en suivant la **fiche 6D**
- Vérifier que les ventilateurs des caissons fonctionnent bien en changeant la température de déclenchement du ventilateur sur le variateur puis le remettre à 25°C si le ventilateur s'est bien déclenché.

Avertir le responsable du site

Si les mesures sont incohérentes, faire une fiche de localisation de la panne : analyseur, connexion, échantillonneur, tuyaux d'échantillonnage, tuyaux de dosage.

*S'il n'y a que la phase C avec utilisation de gaz traceur, il n'y a plus de gaz. Il faut changer de bombonne (cf. **FICHE 11 : CHANGEMENT BOUTEILLE GAZ TRACEUR**)*

Avertir le responsable du site

Vérifier la connexion des fils électriques et le branchement des prises.

14.14.4 Vérifications à faire dans les salles de bâtiment suivies

A compléter selon besoins de la manip

- Vérifier que la gaine est bien gonflée et tendue et que les tuyaux de prélèvements ne sont pas tombés.
- Récupérer les données TESTO régulièrement avec l'éponge
- Vérifier que les ventilateurs fonctionnent bien
- Vérifier qu'il n'y a pas de condensation dans les

En cas de dysfonctionnement

Remettre en place la gaine et/ou les tuyaux décrochés.

Envoyer les TESTO en maintenance

Avertir le responsable du site

Vérifier l'alimentation électrique

Si condensation, stopper le

tuyaux de gaz

*programme de traçage
immédiatement et envoyer de
l'air dans les tuyaux avec un
compresseur avant de les
rebrancher et de redémarrer le
programme de traçage*

Avertir le responsable du site

- Vérifier qu'il y a un filtre propre et fixé au bout
de chaque tuyau d'échantillonnage

Fixer ou changer le filtre

14.14.5 Vérifications à faire au stockage de fumier

A compléter selon besoins de la manip

- Ventilateurs en marche (2 ventilateurs
d'extraction en sortie de serre gonflant des
gaines souples et 1 ventilateur de brassage de
l'air à l'intérieur de la serre).

En cas de dysfonctionnement

Vérifier l'alimentation électrique

Avertir le responsable du site

- Serre bien hermétique (boudins bien serrés les
uns contre les autres

Remettre en place les boudins

- Bâche intacte (ni percée, ni trouée) et incurvée
vers l'intérieur

Boucher les trous

- Vitesse d'air en entrée de serre autour de 5 m/s

Avertir le responsable du site

🔥 Si la serre doit être ouverte pour une raison ou une autre pendant les mesures en continu, indiquer sur le cahier de suivi le jour et l'heure.

14.14.6 Vérifications à faire à l'extérieur du bâtiment

A compléter selon besoins de la manip

En cas de dysfonctionnement

- Récupérer les données de la station météo AHLBORN et relancer le programme ensuite (NE PAS OUBLIER sinon la centrale n'enregistrera pas les données météo par la suite)

Si pas de données météo, c'est qu'il y a un problème avec la centrale d'acquisition. Arrêter la puis relancer là. Si le problème persiste ensuite, contacter le responsable du site qui s'informerera auprès du fournisseur.

Si il manque des données dans certaines colonnes ou si certaines données s'avèrent aberrantes, il se peut que cela soit dû à des pannes de capteurs. Prévenez le responsable du site qui contactera le fournisseur.

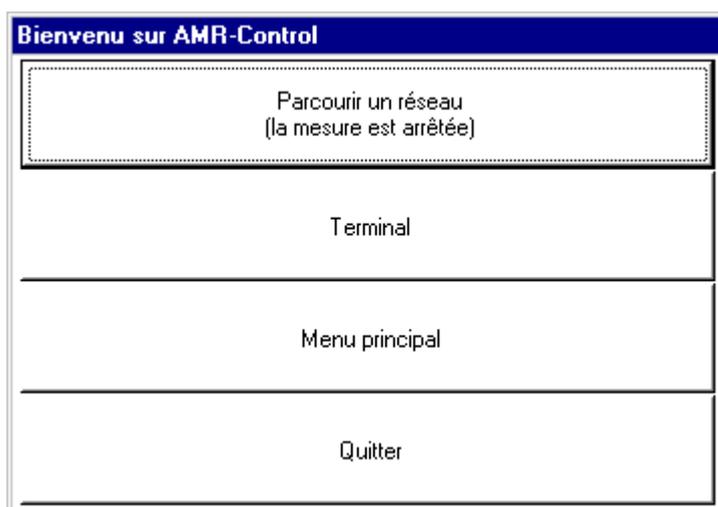
Si la date s'est mise au 01.01.2000, c'est probablement parce qu'il y a eu une coupure d'électricité. Les données ont bien été enregistrées mais il faudra remettre la date et l'heure exacte pour le traitement des fichiers.

- Récupérer les données du Testo extérieur avec l'éponge. (Bien vérifier que le Testo a suffisamment de batterie ainsi que l'éponge)

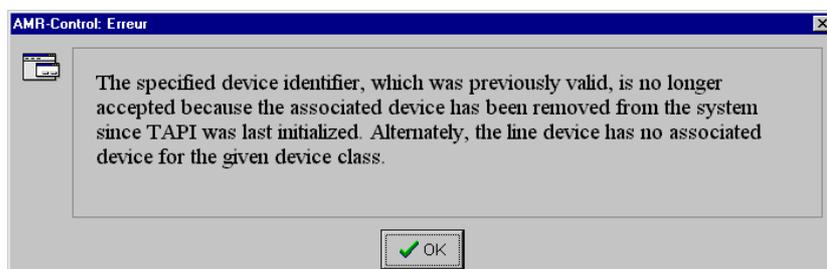
Si la batterie du Testo ou de l'éponge est faible, il faut changer la pile.

14.15 FICHE 8B : Programmation de la station météo Ahlborn

1. Se munir d'un ordinateur portable qui contient le logiciel AMR Control, qui permet de programmer la station météo Ahlborn, ainsi que du câble de transfert.
- ❑ Ouvrir la boîte de protection de la centrale d'acquisition de la station météo à l'aide d'un cruciforme.
 - ❑ S'il s'agit de la première programmation de l'appareil, allumer l'appareil en poussant le bouton situé sur le côté gauche,
S'il s'agit de programmer la centrale après avoir récupéré les données d'une période de mesures précédente, l'appareil est déjà allumé.
 - ❑ Brancher le câble de transfert sur la prise RS232 de l'ordinateur portable et sur la centrale d'acquisition par le port A1.
 - ❑ Double-cliquer sur l'icône AMR Control située sur le bureau de l'ordinateur portable.
 - ❑ La fenêtre suivante apparaît :



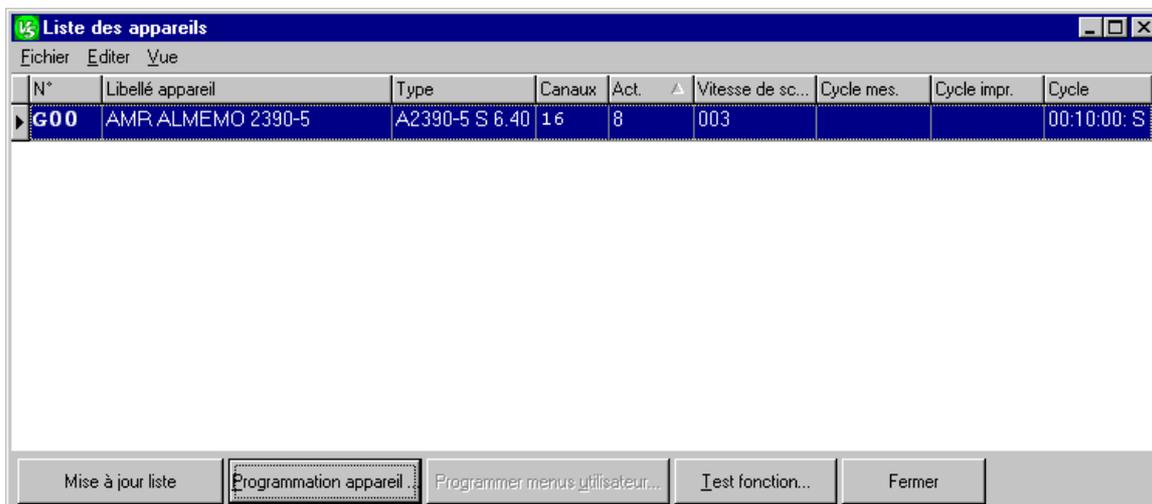
- ❑ Cliquer sur « Menu Principal » puis, à la fenêtre suivante, sur OK.



- ❑ La fenêtre suivante apparaît :



- ❑ Cliquer sur « Connecter ».
- ❑ Cliquer sur « Appareils » dans la barre des tâches puis sur « Liste ». Le programme recherche les appareils connectés. La référence et le nom de l'appareil apparaissent alors.



- ❑ Cliquer sur « programmation de l'appareil ».

Adresse de l'appareil : 00 Appareil : A2390-5 S 6.40

Libellé appareil : AMR ALMEMO 2390-5

Total des points de mesure : 16 Carte de mesure : 40

Points de mesure actifs : 8 Carte de commutation : ---

Cycle : 00:10:00 Mémoire Oui :

Veille :

Format : Tableau

Vitesse de scrutation : 003 Scrutation continue :

Mémoire Oui :

Avec sortie :

Valider horloge calendaire du calculateur

Heure : 16:58:04 Date : 03.08.06

Heure de début : 17:00:00 Date de début : 03.08.06

Heure de fin : ---:---:--- Date de fin : ---:---:---

Numéro : 000000 Fréquence : 50 Hz

Pression atmosphérique : +01013. mb Effacer au départ :

Hystérésis : 10 Mémoire circulaire :

Tension capteur : 10.5 V Année, 4 chiffres :

Temp. de soudure froide : +024.22 °C Désactiver val. alarme :

Liste des points de mesure Ok

- ❑ Mettre à l'heure la centrale en cliquant sur « Valider horloge calendrier du calculateur »
- ❑ Ensuite, renseigner les différents paramètres du type : date et heure de début de mesures, pas de temps entre chaque mesure. Enfin, cliquer sur OK.

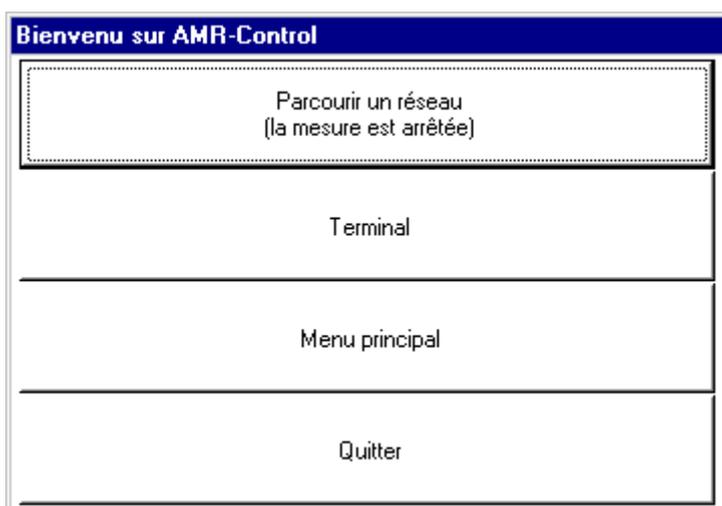
⚡ Il faut bien indiquer que l'on souhaite un fichier sous format « Tableau » et ne pas cocher de case dans la rubrique « scrutation ». Pour être sûr de ne pas se tromper, indiquer les paramètres exactement comme dans la fenêtre ci-dessus.

- ❑ Fermer la fenêtre, cliquer sur « Raccrocher » puis fermer le programme et l'ordinateur portable. Débrancher le câble de transfert de la centrale, replacer cette dernière dans sa boîte de protection et la replacer dans l'abri simplifié.

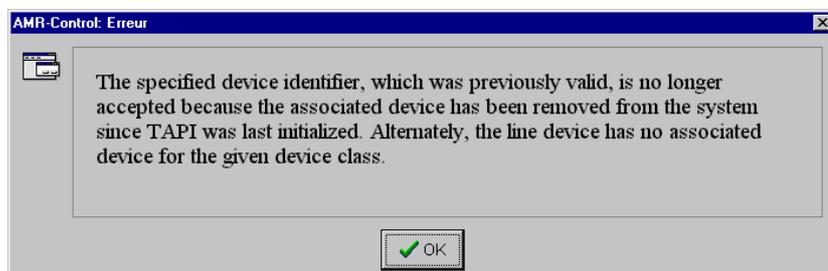


14.16 FICHE 8C : RECUPERATION DES DONNEES DE LA STATION METEO AHLBORN

1. Se munir d'un ordinateur portable qui contient le logiciel AMR Control, qui permet de récupérer les données de la station météo Ahlborn ainsi que du câble de transfert.
 2. Ouvrir la boîte de protection de la centrale d'acquisition de la station météo à l'aide d'un cruciforme (attention à ne pas appuyer sur les boutons de la façade et/ou à ne pas éteindre l'appareil_ bouton sur le côté de l'appareil).
- ❑ Brancher le câble de transfert sur la prise RS232 de l'ordinateur portable et sur la centrale d'acquisition par le port A1.
 - ❑ Double-cliquer sur l'icône AMR Control située sur le bureau de l'ordinateur portable.
 - ❑ La fenêtre suivante apparaît :



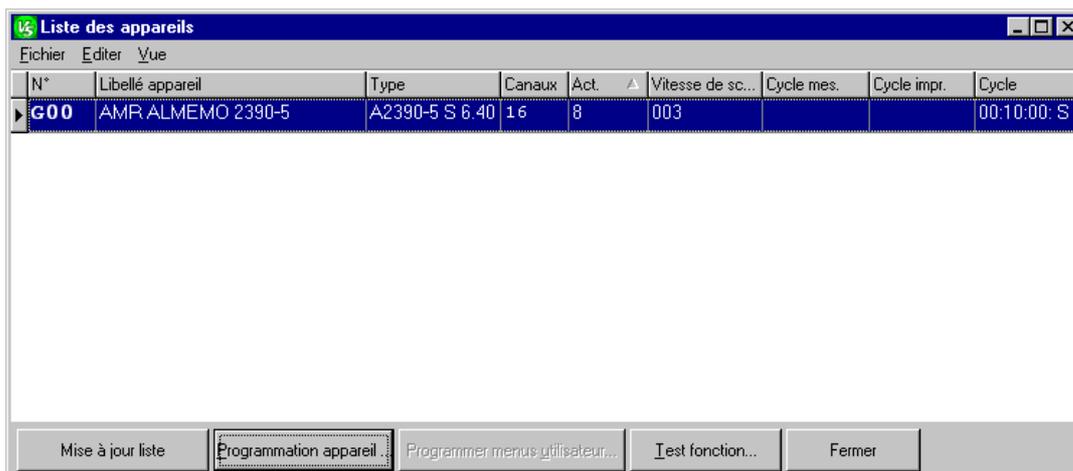
- ❑ Cliquer sur « Menu Principal » puis, à la fenêtre suivante, sur OK.



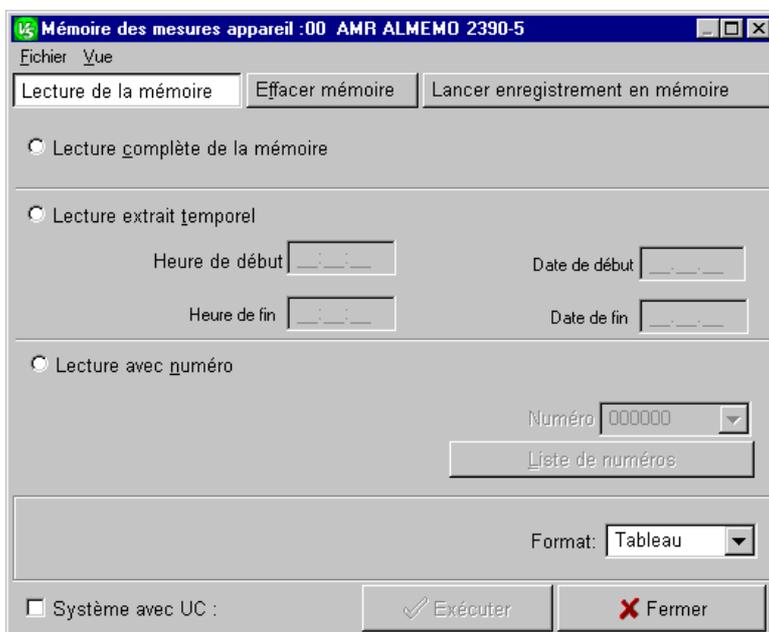
- ❑ Cliquer sur « Connecter ».



- ❑ Cliquer sur « Appareils » dans la barre des tâches puis sur « Liste ». Le programme recherche les appareils connectés.
- ❑ La référence et le nom de l'appareil apparaissent alors.



- ❑ Cliquer sur « Appareils » dans la barre des tâches puis sur « Mémoire de mesures ».
- ❑ La fenêtre suivante apparaît :



- ❑ On coche « Lecture complète de la mémoire » puis on clique sur « Exécuter ».
- ❑ On indique alors le répertoire où l'on souhaite enregistrer les données et le nom que l'on souhaite donner à ce fichier.

- ❑ Le fichier de données apparaît sous format Excel.
- ❑ **⚠ Attention, à chaque fois que les données sont récupérées, il faut reprogrammer l'appareil si l'on souhaite que la station continue à enregistrer les données.**
- ❑ On ferme cette fenêtre ainsi que celle où se situe la liste des appareils et on clique sur « Raccrocher ».



14.17 FICHE 9 : DEMONTAGE

Vérifier que le programme de traçage fonctionne et récupérer les données (fichier « traçage ») sur une clé USB.
Récupérer les données de la station météo (cf. FICHE 8B).

14.17.1 Les ordinateurs

1. Arrêter le programme de mesures (cf. FICHE 7).
2. Eteindre les ordinateurs.
3. Débrancher les différents éléments et déconnecter les différents câbles des unités centrales.
4. Eteindre l'onduleur et le débrancher.
5. Débrancher le ventilateur.
6. Sortir l'unité centrale de son caisson. Laisser dans le caisson les différents câbles ayant été débranchés, le clavier, la souris, la multiprise parafoudre et l'onduleur.
7. Remettre les mousses et refermer le caisson.
8. Pour le deuxième ordinateur, placer les différents éléments dans la voiture après les avoir déconnectés.

14.17.2 Les matériels de mesure des gaz

9. Débrancher le ventilateur de la flight box. A l'arrière de la boîte enlever la mousse et le ventilateur.
10. Arrêter les appareils avec les interrupteurs placés à l'arrière.
11. Fermer les robinets des bouteilles de gaz (normalement un seul est ouvert) et les bouteilles.
12. Déconnecter le SF₆ à l'arrière de l'échantillonneur-doseur.
13. Déconnecter les tuyaux d'échantillonnage et de dosage à l'avant de l'échantillonneur-doseur en vérifiant que le repérage des voies existe toujours (sinon remettre des étiquettes) et correspond à ce qui a été noté dans le cahier.
14. Remettre les petites vis inox sur les buses (12 au total).
15. Débrancher les câbles d'alimentation des appareils et les mettre dans la flight box.
16. Eteindre l'onduleur, le débrancher le mettre dans la boîte.
17. Laisser le câble nappe (liaison RS232) dans la boîte.
18. Mettre la multiprise parafoudre dans la voiture.
19. Remettre les mousses et refermer la boîte.
20. Déconnecter les détendeurs des bouteilles en se mettant sur le côté des bouteilles et les ranger « délicatement » dans la voiture.
21. Pour les tuyaux d'échantillonnage et de dosage qui restent sur le site, protéger les extrémités de la poussière en les fermant avec des bouchons ou du scotch.
22. Débrancher les ventilateurs de brassage d'ambiance ou d'extraction.
23. Rebrancher la station 21X si celle-ci est sur le site.
24. Protéger les prises électriques, prise de téléphone, la station 21X, extrémités de tuyaux restant sur le site des agressions extérieures (intempéries, poussières, animaux).
25. Sangler les flight boxes solidement dans le fond de la remorque (ce sont les seuls éléments qui doivent être transportés dans la remorque).

14.17.3 La station météo

26. Après récupération des données, débrancher la centrale d'acquisition de la station météo et de l'alimentation électrique.
27. Retirer les poids qui maintiennent le pied de la station météo et ranger cette dernière

délicatement dans la voiture en protégeant au maximum la tête contenant les capteurs (il n'est pas nécessaire de retirer la tête de la station de son pied).

14.18 FICHE 10 : PRECAUTIONS A PRENDRE LORS DU TRANSPORT DU MATERIEL D'UN SITE DE MESURES A L'AUTRE

Déconnecter les détendeurs des bouteilles en se mettant sur le côté des bouteilles et les ranger « délicatement » dans la voiture.

Pour les tuyaux d'échantillonnage et de dosage qui restent sur le site, protéger les extrémités de la poussière en les fermant avec des bouchons ou du scotch. Pour ceux qui quittent le site, bien les enrrouler, pour ne pas les corner, et les fermer avec du scotch.

Débrancher les ventilateurs de brassage d'ambiance ou d'extraction.
Laisser un TESTO sur le site afin de pouvoir extrapoler les résultats par la suite (si possible un à l'intérieur et un à l'extérieur).

Protéger les prises électriques, prise de téléphone restant sur le site des agressions extérieures (intempéries, poussières, animaux).

Sangler les flight box solidement dans le fond de la remorque (ce sont les seuls éléments qui doivent être transportés dans la remorque). Aucun matériel fragile (du type PC, analyseur, échantillonneur doseur) ne doit rester dans les flight box. Par contre, on peut y laisser le petit matériel qui n'est pas fragile (du type clavier, la souris, cordons d'alimentation, RS232, etc.).

Il faut protéger l'analyseur et l'échantillonneur-doseur pendant le transport en les plaçant dans leurs cartons d'origine, avec le polystyrène de protection ou en les calant bien à l'arrière de la voiture. Bien caler l'ordinateur pendant le déplacement.

Oter la tête munie de capteurs du piquet de maintien et la mettre dans la voiture délicatement.

14.19 FICHE 11 : CHANGEMENT BOUTEILLE GAZ TRACEUR

Lorsque le programme de traçage n'effectue plus que la phase C (sans gaz traceur) et que la pression observée sur le détendeur est inférieure ou égale à 2 bars, cela signifie qu'il n'y a plus assez de pression dans la bouteille pour continuer le dosage. La plupart du temps, cela signifie qu'il n'y a plus de gaz dans la bouteille (la bouteille n'est jamais complètement vide mais on parlera quand même de bouteille « vide » lorsqu'il n'y a pas assez de gaz pour effectuer le traçage). Cependant, il faut s'en assurer en resserrant le manomètre (dans le sens des aiguilles d'une montre) ; si la pression ne remonte pas, c'est qu'il n'y a effectivement plus de gaz.

Démarche à suivre :

- Si la deuxième bouteille est pleine, on va l'utiliser pour la suite de la manip,
 1. Fermer le robinet noir placé après le détendeur de la bouteille « vide ».
 2. Ouvrir le robinet noir placé après le détendeur de la bouteille pleine.

- Si la deuxième bouteille est également « vide », (dans ce cas, le protocole est à suivre pour les deux bouteilles),
 1. Arrêter le programme.
 2. Fermer la bouteille.
 3. Fermer le robinet noir placé après le détendeur de la bouteille vide.
 4. Dévisser complètement les vannes du détendeur (sens inverse des aiguilles d'une montre pour fermer l'arrivée du gaz).
 5. Dévisser le détendeur et le retirer de la bouteille en se mettant sur le côté.
 6. Retirer la bouteille du chariot et y remettre une nouvelle bouteille.
 7. Connecter le détendeur sur la nouvelle bouteille de gaz en suivant le mode opératoire de la **FICHE 6 : MONTAGE**

- 1 En cas de changement d'une bouteille qui n'est pas encore « vide » par une bouteille pleine (par exemple, en prévision pour un week-end) :

1. Fermer la bouteille de gaz sur le dessus.
2. Laisser tourner le programme jusqu'à ce que la dose de SF6 diminue significativement jusqu'à atteindre un palier de doses faibles.
3. Arrêter le programme.
4. Fermer le robinet noir placé après le détendeur de la bouteille vide.
5. Dévisser complètement les vannes du détendeur (sens inverse des aiguilles d'une montre pour fermer l'arrivée du gaz).

6. Dévisser le détendeur en se plaçant sur le côté et le retirer de la bouteille.
7. Retirer la bouteille du chariot et y remettre une nouvelle bouteille.

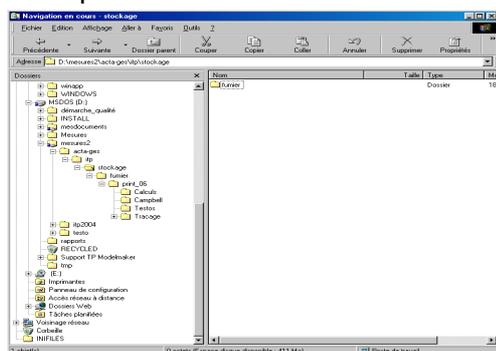
8. Connecter le détendeur sur la nouvelle bouteille de gaz en suivant le mode opératoire de la **FICHE 6 : MONTAGE**

14.20 FICHE 12 : Calcul et contrôle des oncentrations gazeuses moyennes horaires

L'analyseur INNOVA permet de mesurer les concentrations en N₂O, NH₃, CH₄, H₂O, CO₂ et SF₆. Le fichier « concentrations », dont le fonctionnement est expliqué ici, est un fichier Excel dans lequel certaines macros permettent de traiter automatiquement les données brutes de l'analyseur et de visualiser les graphiques qui présentent les variations des concentrations au cours de la période de mesures. Le traitement a pour but de préparer les données pour le calcul des émissions gazeuses (transformation des données brutes en médiane horaire par voie) et de permettre un contrôle visuel des valeurs observées (variabilité temporelle des concentrations, variabilité entre voies intérieures, entre voies extérieures, validité du gradient de concentrations en regard de ces variabilités).

1. Dans le dossier concernant la période de mesures que l'on souhaite traiter, on crée un dossier « calculs », où vont se situer les différents fichiers Excel de traitement des données concernant les concentrations, les débits, les données météo et les émissions.

Exemple :



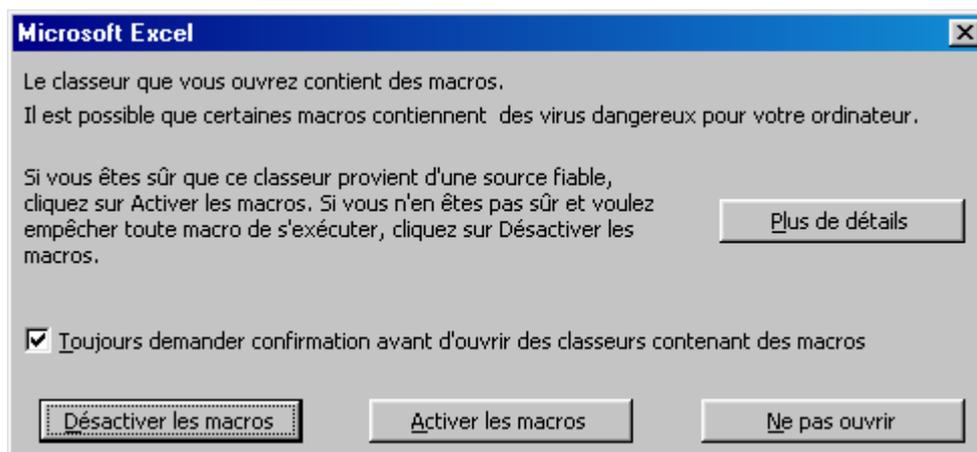
2. Dans le dossier « Calculs », on importe le fichier « concentrationsAAMMJJ » le plus récent.

Attention, la date est toujours inscrite sous la forme AAMMJJ afin de pouvoir classer les fichiers de manière chronologique !

3. On renomme ce fichier en modifiant uniquement la date. On indique toujours la date de fin des mesures ou la dernière date à laquelle on a enregistré les données, en cours de manip (exemple : si des mesures sont effectuées du 03 au 12 mai 2006, le nom du fichier sera « Concentrations060512 »). Ainsi, on peut récolter les données plusieurs fois pendant la manip et l'on sait automatiquement quel est le dernier fichier enregistré.

4. Ouvrir le fichier que l'on vient de renommer : « ConcentrationsAAMMJJ »

5. La fenêtre suivante s'ouvre :



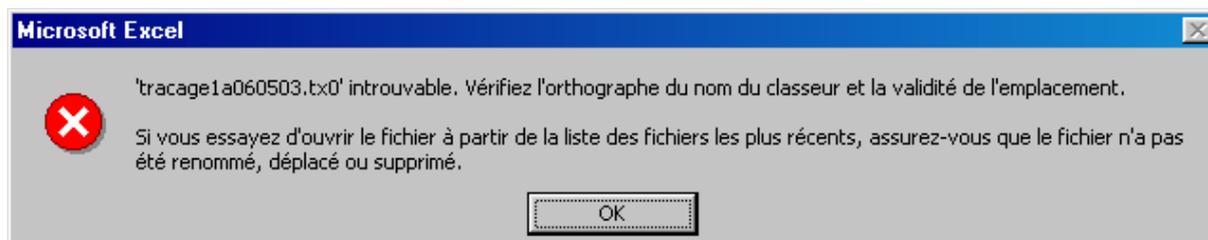
6. On clique sur « activer les macros » puis on arrive dans la fiche « Param », comme l'indique l'écran suivant :

nomfic	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	nomfic	Concentrations060511.xls			bioclim	C:\mesures\harz2003\sf6_4\				
2	repertoire	D:\mesdocuments\Claire\acta-ges\stock-ftp\060511\umier 0605			batelev	E:\personne\paul\porchverte\mertracg\stgilles\expe0403\				
3	suffixe	.tx0			penfeld	D:\melynda\mesures\harz2003\tracage\sf6_4\				
4	nbvoies	6	6		paul	C:\Mes_doc\paul\NIRA\pentam\paul\porchverte\harz2003\calcul\sf6_4\				
5	phasedeb	1								
6	phasefin	3								
7	lignedeb	2								
8	zoom	100		voie1	voie2	voie3	voie4	voie5	voie6	
9										
10				lignedeb	3	3	3	3	3	
11				lignefin	298	312	364	309	307	300
12										
13				graphique	choix manuel	valeurs lues				
14				tpsdeb	02/05/06 22:10	04/05/06 00:00	02/05/06 22:10			
15				tpsfin	11/05/06 14:11	04/05/06 00:00	11/05/06 14:11			
16				nblmax	364					
17				nbhmax	207					
18				heure_min	0.50					
19	nbdates	8								
20	1a		1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
21	060503	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	060504	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	060505	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	060506	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	060507	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	060509	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	060510	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28	060511	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	060512	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	060513	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31	060514	1	1	1	1	1	1	1	1	1
32	060515	1	1	1	1	1	1	1	1	1
33	060516	1	1	1	1	1	1	1	1	1
34	060517	1	1	1	1	1	1	1	1	1

A RENSEIGNER : (en règle générale, les cellules en caractères rouges peuvent être modifiées. Il n'est pas souhaitable de modifier les autres cellules)

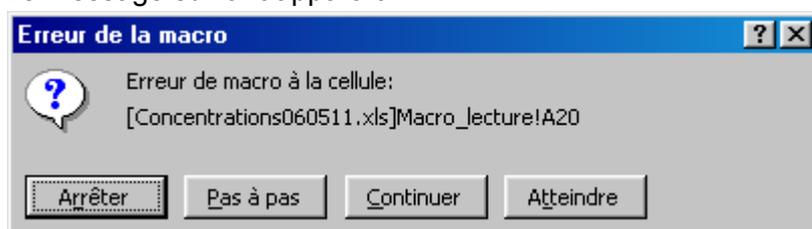
7. Ligne 1, colonne B : « nomfic » correspond au nom du fichier dans lequel on travaille. On indique le nom du fichier « concentrationsAAMMJJ »

8. Ligne 2, colonne B : « repertoire » correspond à l'adresse qui indique exactement le chemin d'accès complet du répertoire dans lequel se situent les données brutes à traiter, suivi d'un slash « \ ». **NE PAS OUBLIER LE « \ » A LA FIN** (sinon la macro se bloque dès le début en affichant un signal d'erreur tel que



Dans ce cas, cliquez sur OK.

Le message suivant apparaît :



Cliquez sur « Arrêter » puis modifier le nom du répertoire en rajoutant le « \ » manquant.)

9. Ligne 3, colonne B : « suffixe » correspond au type des fichiers de données brutes que l'on souhaite utiliser pour les calculs de concentrations. Les données recueillies par l'analyseur sont inscrites en fichier .tx0 (extension choisie dans le fichier « paramtra ») mais il est possible de modifier le type de fichier, par exemple en .tx1. En effet, lorsque certaines mesures sont éronnées ou aberrantes et qu'on souhaite les retirer des calculs, on appelle alors les fichiers corrigés .tx1 et on lance une macro avec le suffixe .tx1. Ainsi les données brutes initiales sont conservées en l'état dans les fichiers .tx0.

10. Ligne 4, colonne B : « nbvoies » correspond au nombre de voies échantillonnées. Dans la manip qui nous concerne il y en a 6 donc on peut laisser tel quel.

11. Ligne 5, colonne B : « phasedeb » correspond au numéro de la phase de début de la manip. La phase A correspond à la phase 1, la phase B à la phase 2 et la phase C à la phase 3. Lorsqu'il y a traçage, on commence généralement par la phase de dosage, on peut laisser 1. (Si on n'effectue pas de traçage, on commence par la phase C, on indique donc 3 dans cette cellule)

12. Ligne 6, colonne B : « phasefin » correspond au numéro de la dernière phase de la manip. Puisqu'on finit généralement par la phase C, on peut laisser 3. Ces deux paramètres « phasedeb » et « phasefin » permettent de visualiser les mesures sur une seule phase, par exemple le dosage.

13. Ligne 7, colonne B : « linedeb » correspond au numéro de la première ligne de données numériques dans les fichiers de traçage. On laisse 2 car, dans chaque fichier, la première ligne est réservée aux intitulés des colonnes.

14. Ligne 8, colonne B : « zoom » correspond au pourcentage de zoom que l'on souhaite appliquer aux graphiques. Si on laisse 100, on a un graphique pleine page.

15. Ligne 1,2, ... colonne E : Ce sont les noms des ordinateurs sur lesquels on retrouve une copie des fichiers de données brutes. Cela facilite le traitement des mêmes données sur les ordinateurs des différents intervenants d'une même expé.

16. Ligne 1, 2, ... colonne F : Ce sont les chemins d'accès des fichiers de données brutes respectivement sur chacun des ordinateurs indiqués en colonne E.

17. Ligne 20, colonne A : On indique ici le nombre de jours pour lesquels on souhaite traiter les données. Il n'est pas nécessaire que la série soit continue.

18. Ligne(s) 21, (22, ...), colonne A : On liste les dates pour lesquelles on souhaite traiter les données.

19. Ligne(s) 21, (22, ...), colonnes B à S : les colonnes Xa, Xb, Xc (ex : 1a, 1b, 1c) correspondent aux voies X (numérotées de 1 à 6) et aux phases A, B ou C (cf. paramtra). On indique 1 dans la cellule quand on a vérifié qu'on possède bien un fichier de ce type à la date correspondante ; 0 si le fichier correspondant n'existe pas ou que l'on ne souhaite pas l'inclure (cela est possible quand il y a eu un problème lors du programme de traçage et que les concentrations d'une voie et/ou d'une phase n'ont pas été enregistrées ou bien lorsqu'on lance le programme sans traçage, seules les colonne Xc doivent être remplies avec « 1 » sinon « 0 » partout) Exemple : ligne 22 (060504), colonne E (2a). On vérifie dans le dossier « traçage » si il existe un fichier 2A à la date du 060504. Si oui, on indique 1 dans cette cellule. Sinon, 0.

20. ENREGISTRER.

21. **Pour mettre en route la macro, sélectionner CONCENTRATIONS puis GLOBAL.** L'ensemble des calculs et la mise à jour des graphiques vont être effectués.

22. ENREGISTRER.

UTILISATION DU FICHIER EXCEL OBTENU APRES CALCULS:

Sur les feuilles intitulées [N₂O], [CO₂], [NH₃], [SF₆], [CH₄] et [H₂O], on peut observer, en format pleine page, les graphiques présentant l'évolution de concentrations respectivement en N₂O, CO₂, NH₃, SF₆, CH₄, H₂O pendant la période considérée.

Ces graphiques permettent un contrôle visuel rapide des observations : hétérogénéité des points d'échantillonnage, écarts intérieur-extérieur, alternance des cycles dosage-décroissance en cas de traçage, etc.

Sur la feuille « graphiques », on peut observer les 6 graphiques, en petit format, des concentrations en N₂O, CO₂, NH₃, SF₆, CH₄ et H₂O sur les 6 voies d'échantillonnage.

La feuille « 6voies_hor » présente les moyennes horaires des concentrations en N₂O, CO₂, NH₃, SF₆, CH₄, H₂O pour chacune des 6 voies d'échantillonnage. Ces moyennes horaires correspondent en fait aux médianes des concentrations relevées sur une heure de mesures. Ce sont ces valeurs qui vont nous servir à calculer les émissions gazeuses dans le fichier Excel « Emissions » ultérieurement. Les écarts-types et le nombre de valeurs prises en compte pour

calculer l'écart-type sont également présentés. Des pas de temps avec données manquantes sont introduits en cas d'absence de mesures.

Les feuilles « voie 1 », « voie 2 », « voie 3 », « voie 4 », « voie 5 » et « voie 6 » présentent, respectivement pour chaque voie d'échantillonnage, les médianes de concentrations, écarts-types et nombre de valeurs utilisées pour calculer les écarts-types. Elles renseignent également sur les horaires de début et de fin de la mesure et sur la phase concernée (A, B ou C).

La feuille « Macro_lecture » contient les différentes formules de calculs des macros.

La feuille « Macro_menus » présente les différentes macros qu'il est possible de lancer à partir de l'onglet « Concentrations » sur la barre d'état en haut de l'écran.

14.21 FICHE 13 : Calcul et contrôle des débits moyens horaires

Le fichier « débits », dont le fonctionnement est expliqué ici, est un fichier Excel qui permet de calculer les débits d'air à partir des concentrations en SF₆ mesurées et des doses de SF₆ injectées pendant la phase de dosage (données contenues dans le fichier de type TRAAMMJJ). Ce fichier n'est utilisé que lorsqu'il y a traçage avec SF₆. Les données obtenues serviront ensuite à calculer les émissions gazeuses. En principe, deux méthodes sont mises en œuvre : le calcul du débit d'air durant la phase A en faisant l'hypothèse qu'une dose constante de gaz est injectée dans le bâtiment. Cette méthode est indépendante de la connaissance du bâtiment (volume, emplacement des entrées et sorties d'air) mais elle suppose que la dose injectée soit mesurée sans erreur et que la concentration en traceur soit homogène. Le calcul du débit d'air durant la phase B est basé sur la décroissance de la concentration dans le bâtiment. Cette méthode est indépendante de la mesure de la quantité de gaz injectée mais elle dépend de la connaissance du volume du bâtiment. La combinaison des deux méthodes au cours d'une expé longue permet de s'assurer qu'un biais sur la mesure de gaz injecté n'apparaît pas progressivement.

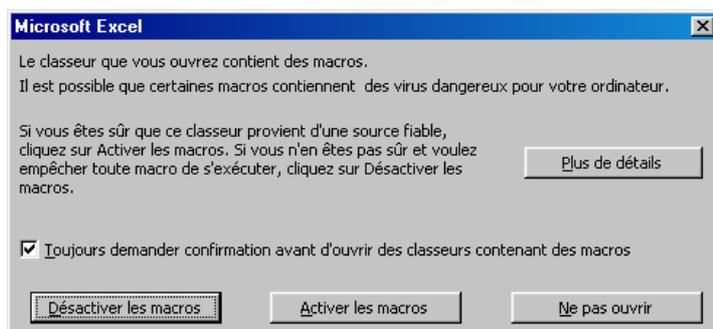
1. Dans le dossier « Calculs », on importe le fichier « débitsAAMMJJ » le plus récent.

Attention, la date est toujours inscrite sous la forme AAMMJJ afin de pouvoir classer les données de manière chronologique !

2. On renomme ce fichier en modifiant uniquement la date. **On indique toujours la date de fin des mesures !** ou la dernière date à laquelle on a enregistré les données, en cours de manip ! (Exemple : si des mesures sont effectuées du 03 au 12 mai 2006, le nom du fichier sera « Débits060512 »). Ainsi, on peut récolter les données plusieurs fois pendant la manip et l'on sait automatiquement quel est le dernier fichier enregistré.

3. Ouvrir le fichier que l'on vient de renommer : « DébitsAAMMJJ »

4. La fenêtre suivante s'ouvre :



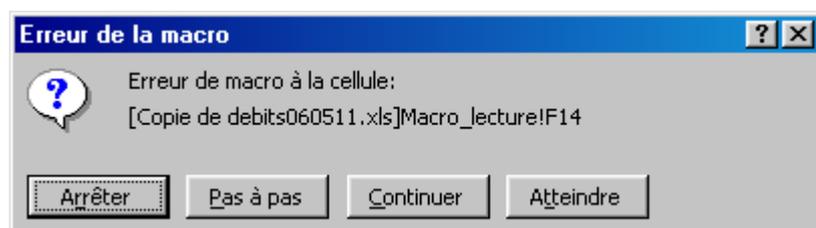
5. On clique sur « activer les macros » puis on arrive dans la fiche « Param », comme l'indique l'écran suivant :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	nomfic	debits060511.xls				feufeu			
2	repertoire	D:\mesdocuments\Claire\acta-ges\stock-ftp\060511\fumier 060511\print_0				bioclim	C:\mesures\harz2003\s6_4\		
3	suffixe	.txt0				perfeld	D:\melynda\mesures\guemevez\trac_16\		
4	nbvoies	6	6			batelev	D:\personne\paul\porchverte\Grmvz_04\trac_14\		
5	phasedeb	1				paul	D:\paul\NNRA\pentam\paul\porchverte\Grmvz_04\trac_14\		
6	phasefin	3				batelev2	D:\mesdocuments\PAUL\porchverte\Harz2003b\tracage\sf		
7	lignedeb	2							
8	nbpas	3	m3						
9	vol_salle	150	1275						
10	zoom	100							
11	phase	C							
12	nbldeb	1379	voie1	voie2	voie3	voie4	voie5	voie6	nblmax
13	lignedeb	2	2	2	2	2	2	2	2
14	11/10/05 6:31	lignefin	235	227	214	220	217	220	235
15	10/10/05 18:24	tpsmin	3/5/06 0:34	3/5/06 0:37	3/5/06 0:17	3/5/06 0:58	3/5/06 0:10	3/5/06 0:47	3/5/06 0:10
16		tpsmax	11/5/06 12:59	11/5/06 13:11	11/5/06 12:53	11/5/06 12:31	11/5/06 12:40	11/5/06 13:14	11/5/06 13:14
17	nbdates	8							
18									
19		graphique	choix manuel	valeurs lues					
20	tpsdeb	03/05/06 00:10	04/05/06 00:00	03/05/06 00:10					
21	tpsfin	11/05/06 13:14	04/05/06 00:00	11/05/06 13:14					
22									
23						736	nbmedanes	2	
24		TABLEAU DE CALCUL DES DEBITS				2			
25	voie	calcul débit	dosage 1	dosage 2	dosage 3	dosage 4	dosage 5	dosage 6	
26	1	0	0	0	0	0	0	0	0
27	2	1	0	1	1	0	0	0	0
28	3	1	0	1	1	0	0	0	0
29	4	0	0	0	0	0	0	0	0
30	5	0	0	0	0	0	0	0	0
31	6	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1	2	3	4	5	6	7	8	
33									
34		Sf6	146	g/ml					

A RENSEIGNER :

6. Ligne 1, colonne B : « nomfic » correspond au nom du fichier dans lequel on travaille. On indique le nom du fichier « debitsAAMMMJJ ».

7. Ligne 2, colonne B : « repertoire » correspond à l'adresse qui indique exactement le chemin d'accès complet du répertoire dans lequel se situent les données brutes à traiter, suivi d'un slash « \ ». **NE PAS OUBLIER LE « \ » A LA FIN** (sinon la macro se bloque dès le début en affichant un signal d'erreur tel que



Cliquez sur « Arrêter » puis modifier le nom du répertoire en rajoutant le « \ » manquant.)

8. Ligne 3, colonne B : « suffixe » correspond au type des fichiers de données brutes que l'on souhaite utiliser pour les calculs de concentrations. Les données recueillies par l'analyseur sont

inscrites en fichier .tx0 (extension choisie dans le fichier « paramtra ») mais il est possible de modifier le type de fichier, par exemple en .tx1. En effet, lorsque certaines mesures sont éronnées ou aberrantes et qu'on souhaite les retirer des calculs, on appelle alors les fichiers corrigés .tx1 et on lance une macro avec le suffixe .tx1. Ainsi les données brutes initiales sont conservées en l'état dans les fichiers .tx0.

9. Ligne 4, colonne B : « nbvoies » correspond au nombre de voies échantillonnées. Dans les manip qui nous concerne il y en a 6 donc on peut laisser tel quel.

10. Ligne 5, colonne B : « phasedeb » correspond au numéro de la phase de début de la manip. La phase A correspond à la phase 1, le phase B à la phase 2 et la phase C à la phase 3. Lorsqu'il y a traçage, on commence généralement par la phase de dosage, on peut laisser 1. (Si on n'effectue pas de traçage, on commence par la phase C, on indique donc 3 dans cette cellule)

11. Ligne 6, colonne B : « phasefin » correspond au numéro de la dernière phase de la manip. Puisqu'on finit généralement par la phase C, on peut laisser 3. Ces deux paramètres « phasedeb » et « phasefin » permettent de visualiser les mesures sur une seule phase, par exemple le dosage.

12. Ligne 7, colonne B : « lignedeb » correspond au numéro de la première ligne de données numériques dans les fichiers de traçage. On laisse 2 car, dans chaque fichier, la première ligne est réservée aux intitulés des colonnes.

13. Ligne 8, colonne B : « nbpas » correspond au nombre de pas de temps qui se suivent que l'on utilise pour calculer la dose moyenne injectée. (En effet, il existe des fluctuations sur la quantité de SF6 dosée. Par ailleurs, la quantité injectée à un instant donné va affecter la concentration des plusieurs pas de temps suivant. On fait donc une moyenne pour estimer plus précisément la dose injectée expliquant les concentrations observées) On peut laisser 3.

14. Ligne 9, colonne B : « vol_salle » correspond au volume de la salle où sont effectués les calculs de débits. Ce paramètre est essentiel si l'on veut que le débit calculé par « décroissance » soit estimé sans biais.

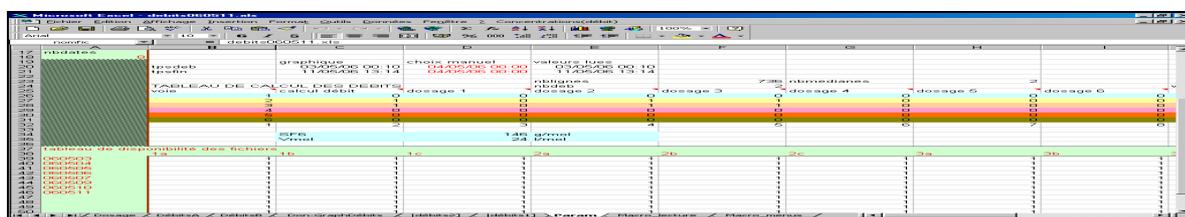
15. Ligne 10, colonne B : « zoom » correspond au pourcentage de zoom que l'on souhaite appliquer aux graphiques. Si on laisse 100, on a un graphique pleine page.

16. Ligne 11, colonne B : « phase ». Il est indiqué C, on laisse tel quel.

17. Ligne 1,2, ... colonne E : Ce sont les noms des ordinateurs sur lesquels on retrouve une copie des fichiers de données brutes. Cela facilite le traitement des mêmes données sur les ordinateurs des différents intervenants d'une même expé.

18. Ligne 1, 2,... colonne F : Ce sont les chemins d'accès des fichiers de données brutes respectivement sur chacun des ordinateurs indiqués en colonne E.

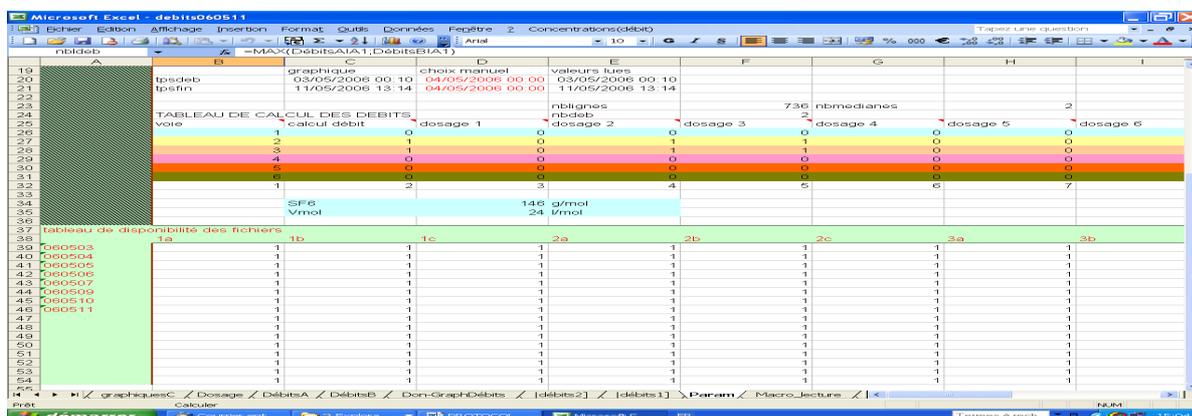
19. Ligne 18, colonne A : On indique ici le nombre de jours pour lesquels on souhaite traiter les données. Il n'est pas nécessaire que la série soit continue.



20. Ligne(s) 39, (40, ...), colonne A : On liste les dates pour lesquelles on souhaite traiter les données.

21. Ligne(s) 39, (40, ...), colonnes B à S : On indique 1 dans la cellule quand on a vérifié qu'on possède bien un fichier de ce type à la date correspondante ; 0 si le fichier correspondant n'existe pas (cela est possible quand il y a eu un problème lors du programme de traçage et que les concentrations d'une voie et/ou d'une phase n'ont pas été enregistrées ou bien lorsqu'on lance le programme sans traçage, seules les colonnes Xc doivent être remplies avec « 1 » sinon « 0 » partout) Exemple : ligne 40 (060504), colonne E (2a). On vérifie dans le dossier « traçage » si il existe un fichier 2A à la date du 060504. Si oui, on indique 1 dans cette cellule. Sinon, 0.

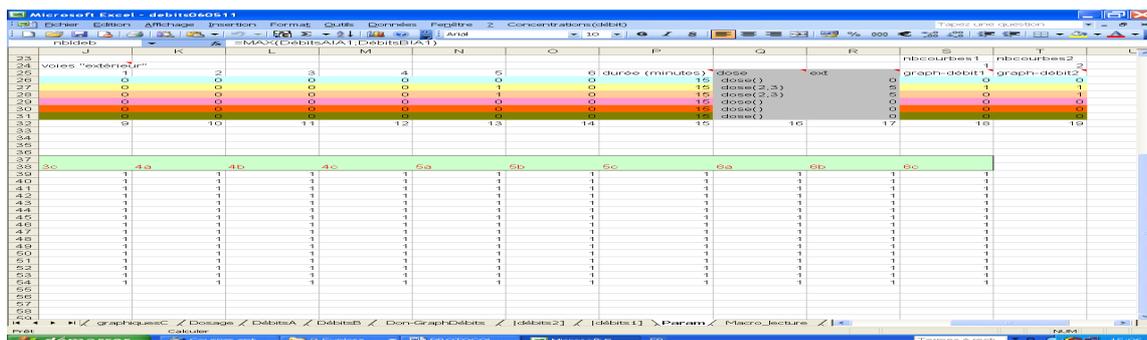
22. « Tableau de calcul des débits », ligne 25 à 32. Exemple ci-dessous :



En colonne C, « calcul débit », on indique 1 en face des voies d'échantillonnage intérieur qui vont servir au calcul du débit (ici, les voies 2 et 3), 0 pour les autres.

Sur les lignes correspondant aux voies d'échantillonnage choisies pour les calcul des débits (ici, lignes 27 et 28, correspondant aux voies d'échantillonnage 2 et 3), on indique 1 au croisement avec les voies utilisées pour le dosage. (Ici, on a dosé en voie 2 et 3 donc colonne E « dosage 2 » et F « dosage 3 »), 0 pour les autres.

Suite du tableau :



Sur les lignes correspondant aux voies d'échantillonnage choisies pour les calcul des débits (ici, lignes 27 et 28, correspondant aux voies d'échantillonnage 2 et 3), on indique 1 au croisement avec la voie « extérieur » (même si il y en a deux dans la manip, on sélectionne celle qui aura été jugée pertinente aux vues des fichiers concentrations ; ici, la voie 5), 0 pour les autres.

Colonne P, « durée (minutes) », c'est la durée (maximale) en minutes de la période prise en compte pour le calcul d'un débit moyen. Cela signifie que pour le calcul du débit par la méthode « dose constante », on utilise des concentrations moyennes sur 15 min avec la dose moyenne calculée sur le nombre de pas de temps fixé. On laisse 15.

Les colonnes Q « dose » et R « ext. » se mettent à jour automatiquement. Elles permettent de vérifier que dans les lignes correspondant aux voies d'échantillonnage choisies pour les calculs des débits (ici, lignes 27 et 28, correspondant aux voies d'échantillonnage 2 et 3), on a d'indiqué les bonnes voies de dosage (ici « dose (2,3) ») et la bonne voie extérieure (ici « 5 »).

Colonne S « graph-débit 1 », on indique 1 en face de la voie d'échantillonnage qui va servir à calculer le débit (on sélectionne celle qui aura été jugée pertinente aux vues des fichiers concentrations ; ici ligne 27, voie 2), 0 pour les autres. On pourra, une fois que la macro a tourné, observer le graphique avec une seule courbe de débit sur la feuille de calcul appelée [débits1].

Colonne T « graph-débit 2 », on indique 1 en face des deux voies d'échantillonnage qui vont servir à calculer le débit (on sélectionne celles qui auront été jugées pertinentes aux vues des fichiers concentrations ; ici ligne 27, voie 2 et ligne 28, voie 3), 0 pour les autres. On pourra, une fois que la macro a tourné, observer le graphique avec deux courbes de débits sur la feuille de calcul appelée [débits2]. On peut ainsi effectuer une comparaison des résultats de calculs de débits obtenus à partir de mesures provenant de deux voies d'échantillonnage. La comparaison visuelle du débit calculé selon 2 méthodes (dose constante et décroissance) et en utilisant deux points d'échantillonnage permet, le cas échéant, de repérer des périodes où l'estimation du débit est aberrante.

23. ENREGISTRER.

24. **Pour mettre en route la macro, sélectionner DEBITS puis GLOBAL.** L'ensemble des calculs et la mise à jour des graphiques vont être effectués.

25. ENREGISTRER.

PRESENTATION DU FICHIER EXCEL OBTENU APRES CALCULS:

Sur les feuilles intitulées [N₂O], [CO₂], [NH₃], [SF₆], [CH₄] et [H₂O], on peut observer, en format pleine page, les graphiques présentant l'évolution de concentrations respectivement en N₂O, CO₂, NH₃, SF₆, CH₄, H₂O pendant la période considérée.

Les feuilles « voie 1A », « voie 2A », « voie 3A », « voie 4A », « voie 5A » et « voie 6A » présentent, respectivement pour chaque voie d'échantillonnage en phase A (de dosage), les médianes de concentrations avec les horaires de début et de fin de la mesure.

Les feuilles « voie 1B », « voie 2B », « voie 3B », « voie 4B », « voie 5B » et « voie 6B » présentent, respectivement pour chaque voie d'échantillonnage en phase B (de décroissance), les médianes de concentrations avec les horaires de début et de fin de la mesure.

Les feuilles « voie 1C », « voie 2C », « voie 3C », « voie 4C », « voie 5C » et « voie 6C » présentent, respectivement pour chaque voie d'échantillonnage en phase C (sans dosage), les médianes de concentrations avec les horaires de début et de fin de la mesure.

Sur les feuilles « graphiquesA », « graphiquesB », « graphiquesC », on peut observer les 6 graphiques, en petit format, des concentrations en N₂O, CO₂, NH₃, SF₆, CH₄ et H₂O sur les 6 voies d'échantillonnage respectivement en phase A, B et C.

La feuille « dosage » récapitule en fonction du jour et de l'heure, les doses de SF₆ injectées par quelle buse et pour quelle voie d'échantillonnage.

La feuille « DébitsA » et « DébitsB » donnent les débits horaires respectivement en phase A (dosage constant) et B (décroissance). Le calcul est fait par les deux méthodes et on ne retient que les valeurs pour lesquelles on est clairement en phase de « dose constante » ou de « décroissance ». Les deux estimations concordent à deux conditions :

- le volume du bâtiment est correctement estimé, en cas de doute, un calcul peut être répété sur la base de la géométrie du bâtiment
- le dosage mémorisé par l'échantillonneur-doseur n'est pas biaisé ; en cas de doute, le cumul des doses relevé dans les fichiers « trAAMMJJ.txt » peut être comparé à la perte de poids des bouteilles de gaz traceur.

La concordance de ces estimations est évaluée notamment en utilisant les graphiques présentés ci-dessous.

La feuille « Don-GraphDébits » contient les données qui servent à la construction des graphiques en feuilles « [Débits1] » et « [Débits2] ».

Dans la feuille « [Débits1] », on observe sur un graphique les débits de la voie d'échantillonnage choisie dans la feuille « param », colonne S, lignes 25-31.

Dans la feuille « [Débits2] », on observe sur un graphique les débits des voies d'échantillonnage choisies dans la feuille « param », colonne T, lignes 25-31.

La feuille « Macro_lecture » contient les différentes formules de calculs des macros.

La feuille « Macro_menus » présente les différentes macros qu'il est possible de lancer à partir de l'onglet « Débits » sur la barre d'état en haut de l'écran.

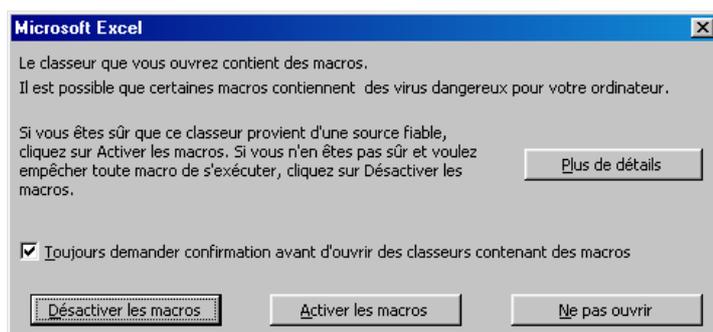
14.22 FICHE 14 : Traitement des données climatiques

La station météo Campbell permet de mesurer la température et l'hygrométrie, entre autres mesures (vitesse et direction du vent, pluviométrie, rayonnement, température du sol, pression atmosphérique). Le fichier Campbell, dont le fonctionnement est expliqué ici, est un fichier Excel qui permet d'effectuer des calculs de moyennes horaires à partir des données brutes récoltées par la station météo et de réaliser des graphiques permettant d'observer les variations de températures, humidités, pluie et pression atmosphérique au cours de la période de mesures. Les données obtenues serviront ensuite à calculer les émissions gazeuses.

1. Dans le dossier « Calculs », du dossier de la manip dont on souhaite traiter les résultats, on importe le fichier de calcul des données météo « Campbell_extension.xls » le plus récent.

2. On renomme ce fichier et on l'ouvre.

3. La fenêtre suivante s'ouvre :



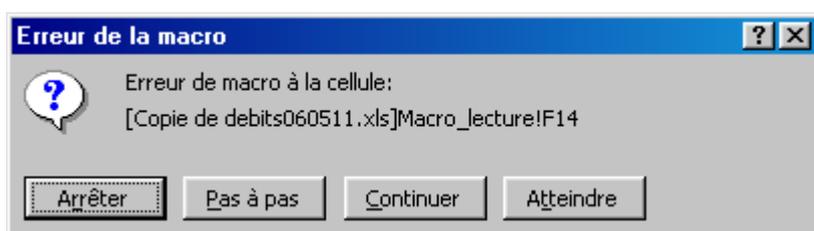
4. On clique sur « activer les macros » puis on arrive dans la fiche « Param », comme l'indique l'écran suivant :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	nomfic	campbell_stock_lisiercues_06.xls				D:\melynda\mesures\harz20003\Campbell\						
2	repertoire	D:\mesures2\acta-ges\ntp\stockage\lisier\				C:\Mes_doc\pau\NIRA\pentam\pau\porchverte\harz2003\campbell\						
3	nomCR10	CR10_EXT.DAT										
4	ldebCR10dat	14332										
5	ldebCR10	4										
6	nom21X											
7	ldeb21X											
8	ldeb21Xdat											
9												
10	nblignesCR10X	6055										
11	nblignes21X	7289										
12	nbmoy	12										
13												
14	nbval21x	1										
15	nbvalcr10x	2542										
16	datedeb	23/09/03										
17	datefin	02/12/03										
18		Pa										
19	taille_police_min	10										
20												
21	Patm	101325										
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												

A RENSEIGNER :

5. Ligne 1, colonne B : « nomfic » correspond au nom du fichier dans lequel on travaille. On indique le nom du fichier « Campbell_extension.xls ».

6. Ligne 2, colonne B : « repertoire » correspond à l'adresse qui indique exactement le chemin d'accès complet du répertoire dans lequel se situent les fichiers de données brutes Campbell (*.dat), en finissant par un "\". **NE PAS OUBLIER LE « \ » A LA FIN** sinon la macro se bloque dès le début en affichant un signal d'erreur tel que



Cliquez sur « Arrêter » puis modifier le nom du répertoire en rajoutant le « \ » manquant.)

7. Lignes 1, 2, 3, 4, colonne H : Ce sont les chemins d'accès à des copies du fichier de données brutes Campbell.

8. Ligne 4, colonne B : « nomCR10 » indique le nom du fichier de données brutes Campbell (.dat) de la centrale d'acquisition CR10X(ext.) dans lequel on va extraire les données brutes.

9. Ligne 5, colonne B : ldebCR10dat indique la première ligne de données brutes chiffrées utilisée dans le fichier .dat de la centrale d'acquisition CR10X(ext.). Attention, les mêmes données peuvent être collectées plusieurs fois sur le PC, ce qui peut expliquer des redondances.

10. Ligne 6, colonne B : ldebCR10 indique la première ligne utilisée dans la feuille CR10X_ext pour recopier le tableau lu dans le fichier .dat de la centrale d'acquisition CR10X(ext.).

11. Lignes 8, 9, 10, colonne B : Idem qu'en 8., 9., 10., mais concernant les fichiers de la centrale d'acquisition 21X(int.), si elle est utilisée dans la manip (si non, ne rien indiquer dans ces cellules).

12. Ligne 15, colonne B : « nbmoy » correspond au nombre de pas de temps utilisés – 1 pour avoir une moyenne sur une heure. On indique 10 pour avoir des moyennes sur une heure lorsque l'intervalle de mesure est de 5 min (11 pas de temps). Sinon, il faut modifier la macro.

13. ENREGISTRER.

14. Pour lancer les calculs, on clique sur « T-HR » dans la barre d'état, en haut de l'écran, puis sur CR10X extérieur si on veut effectuer les calculs à partir des données de la CR10X ou sur 21X intérieur pour effectuer les calculs à partir des données de la centrale d'acquisition intérieure.

15. Une fois ces premiers calculs terminés, on clique sur « T-HR » dans la barre d'état, en haut de l'écran, puis sur « moyenne CR10X extérieur » si on veut effectuer les calculs de moyennes à partir des données de la CR10X ou sur « moyenne 21X intérieur » pour effectuer les calculs de moyennes à partir des données de la centrale d'acquisition intérieure.

16. ENREGISTRER.

PRESENTATION DU FICHER EXCEL OBTENU APRES CALCULS:

La feuille « CR10X_ext » présente les données relevées par la station météo Campbell concernant la température, l'hygrométrie, la vitesse et la direction du vent, le rayonnement solaire, la pression atmosphérique, la pluie et la température du sol.

La feuille « Calculs-CR10X » présente les moyennes horaires pour les différents paramètres météo relevées par la station Campbell et présentées dans la feuille « CR10X_ext ». Pour le contrôle, on peut comparer les humidités observées à celles mesurées par l'analyseur de gaz.

La feuille « G-Humidités » est un graphique qui présente l'évolution de l'humidité relative et de l'humidité spécifique. Il se base sur les données de la feuille « Calculs-CR10X ».

La feuille « G-Températures » est un graphique qui présente l'évolution des températures intérieures, extérieures et du sol. Il se base sur les données de la feuille « Calculs-CR10X ».

La feuille « G-Pluie-Patm » est un graphique qui présente l'évolution des précipitations et de la pression atmosphérique. Il se base sur les données de la feuille « Calculs-CR10X ».

La feuille « Macro_lecture » contient les différentes formules de calculs des macros.

La feuille « Macro_menus » présente les différentes macros qu'il est possible de lancer à partir de l'onglet « Concentrations » sur la barre d'état en haut de l'écran.

14.23 FICHE 15 : Vérification des débits et calcul des émissions

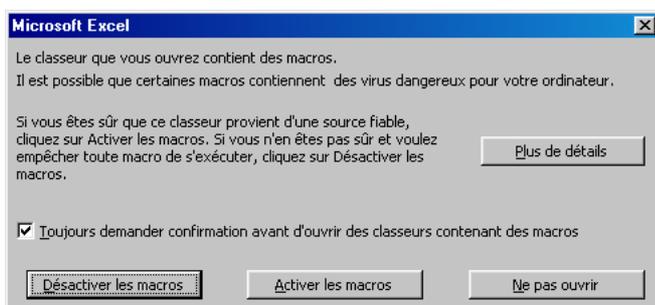
14.23.1 Ouverture du fichier

Ce fichier Excel permet de croiser les données des fichiers Concentrations, Débits et Campbell afin de calculer les émissions. Enregistrer sous le nom de la manip

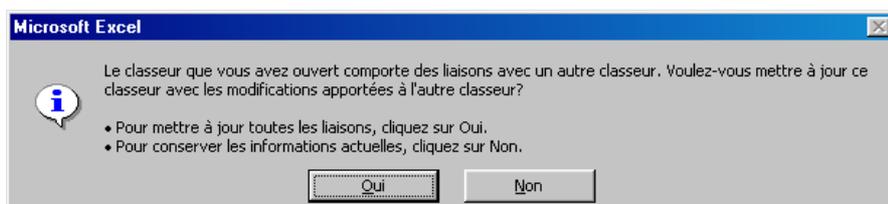
1. Dans le dossier « Calculs » créée précédemment, on importe le fichier de calcul des émissions gazeuses « Emissions.xls » le plus récent.

2. On renomme ce fichier et on l'ouvre.

3. La fenêtre suivante s'ouvre :



4. Cliquer sur « Activer les macros », puis la fenêtre suivante s'ouvre :



5. Cliquer sur « Non ». On arrive alors sur la feuille « Emissions » que l'on ne remplit pas pour l'instant.

14.23.2 ETAPE 1 : Feuille « Calculs_air »

On importe dans cette feuille les données contenues dans les fichiers Excel Campbell.xls. Pour ce faire, on copie avec liaison les données du fichier Excel Campbell (moyennes horaires) puis on s'assure qu'il ne reste pas d'anciennes données héritées du fichier initial (avant adaptation à la présente expé).

jour	heure	T air int 1 °C	T air int 2 °C	HR air int 1 %	HR air int 2 %	T air ext jour	T air ext heure	T air ext 1 °C	T air ext 2 °C	HR air ext 1 %	HR air ext 2 %	Ve dm
02/05/06	0:30					02/05/06	0:30	7,68		108,98		
02/05/06	1:30					02/05/06	1:30	6,78		108,90		
02/05/06	2:30					02/05/06	2:30	6,91		108,91		
02/05/06	3:30					02/05/06	3:30	7,36		108,96		
02/05/06	4:30					02/05/06	4:30	7,45		108,96		
02/05/06	5:30					02/05/06	5:30	7,60		108,98		
02/05/06	6:30					02/05/06	6:30	8,12		109,01		
02/05/06	7:30					02/05/06	7:30	8,82		109,07		
02/05/06	8:30					02/05/06	8:30	9,27		109,11		
02/05/06	9:30					02/05/06	9:30	9,83		109,19		
02/05/06	10:30					02/05/06	10:30	11,27		109,28		
02/05/06	11:30					02/05/06	11:30	12,74		109,37		
02/05/06	12:30					02/05/06	12:30	14,34		109,44		
02/05/06	13:30					02/05/06	13:30	15,81		109,49		
02/05/06	14:30					02/05/06	14:30	16,66		109,54		
02/05/06	15:30					02/05/06	15:30	17,50		109,56		
02/05/06	16:30					02/05/06	16:30	18,40		109,62		
02/05/06	17:30					02/05/06	17:30	18,51		109,63		
02/05/06	18:30					02/05/06	18:30	18,13		109,61		
02/05/06	19:30					02/05/06	19:30	16,87		109,54		
02/05/06	20:30					02/05/06	20:30	15,57		109,48		
02/05/06	21:30					02/05/06	21:30	13,24		109,34		
02/05/06	22:30					02/05/06	22:30	11,42		109,24		
02/05/06	23:30					02/05/06	23:30	10,19		109,15		
03/05/06	0:30					03/05/06	0:30	9,50		109,10		
03/05/06	1:30					03/05/06	1:30	8,73		109,06		
03/05/06	2:30					03/05/06	2:30	8,60		109,05		

6. Les colonnes A (« T air int. » jour) et B (« T air int. » heure) ainsi que G (« T air ext. » jour) et H (« T air ext. » heure) correspondent à la colonne A « Temps » de la feuille « Calculs_CR10X » du fichier Excel Campbell.

7. La colonne C « T air int. 1 » correspond à la colonne J « moyenne horaire T Testo » de la feuille du Testo correspondant du fichier Excel Testos.

8. La colonne I « T air ext. 1 » correspond à la colonne B « T air-ext » de la feuille « Calculs_CR10X » du fichier Excel Campbell.

9. La colonne K « HR air ext. 1 » correspond à la colonne C « HR-ext » de la feuille « Calculs_CR10X » dans le fichier Excel Campbell.

10. La colonne M « Vent » correspond à la colonne E « Vent » de la feuille « Calculs_CR10X » dans le fichier Excel Campbell.

11. Concernant les calculs de Psat, Pvp, rho et enthalpie, dans les colonnes N, O, P, Q, T, U, V et W les formules sont déjà entrées dans les cellules. Il faut juste vérifier que les colonnes de température et d'hygrométrie entrant dans la formule sont les bonnes (puisqu'il y a deux colonnes de températures et deux d'hygrométries_une issue de la station météo, une du TESTO, il faut choisir celle que l'on souhaite utiliser).

12. Les colonnes X et Y, « Pb q ? » et « Pb H ? » permettent de mettre en évidence les valeurs aberrantes respectivement de q et de H. Si la cellule indique 9999, cela signifie que q int. < q ext. (en colonne X) ou que enthalpie int. < enthalpie ext. (en colonne Y). Sinon, la cellule indique la valeur 0.

14.23.3 ETAPE 2 : Feuille « Concentrations »

On importe dans cette feuille les données contenues dans le fichier Excel ConcentrationsAAMMJJ.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2	AIR	AIR		GAZ	GAZ	GAZ	GAZ	GAZ	GAZ	GAZ	GAZ	GAZ
3						Concentrations (mg/Nm3)						
4				jour	heure	Voie 1	Voie 1	Voie 1	Voie 1	Voie 1	Voie 1	Voie 1
5	jour	heure	nomfic			N2O	CO2	NH3	SF6	CH4	H2O	jour
22	2/5/06 16:30	16:30										
23	2/5/06 17:30	17:30										
24	2/5/06 18:30	18:30										
25	2/5/06 19:30	19:30										
26	2/5/06 20:30	20:30										
27	2/5/06 21:30	21:30										
28	2/5/06 22:30	22:30										
29	2/5/06 23:30	23:30										
30	3/5/06 0:30	00:30	Concentrations060512	3/5/06 0:31	0,5	0,571	755,510	13,650	-3,479	61,038	7479,600	
31	3/5/06 1:30	01:30		3/5/06 1:35	1,5	0,605	769,920	13,025	-3,308	57,736	7383,300	
32	3/5/06 2:30	02:30		3/5/06 2:35	2,5	0,609	766,357	7,201	#N/A	32,560	7643,857	
33	3/5/06 3:30	03:30		3/5/06 3:35	3,5	0,610	765,471	5,753	#N/A	26,302	7708,625	
34	3/5/06 4:30	04:30		3/5/06 4:45	4,5	0,611	764,710	4,509	-1,099	20,923	7764,300	
35	3/5/06 5:30	05:30		3/5/06 5:47	5,5	0,635	807,910	11,333	-2,870	49,543	7287,600	
36	3/5/06 6:30	06:30		3/5/06 6:47	6,5	0,582	747,501	11,667	#N/A	52,521	8275,126	
37	3/5/06 7:30	07:30		3/5/06 7:47	7,5	0,569	732,472	11,750	#N/A	53,262	8520,810	
38	3/5/06 8:30	08:30		3/5/06 8:56	8,5	0,557	719,400	11,822	-2,987	53,907	8734,500	
39	3/5/06 9:30	09:30		3/5/06 9:59	9,5	0,568	732,060	11,985	-3,029	55,325	8808,600	
40	3/5/06 10:30	10:30		3/5/06 10:59	10,5	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	
41	3/5/06 11:30	11:30		3/5/06 11:59	11,5	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	
42	3/5/06 12:30	12:30		3/5/06 12:59	12,5	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	
43	3/5/06 13:30	13:30		3/5/06 13:34	13,5	0,519	712,530	27,350	-7,026	136,190	#####	
44	3/5/06 14:30	14:30		3/5/06 14:34	14,5	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	
45	3/5/06 15:30	15:30		3/5/06 15:34	15,5	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	
46	3/5/06 16:30	16:30		3/5/06 16:34	16,5	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	
47	3/5/06 17:30	17:30		3/5/06 17:34	17,5	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	
48	3/5/06 18:30	18:30		3/5/06 18:35	18,5	0,422	711,320	11,205	-1,984	60,185	#####	
49	3/5/06 19:30	19:30		3/5/06 19:34	19,5	1,632	926,240	17,340	0,777	13,738	#####	
50	3/5/06 20:30	20:30		3/5/06 20:25	20,5	1,782	976,700	12,204	0,900	13,861	#####	

13. Les colonnes A « jour » et B « heure » correspondent à celles de la feuille « Calculs_air ».

14. On importe pour chacune des 6 voies d'échantillonnage les colonnes « temps », « heure » et les concentrations médianes des 6 gaz contenues dans la feuille « 6voies_hor ».

Attention de bien faire coïncider les dates et heures AIR et GAZ car les mesures du Campbell et de l'analyseur de gaz ne démarrent pas au même moment.

Lorsqu'il y a des pas de temps (lignes) où il manque des données « concentrations » (donc #N/A), on interpole les résultats. Pour cela, on efface la ligne contenant des #N/A (dans la limite des colonnes de la voie d'échantillonnage concernée), on clique sur la cellule de la colonne N₂O juste au dessus de la ligne (ou des lignes qui se suivent) concernée.

14.23.4 ETAPE 3 : Feuille « Traçage »

On importe dans cette feuille les données contenues dans le fichier Excel DébitsAAMMJJ.xls.

	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1														
2	AIR	AIR			débit horaire A (médiane s2)	écart-type	nb valeurs	débit horaire A (médiane s2)				débit horaire B (médiane s1)	écart-type	nb valeurs
3	temps	heure	temps	heure						temps	heure			
31	3/5/06 1:30	01:30						#N/A						
32	3/5/06 2:30	02:30						#N/A						
33	3/5/06 3:30	03:30						#N/A						
34	3/5/06 4:30	04:30						#N/A						
35	3/5/06 5:30	05:30						#N/A						
36	3/5/06 6:30	06:30						#N/A						
37	3/5/06 7:30	07:30						#N/A						
38	3/5/06 8:30	08:30						#N/A						
39	3/5/06 9:30	09:30						#N/A						
40	3/5/06 10:30	10:30						#N/A						
41	3/5/06 11:30	11:30						#N/A						
42	3/5/06 12:30	12:30						#N/A						
43	3/5/06 13:30	13:30						#N/A						
44	3/5/06 14:30	14:30						#N/A						
45	3/5/06 15:30	15:30						#N/A						
46	3/5/06 16:30	16:30						#N/A						
47	3/5/06 17:30	17:30	3/5/06 17:17	17,50	0	0	0	#N/A		3/5/06 17:17	17,50	0,00	0,00	0,00
48	3/5/06 18:30	18:30	3/5/06 18:17	18,50	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A		3/5/06 18:17	18,50	#N/A	#N/A	#N/A
49	3/5/06 19:30	19:30	3/5/06 19:17	19,50	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A		3/5/06 19:17	19,50	#N/A	#N/A	#N/A
50	3/5/06 20:30	20:30	3/5/06 20:17	20,50	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A		3/5/06 20:17	20,50	#N/A	#N/A	#N/A
51	3/5/06 21:30	21:30	3/5/06 21:17	21,50	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A		3/5/06 21:17	21,50	#N/A	#N/A	#N/A
52	3/5/06 22:30	22:30	3/5/06 22:17	22,50	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A		3/5/06 22:17	22,50	#N/A	#N/A	#N/A
53	3/5/06 23:30	23:30	3/5/06 23:17	23,50	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A		3/5/06 23:17	23,50	#N/A	#N/A	#N/A
54	4/5/06 0:30	00:30	4/5/06 0:17	0,50	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A		4/5/06 0:17	0,50	#N/A	#N/A	#N/A
55	4/5/06 1:30	01:30	4/5/06 1:17	1,50	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A		4/5/06 1:17	1,50	#N/A	#N/A	#N/A
56	4/5/06 2:30	02:30	4/5/06 2:17	2,50	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A		4/5/06 2:17	2,50	#N/A	#N/A	#N/A
57	4/5/06 3:30	03:30	4/5/06 3:17	3,50	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A		4/5/06 3:17	3,50	#N/A	#N/A	#N/A
58	4/5/06 4:30	04:30	4/5/06 4:17	4,50	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A		4/5/06 4:17	4,50	#N/A	#N/A	#N/A

15. Les colonnes A « jour » et B « heure » correspondent à celles de la feuille « Calculs_air ».

16. On importe pour chacune des phases de dosage (A : constante et B : décroissante) la colonne « temps », « heure », le débit horaire, l'écart-type et le nombre de valeurs entrant dans le calcul du débit, respectivement, de la voie d'échantillonnage dont on a calculé le débit et qui est la plus significative.

17. Un tri est effectuée, dans la colonne jaune « débit horaire A », qui permet d'écartier les valeurs de débit avec un écart-type trop important (l'écart-type ne doit pas dépasser 10% du débit mais ce pourcentage peut être modifié manuellement en fonction de la précision voulue) ou un nombre de valeurs inférieur à 3.

14.23.5 ETAPE 4 : Feuille « Débits »

	A	B	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
			DEBIT	vérif temps	vérif temps	concentrations	concentrations	traçage (DoseC)	traçage (DoseC)	traçage (décr)	traçage (décr)	ec-type	ec-type	Qair.dec	Qair.dec	Qair.dec
	AIR	AIR		porcs	porcs									Qair.dose	Qair.dose	Qair.dose
														(m3/h.porc)	(m3/h.porc)	(m3/h.porc)
	temps	heure		jour	heure	jour	heure	jour	heure	jour	heure					
29	2/5/06	23:30	23:30			#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
30	3/5/06	0:30	00:30			#N/A	#N/A	#REF!	0,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
31	3/5/06	1:30	01:30			#N/A	#N/A	03-mai	1,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
32	3/5/06	2:30	02:30			#N/A	#N/A	03-mai	2,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
33	3/5/06	3:30	03:30			#N/A	#N/A	03-mai	3,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
34	3/5/06	4:30	04:30			#N/A	#N/A	03-mai	4,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
35	3/5/06	5:30	05:30			#N/A	#N/A	03-mai	5,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
36	3/5/06	6:30	06:30			#N/A	#N/A	03-mai	6,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
37	3/5/06	7:30	07:30			#N/A	#N/A	03-mai	7,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
38	3/5/06	8:30	08:30			#N/A	#N/A	03-mai	8,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
39	3/5/06	9:30	09:30			#N/A	#N/A	03-mai	9,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
40	3/5/06	10:30	10:30			#N/A	#N/A	03-mai	10,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
41	3/5/06	11:30	11:30			#N/A	#N/A	03-mai	11,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
42	3/5/06	12:30	12:30			#N/A	#N/A	03-mai	12,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
43	3/5/06	13:30	13:30			#N/A	#N/A	03-mai	13,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
44	3/5/06	14:30	14:30			#N/A	#N/A	03-mai	14,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
45	3/5/06	15:30	15:30			#N/A	#N/A	03-mai	15,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
46	3/5/06	16:30	16:30			#N/A	#N/A	03-mai	16,50	#N/A	#N/A	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
47	3/5/06	17:30	17:30			#N/A	#N/A	03-mai	17,50	03-mai	17,50	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
48	3/5/06	18:30	18:30			#N/A	#N/A	03-mai	18,50	03-mai	18,50	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
49	3/5/06	19:30	19:30			#N/A	#N/A	03-mai	19,50	03-mai	19,50	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
50	3/5/06	20:30	20:30			#N/A	#N/A	03-mai	20,50	03-mai	20,50	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
51	3/5/06	21:30	21:30			#N/A	#N/A	03-mai	21,50	03-mai	21,50	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
52	3/5/06	22:30	22:30			#N/A	#N/A	03-mai	22,50	03-mai	22,50	#DIV/0!	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

Cette feuille permet de vérifier la concordance des pas de temps entre les différentes feuilles du fichier. On compare ainsi les dates et heures des feuilles « Calculs-air », « Concentrations » et « Traçage », ainsi que de la feuille « animaux » quand il y en a.

On peut observer également deux colonnes de débits d'air, calculés à dose constante et en phase de décroissance, ainsi qu'une colonne d'interpolation du débit à dose constante et une colonne de débit d'air reconstitué, qui prend le débit calculé à partir de la chaleur totale dans le cas où l'on n'a pas de valeur pour le débit calculé à partir de la dose constante.

Certaines colonnes peuvent être ajoutées ou retirées ; cela dépend des difficultés rencontrées pendant les manip et des besoins pour le traitement des données.

La feuille « animaux » contient les informations sur les animaux (poids, croissance, productions). Il faut vérifier que les équations sont bien adaptées (cf. document CIGR, 2002). Puis on l'utilise pour calculer les débits par les productions de chaleur (totale, sensible, latente) et par la production de CO₂. Ces débits sont ensuite rappelés dans la feuille débits et comparés aux débits calculés par traçage.

14.23.6 ETAPE 5 : Feuille « Emissions »

Sur cette feuille, on peut observer les différents gradients de concentration (dq) entre l'intérieur et l'extérieur concernant l'eau, le NH₃, le CH₄, le N₂O et le CO₂ ainsi que les émissions d'azote sous forme NH₃ et N₂O et de carbone sous forme de CH₄ et de CO₂ déduites des gradients de concentrations (Q-dc) ou calculées à partir de la chaleur totale (Q-Htot).

Les émissions résultent de la multiplication du gradient de concentration (dq) mesuré par l'analyseur entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment par le débit mesuré à partir de la chaleur totale (Q Htot) ou chaleur sensible (Q Hsens) ou chaleur latente (Q Hlat) ou à partir de la dose constante (Q-dc) (données recueillies par l'analyseur en phase A de dosage avec SF₆). Il peut donc arriver que, soit le gradient de concentration, soit le débit, soit négatif, il est alors indiqué #N/A dans la case correspondante. Un tri s'effectue alors, qui permet de noter #N/A dans la case émissions correspondante lorsque le débit ou le gradient indique #N/A.

Pour les horaires où l'on n'a pas de données émissions, on peut interpoler à partir des données que l'on a. Pour cela, il faut se placer sur la première cellule de la colonne à partir de laquelle on souhaite avoir des données interpolées. On tape « Ctrl J ». Les résultats de l'interpolation s'affichent dans la colonne correspondante de données interpolées, située à une colonne d'écart de celle d'origine vers la droite.

15 Annexe D : Développement d'une base de données pour caractériser un grand nombre de bâtiments : notice pour développeurs (*Implementation of a database to characterize a large number of animal houses: implementation guide*)

15.1 Présentation générale

15.1.1 Contexte du projet « BDD »

La caractérisation des émissions gazeuses est un enjeu incontournable du développement de l'élevage. Celui-ci contribue majoritairement à l'émission d'ammoniac (NH₃) et, dans une moindre mesure, aux émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) au travers du dioxyde de carbone (CO₂), du méthane (CH₄) et du protoxyde d'azote (N₂O).

La maîtrise de ses émissions gazeuses, engagée implicitement depuis plusieurs années à travers l'amélioration de la gestion des effluents et les efforts de réduction de la nuisance olfactive, permet aujourd'hui de faire ressortir le rôle de l'élevage dans le stockage de carbone dans les sols cultivés et les cultures, à travers notamment la production d'engrais et amendements organiques. A ce titre, ce projet permet d'apporter une « composante atmosphérique » à la Charte de Développement Pérenne de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire en Bretagne et s'inscrit naturellement dans la problématique du Plan Régional pour la Qualité de l'Air.

Actuellement, l'approche qui vise à quantifier ces émissions et à en apprécier la contribution de l'élevage relève de facteurs d'émissions globaux issus de la littérature étrangère avec une typologie des combinaisons de systèmes de logement, stockage, pratiques de l'éleveur, différente de celle rencontrée au niveau national.

Les émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre des élevages vont devenir un élément déterminant de l'évolution des techniques et des constructions. Des méthodes de référence et des méthodes simplifiées doivent pour cela être proposées dans le but de connaître les émissions et de certifier d'éventuelles réductions d'émission. Il y a environ 600 000 bâtiments d'élevage en France dont 510 000 bâtiments bovins, 57 000 bâtiments avicoles et 47 000 bâtiments porcins. Leur diversité résulte des différentes combinaisons d'espèces animales, stades physiologiques (reproducteur, jeune, animal en croissance), modes de logement (ventilations naturelle ou mécanique), types d'effluent (fumiers, lisiers), climats. En outre, pour une catégorie de bâtiment, les émissions dépendent des pratiques de l'éleveur. Il est donc nécessaire de caractériser un grand nombre de bâtiments pour espérer avoir un échantillon représentatif et estimer les émissions nationales et pouvoir certifier des objectifs de réduction décidés dans les accords internationaux. Dans ce cadre plusieurs organismes de R&D en France et à l'étranger se sont associés pour développer ces méthodes. La base de données a été développée sous PostgreSQL et les interfaces sous C++ en vue de caractériser un grand nombre de bâtiments. Afin de donner de la souplesse au système, notamment pour caractériser un petit nombre de bâtiments et faciliter l'appropriation de ces outils par les filières de production animale, des feuilles de calcul sous Open Office / Excel ont également été développées. Il s'agit de formaliser les résultats acquis sous forme de programmes simples à diffuser, à utiliser et à implémenter.

15.1.2 Objectifs du projet « BDD »

Le premier objectif était d'avoir une base de données structurée, permettant la saisie d'un grand nombre d'enregistrements, sur un grand nombre de critères. Il fallait ensuite développer des outils de calculs d'émissions adaptés aux différentes productions (bovines, porcines, avicoles) et aux différents gaz (CO₂, CH₄, N₂O, NH₃). Ces outils devaient utiliser la même base de données, pouvoir être intégrés en tant que modules dans un programme unique, et pouvoir déboucher sur des estimations par exploitation d'élevage et par an.

C'est pourquoi, les objectifs du projet étaient de :

- 1- mettre au point un dispositif de mesure des émissions gazeuses (NH₃ et GES) des bâtiments d'élevage ;
- 2- acquérir des données sur ces émissions dans des conditions variées (bâtiments commerciaux, stations expérimentales, fermes pédagogiques) ;
- 3- développer une base de données accessibles aux personnes qualifiées dans le domaine de la mesure des émissions gazeuses et pouvant déboucher sur des références régionales d'émissions et de concentrations en gaz liées aux techniques d'élevage.

En ce qui concerne le développement de l'application, plusieurs contraintes ont été émises par les différents organismes impliqués :

- l'application doit être compatible avec les systèmes d'exploitation Windows et Linux (et par extension les systèmes de type UNIX). En effet les instituts utilisent des environnements différents et souhaitent avoir la possibilité de l'utiliser sur n'importe quel ordinateur ;
- l'application doit être libre afin de faciliter des développements ultérieurs par d'autres organismes ;
- la base de données développée précédemment pour le refroidissement des bâtiments avicoles devait être adaptée pour prendre en compte les émissions gazeuses et les productions bovines et porcines ;
- l'application développée doit permettre de faire les calculs qui étaient fait sur des fichiers Excel en utilisant les entrées de la base de données ;
- le langage de programmation utilisé pour le développement doit être le C++. Ce langage a été choisi par les partenaires souhaitant avoir la possibilité de poursuivre le développement en interne.

Cependant, pour répondre au besoin de souplesse des utilisateurs et à la diversité des systèmes de production, des feuilles de calcul (Excel ou OpenOffice) ont été développées en marge de l'application de base de données permettant de traiter les cas particuliers et de tester et proposer des évolutions aux modes de calculs envisagés. Par exemple l'extension aux élevages équins a commencé avec M. Hennion du Lycée Agricole du Rheu.

Enfin pour contourner les difficultés de l'installation de l'application sur un grand nombre d'ordinateurs (serveur PostgreSQL, bibliothèque graphique des applications), et pour pouvoir maîtriser le coût et les besoins de développement liés à l'évolution des systèmes d'exploitation et des logiciels installés sur les PC des utilisateurs potentiels, il a été décidé de développer une clé USB bootable, comprenant un système d'exploitation et l'ensemble des applications. Les logiciels et langages développés sous licence « logiciel libre » ont été privilégiés afin de faciliter la diffusion des applications vers des utilisateurs variés dans un environnement multilingue.

15.1.3 Organisation

L'application développée se décompose en trois parties distinctes qui interagissent.

15.1.3.1 La base de données

Comme définie dans le projet, il était important de pouvoir stocker une grande et variée quantité d'informations dans une structure robuste et extensible car une évolution de celle ci doit rester possible. En effet, la simplification du calcul des émissions gazeuses repose sur la connaissance *a priori* du bilan de masse de l'élevage. Pour caractériser ce dernier des informations sur les animaux, les aliments, les litières, les effluents sont nécessaires. L'ensemble des informations (mesures gazeuses et caractéristiques de l'élevage) alimentent la base et sont utilisées afin d'effectuer les calculs ou pour analyser la variabilité des émissions. La base de données a été développée sous PostgreSQL. pgAdmin III peut être utilisé pour la faire évoluer.

15.1.3.2 Les interfaces

Afin de faciliter l'utilisation de cette base de données, des interfaces ont été créées avec l'outil WxFormBuilder, qui est un logiciel permettant de construire des interfaces graphiques. Le code est généré automatiquement en C++ qui est le langage utilisé pour le programme.

La première interface sert à l'enregistrement des données récoltées sur le terrain, en vue de caractériser un grand nombre de bâtiments. Il s'agit de l'interface de saisie.

Une autre interface a été développée pour lancer le calcul. Les données entrées *via* l'interface de saisie sont utilisées lors des calculs. Cette application a pour objectif de faciliter la réalisation d'un calcul des émissions gazeuses d'un élevage en associant des mesures de concentrations en gaz et les caractéristiques de l'élevage (animaux, effluents, litières, bâtiments).

Une troisième interface sert à administrer les compte d'utilisateur et à spécifier les accès en lecture des données (utilisateur, membres d'un même projet, tous).

15.1.3.3 Le code

Il est structuré en interfaces utilisateur, interface avec la base de données, modules de calcul, module d'affichage des résultats. Les résultats ne sont pas stockés dans la base en raison de la rapidité du calcul. Ces modules sont regroupés dans une librairie lors de la compilation.

15.2 La clé USB et son environnement

15.2.1 COPIE D'UNE CLÉ BOOTABLE

Il a été choisi, comme support pour cette application, d'utiliser des clés USB, celles-ci permettant de stocker à la fois le système d'exploitation configuré, les applications d'interface et de calcul, les données observées. Pour pallier à l'inconvénient d'une durée de vie potentiellement faible de la clé USB et pour faciliter la diffusion de l'application, la duplication de la clé et des informations stockées dessus doit être aisée et bien documentée.

En fonction de l'évolution de l'application, il sera possible de choisir des clés dont les capacités de stockage pourront être ajustées. Pour cela, il faut donc préparer les clés afin qu'elles puissent recevoir la totalité de l'application, avec son environnement. Le document en *Annexe V* présente la procédure utilisée pour rendre la clé "bootable" .

15.2.2 QU'EST CE QU'UNE CLÉ BOOTABLE

15.2.2.1 *Le BIOS (Basic Input Output/System) est un « système élémentaire d'entrée/sortie ».*

Le Bios est un ensemble de fonctions contenu dans la mémoire morte (ROM) de la carte mère d'un ordinateur, qui lui permettent d'effectuer des opérations élémentaires lors de la mise sous tension. L'une des fonctions du Bios est notamment d'émettre les premières commandes au système durant la phase de démarrage pour indiquer à quel endroit et sur quel disque trouver le chargeur d'amorçage (nommé "Boot loader"). Et c'est bien ce qui nous concerne ici. En modifiant ce bios, on cherche à indiquer à l'ordinateur quel périphérique (celui ci pouvant être une disquette, un cd-rom ou autre ; dans notre cas c'est une clé USB) il doit interroger en premier pour essayer d'y trouver un système d'exploitation à démarrer. C'est ce que l'on appelle couramment "booter un périphérique". Certains ordinateurs possèdent une fonction qui permet de booter directement sur un périphérique sans avoir à modifier le bios.

Afin de préparer notre clé, la première démarche est de fractionner le disque de la clé en partitions spécifiques qui serviront au stockage de données bien particulières : soit non modifiables (le système), soit modifiables (les fichiers de l'utilisateur). Pour ce faire, on utilise le logiciel GParted.

15.2.2.2 *Le logiciel de partitionnement de disque : GParted (GPT).*

GPT est une interface graphique de GNU Partes basée sur la bibliothèque GTK+. Il est le logiciel officiel d'édition de partitions de l'environnement GNOME. Il sert à créer, supprimer, dimensionner, déplacer, vérifier, copier des partitions et les systèmes de fichiers qui s'y trouvent. Il peut être utilisé aussi pour faire de la place pour l'installation d'un nouveau système d'exploitation, réorganiser le disque, copier les données résident sur le disque dur et effectuer une copie d'une partition sur un autre disque.

D'autres logiciels libres existent, comme :

- FDISK de Windows ou de Linux,
- QTParted,
- GParted LiveCD,
- FIPS.

Avec cette interface nous allons donc créer les partitions FAT32 et EXT2 dont nous avons besoin au cours d'un processus que l'on appelle formatage.

15.2.3 FORMATAGE

15.2.3.1 Définition

a) Formater un disque

Formater un disque consiste à écrire des marques d'adresses sur un disque pour le subdiviser physiquement en pistes et en secteurs exploitable. Le système de l'ordinateur à alors facilement accès aux différentes zones, qui sont alors facilement identifiables, pour pouvoir effectuer les commandes désirées. C'est donc la forme d'organisation du disque qui est appelé formatage et celui ci doit se faire avec l'outil de formatage du système d'exploitation utilisé.

Une clé USB doit nécessairement être formatée avec le système de fichier FAT (File Allocation Table)16 ou 32, pour pouvoir être utilisée par les principaux systèmes d'exploitation.

b) Système de fichier FAT

Un système de fichier est une architecture de fichiers par laquelle le traitement et l'utilisation de ces même fichiers est rendue possible. Le système FAT utilise des tables d'allocation de fichier qui n'est rien d'autre qu'un index qui liste le contenu du disque afin d'enregistrer l'emplacement des fichiers sur celui ci. Comme les blocs constitutifs d'un fichier ne sont pas stockés de manière contiguë sur le disque, (c'est à dire qu'ils subissent une fragmentation), la table d'allocation permet de conserver la structure du fichier en créant des liens vers les blocs constitutifs de ces dits fichiers.(La partition FAT32 utilise des tailles de partition plus élevées que la FAT16, et a donc une capacité de stockage plus importante).

Cette partition correspond à la partie fixe de notre système c'est à dire celle qui ne peut et ne doit être ni supprimée ni modifiée.

c) Système EXT 2

Signifie second EXTended file System.

Contrairement à la partition FAT32, la partition EXT2 correspond quant à elle à la partie modifiable du système. C'est à dire tout ce que nous pouvons entrer comme données seront stockées dans cette partition afin de pouvoir les mémorise les modifications (copier, supprimer, effacer...).

15.2.3.2 Démontage des partitions du disque.

La clé que l'on utilise pourrait déjà avoir été utilisée ou alors avoir déjà des partitions de créées. Il faut éliminer ces partitions afin de pouvoir fractionner le disque à notre convenance, mais il est alors impératif de sauvegarder les données importantes auparavant car une fois la partition éliminée, les données qu'elle contenait deviennent irrécupérables.

15.2.3.3 Le gestionnaire de fichier : Nautilus

Jusque là nous avons structuré le disque de notre clé en créant les partitions nécessaires à son bon fonctionnement. Il nous faut maintenant construire l'arborescence de nos fichiers et autres répertoires, afin de les rendre facilement accessible pour l'utilisateur. Pour cela nous utilisons le gestionnaire de fichier Nautilus

Nautilus est le gestionnaire de fichier utilisé pour notre application (il en existe bien d'autres). C'est un logiciel qui fournit une interface utilisateur pour travailler avec les fichiers informatiques. Ils ont donc comme utilisation courante : création, ouverture, visualisation, impression, lecture, possibilité de renommer déplacement, copie....de fichiers.

15.2.4 RENDRE LA CLÉ BOOTABLE

15.2.4.1 Activation du système sur les fichiers de la partition FAT32

L'activation du système se réalise en 2 étapes sur la partition FAT32 :

- par l'apposition du drapeau de "boot", en utilisant GParted, comme indication au système de démarrage, pour indiquer à l'ordinateur sur quelle partition et donc sur quel disque faire le chargement
- par l'installation de fichiers systèmes ; pour cela on utilise le système Syslinux.

15.2.4.2 Le système Syslinux

Le projet Syslinux couvre une suite de chargeurs d'amorçage de faible taille pour Linux. Rappelons que le chargeur d'amorçage, autrement dit le "boot loader", est un logiciel permettant de lancer un ou plusieurs (multiboot) systèmes d'exploitation sur une même machine.

Pour terminer la procédure, les différents fichiers spécifiques à notre application seront alors copiés dans leurs partitions respectives. Notre application est alors complète et peut être utilisée comme n'importe quel cd-rom à la grande différence près que l'on pourra y entrer de nouvelles informations, les modifier comme il nous conviendra, puis mémoriser les changements.

15.3 Où se trouvent les fichiers dans le système ?

15.3.1 LA BASE DE DONNÉES

15.3.1.1 Où est la base de données ?

- Application
- Outil système
- pgAdmin III
- =>affichage du panneau 'did you know'
- annulé ou valider
- postgres (localhost:5432)(*dblectic*)
- liste des bases de données présentes, sur la fenêtre de gauche)

15.3.1.2 Où est le script SQL de la base de données ?

- Dossier personnel
- bdd_bab
- liste des fichiers existant avec le script d'une base de données. (*vierge ou pas*)

15.3.1.3 Où est le code source pour remplir la base de données ?

- Dossier personnel
- Batelev-Code
- Batelev
- data
- src

15.3.2 L'INTERFACE DE SAISIE : "SAISIE"

15.3.2.1 Où est l'interface de saisie exécutable ? (Saisie)

- Dossier personnel
- Batelev-Code
- Saisie
- src
- Saisie

(les exécutables sont repéré par le logo en forme de losange bleu)

15.3.2.2 Où est le code source qui crée l'interface de saisies ?

- Dossier personnel
- Batelev-Code
- Saisie
- src

On a alors la liste de tous les éléments des interfaces de saisie
(*nom_de_la_table*Panel.cpp)

15.3.3 L'INTERFACE DE CALCUL : BATELEV

15.3.3.1 Où est l'interface de calcul Batelev exécutable ?

- Dossier personnel
- Batelev-Code
- Batelev
- src
- Batelev (avec le losange bleu)

15.3.3.2 Où sont les fichiers qui contiennent le code pour les calculs des émissions de gaz ?

- Dossier personnel
- Batelev-Code
- Batelev
- data
- src

15.3.3.3 Où est le code de la fiche de résultat du calcul intermédiaire ?

- Dossier personnel
- Batelev-Code
- Batelev
- data
- src

(CalculAvicolCO2.cpp, ...pour chaque gaz mesuré)

15.3.4 AUTRES DOCUMENTS

15.3.4.1 Où sont les feuilles de calcul Excel/OpenOffice ?

- Système de fichier
- home
- ubuntu
- documentation
- notice_mesures
- calcul

15.3.4.2 Où est la notice du mode de calcul des défauts de bilan en gaz ?

- Système de fichier
- home
- ubuntu

-documentation
-notice_mesures
-Fiches_mesureemissionsbati...
(= Fiches_mesureemissionsbatimentslevage_version_finale(en lecture seule))

15.3.4.3 La liste des déclarations de variable est dans quel fichier ?

-Dossier personnel
-Batelev-Code
-Batelev
-data
-src
-data
Ce sont des fichiers avec l'extension ". h". Ils portent le même nom que les fichiers contenant le code source du calcul, avec l'extension ".cpp"

15.4 Description des tables de la base de données

Table éleveur :	Description	Contraintes associées
id_compte		
entreprise	Nom de l'élevage	
num_tva	TVA	
num_pacage	Numéro de pacage	
num_siren	Numéro de SIREN	
num_siret	Numéro de SIRET	
nom	Nom éleveur	
prénom	Prénom éleveur	
adress1	Adresse élevage	
adresse2		
code_post	Code postal	
boite_post	Boite postal	
ville	Ville	
num_tel1	Numéro de téléphone 1	
num_tel2	Numéro de téléphone 2	
fax	Numéro de fax	
portable	Numéro de portable	
mail	Adresse électronique	
Table type_batiment :	Description	Contraintes associées
id_tybatim	Indice qui réfère au type de bâtiment considère "ex colorado = indice 3"	
id_compte		
libelle_tybatim	Nom courant du bâtiment de l'éleveur « différent du type du bâtiment »	
surf_batiment	Surface du bâtiment en mètre	
larg_batiment	Largeur du bâtiment en mètre	Le champ doit être complété et supérieur à 0
isolation	Isolation du bâtiment	
pent_toit	Pente du toit en %	
h_soubassement	Hauteur de soubassement en mètre	

type_ouvrant	Type d'ouvrant	
ouvrant	Hauteur de l'ouvrant (partie non muré du bâtiment. Ce situe au dessus du soubassement)	
larg_lant	Largeur du lanterneau	
appchal	Apport chaleur	
ttoittamb	Écart de température entre la face interne du plafond et l'ambiance	
Debit aire		
efficacite_air		Compris entre 0 et 100 %
air_nonrefroidi	Entrée d'air non refroidie	
debiteau_cool		
efficacite_eau	Efficacité du débit d'eau	Compris entre 0 et 100 %
cooling_installe	Cooling installé	
elevage_sur_litiere		
lanterneau_installe		
aire_paillee		
air_paillee_vider		
surface_couchage		
source		
Table batiment :	Description	Contraintes associées
id_batim		
id_tybatim		
id_type_effluent1	Identifiant de l'effluent1	
id_compte	Identifiant du compte utilisé pour la saisie des données	
id_eleveur	Numéro d'identification de l'éleveur, dans la base de données	
id_type_effluent2	Identifiant de l'effluent2	
libelle_batim	Nom du bâtiment observé	
surf_batiment	Surface du bâtiment	
larg_batiment	Largeur du bâtiment	
isolation		
pent_toit	Pente du toit	
h_soubassement	Hauteur du sous bassement	

type_ouvrant		
ouvrant		
larg_lant	Largeur lanterneau	
hmin	Hauteur bardage	
appchal		
ttoittanb		
debitair		
efficacite_air		Compris entre 0 et 100
debiteau_cool		
efficacite_eau		Compris entre 0 et 100
cooling_installe		
elevage_sur_litiere		
lanterneau_installe		
aire_paillee		
aire_paillee_videe		
surface_couchage		
Tables type_animal	Description	Contraintes associées
id_typanimal	Indice qui réfère à la catégorie d'animal concerné « ex volaille <=> indice 6 »	
id_compte		
libelle_typanimal	Nom du type d'animal étudié	
ugb	Unité Grand Bovin	
eq_chal_sensible	Équation de la chaleur sensible	
eq_chal_latente	Équation de la chaleur latente	
eq_chal_totale	Équation de la chaleur totale	
n	Quantité d'azote	
p	Quantité de phosphore	
k	Quantité de potassium	
mo	Quantité de matière organique	
ms	Quantité de matière seiche	
cu	Quantité de cuivre	
zn	Quantité de zinc	
source		

Table animaux	Description	Contraintes associées
id_anim	Indice qui réfère au type d'animal observé « ex: vache laitière<=>2 »	
id_typanimal		
id_compte		
libelle_anim		
j_calcul		
poids1	Poids des mâles	
poids2	Poids des femelles	
j_depart1		
j_depart2		
p_lourds	Poids adultes de l'animal	Compris entre 0 et 1000
chair		
densite_max	Nombre d'animaux maximum au m ²	
densite_min	Nombre d'animaux minimal au m ²	
poids_descendance		
prod_lait	Quantité de lait produit (ou d'œufs pour les volailles)	
tp	Teneur en protéine	
tb	Teneur en acide butyrique	
gestation		
tps_presence		
gmq		
ugb		
Type_aliment	Description	Contraintes associées
id_tyaliment	Indice qui réfère au type d'aliment consommé par les animaux observés « ex aliment pp, consommé par les poules pondeuses <=> indice 5	
id_compte		
id_anim		
nom_aliment	Nom de l'aliment concerné	
jour_début		
jour_fin		
quantité	Quantité d'aliment ingéré	
n,p,k,mo,ms	Quantité d'élément cité dans l'aliment concerné	

rapport_eau_alim	Rapport entre la consommation en eau et en aliments	
apport_ufl		
source		
Libelle_tylitiere :	Description	Contraintes associées
id_tylitiere		
id_compte		
libelle_tylitiere		
quantite_demarrage	Quantité de litière initiale	
quantite_ajoute	Quantité de litière ajoutée	
n,p,k,mo,ms		
eq_chal_sensible,latente,totale		
source		
Table Type_effluent	Description	Contraintes associées
libelle_type_effluent		
libelle_type_effluent		
N,p,k,mo,ms		
quantite_par_m2		
source		
Propriété_gaz	Description	Contraintes associées
id_tygaz		
id_compte		
libelle_tygaz	Nom du gaz	
masse_moléculaire	Masse moléculaire du gaz observé	
masse_volumique_du_gaz	Masse volumique du gaz observé	
chaleur_latente_vaporisation		
chal_spf_volumique_constant		
source		
Materiel_mesure	Description	Contraintes associées
id_mat_mesur		
id_compte		
description_mate	Description succincte du matériel utilisé	
numero_mate		

15.5 Résoudre des problèmes liés à la base de données

15.5.1 Comparaison de deux bases de données

Suite à une insertion il se peut que cela produise un plantage de l'application.

Pour cela il peut être intéressant de comparer l'état de ma base de données par rapport à une base de données antérieure. La comparaison des insertions réalisées permet de voir laquelle a pu poser problème en la supprimant de la base.

15.5.1.1 Copier le script sql de la base de données antérieure et actuelle dans deux fichiers différents

- application
- Outil system
- pgadmin III

Sélectionner une base de données antérieure qui fonctionne

- postgres(localhost:54321)
- Base de données
- batelev_usb
- nommer (essais)
- PLAIN
- Commandes INSERT
- Pas de propriétaire
- ...
- créer un fichier (par exemple : essais) et le placer dans le répertoire souhaité (par exemple : bdd_bab)

=> le script sql de la base est alors enregistré dans le répertoire "bdd_bab" sous le nom de "essais"

Faire de même avec la base de données en cours d'utilisation (enregistrée sous essais_bis)

15.5.1.2 Lancer la comparaison à partir du terminal

Dans une fenêtre terminal, lancer les commandes suivantes :

```
nadege@thorgal:~$ cd bdd_bab
nadege@thorgal:~/bdd_bab$ diff essais_bis essais > res_diff
nadege@thorgal:~/bdd_bab$
```

15.5.1.3 Repérer les différences par lecture du fichier res_diff

Un fichier nommé "res_diff" est créé avec comme contenu, les différences constatées entre les deux bases de données désignées dans la commande décrite ci-dessus.

essais_bis correspond à la base actuelle

essais correspond à la base antérieure

> INSERT INTO

Le sens de la flèche signifie que l'insertion a été réalisée dans la seconde base citée dans la ligne de commande à savoir : essais

< INSERT INTO

Le sens de la flèche signifie que l'insertion a été réalisée dans la première base citée dans la ligne de commande à savoir : essais_bis

15.5.1.4 Afficher le script SQL de la base actuelle

```
- Sélectionner la base
- Outil
- Editeur de requête
- Fichier
- Ouvrir
- bdd_bab
- essais
=> le code s'affiche alors dans une fenêtre 'Query'
```

Éditer le code SQL de la base de données en cours afin de cibler les 'insert' qui auraient pu causer l'erreur.

15.5.1.5 Supprimer les insertions une par une

Chaque insertion correspond à un champ enregistré dans l'interface de saisie, et remplissent donc les différentes tables de la base. Il nous est alors possible de les effacer une à une, relancer l'application entre chaque jusqu'à ce que l'interface redevienne fonctionnelle. Ainsi, nous trouverons la requête qui aura créé cette erreur et en comprendre ensuite le pourquoi en approfondissant.

Les insertions sont classées dans l'ordre alphabétique des tables et de la plus ancienne à la plus récente. Ce sont donc les dernières lignes des groupes d'insertions par table qui nous intéressent.

15.5.1.6 Cibler ainsi l'insertion responsable

On supprime alors les lignes d'insertions une par une pour chaque table. Après chaque suppression, on relance l'application à partir du terminal, ce qui nous permet de voir si le message d'erreur est toujours présent ou pas, et donc si l'application démarre correctement. De cette façon il est possible de savoir quelle est l'insertion qui pose problème et ainsi mieux affiner la démarche.

15.5.2 Créer une nouvelle base de données

15.5.2.1 Création de la base en copiant le script d'une base fonctionnelle de sauvegarde

Ouvrir Pgadmin

- Application
- Outil système
- pgAdminIII

- Bases de données(clic droit)
- Ajouter une base
- Fichier --> créer
- nom base : "batelev-usb*" et valider (exemple de nom de base)
- clic sur batelev-usb
- Outils
- Éditeur de requêtes
- Fichier
- Ouvrir
- bdd_bab* (exemple de répertoire)
- tous les fichiers
- choisir batelev_usb_2009-05-06.txt*
- ouvrir
- placer le curseur à la première ligne d'instruction (pas de commentaire) (*en bleu*)
- Requêtes
- Exécuter

Retourner dans pgAdmin

- clic sur batelev_usb
- restaurer
- ... pour chercher le fichier à restaurer
- bdd_bab/tous les fichiers/batelev_usb_2009-05-26.txt
- Restaurer

15.5.2.2 Vérifier que les tables ont bien été créées dans la nouvelle base de données.

- batelev_usb (*clic sur la croix, ainsi que pour les actions suivantes*)
- Schémas
- public
- Tables(n)

n = nombre de tables de la base. Il doit être le même que la base d'origine (batelev_usb_2009-05-26)

15.5.2.3 Recompiler le programme avec la nouvelle base de données

- Dossier personnel/Batelev-Code/saisie/config.ini (le premier sur la liste)
- modifier batelev en batelev_usb (nom de la nouvelle base)
- enregistrer
- Dossier personnel/Batelev-Code/saisie
- saisie(dble clic)

15.5.2.4 Lancer l'exécution de l'interface de saisie

- saisie (dbcle clic)
- choix langue --> valider
- entrer identifiant --> valider (ou valider seulement si on utilise celui par défaut)
- entrer mot de passe --> valider

15.5.2.5 Vérification

Afin de s'assurer que notre nouvelle base est bien fonctionnelle il nous suffit de relancer l'application de saisie, valider identifiant et mot de passe et voir si l'interface s'exécute. Si c'est le cas, cela signifie bien que le problème venait de la base de données.

15.5.3 Testons une base de données vierge / problème de mise à jour de la base se données

Afin de voir quel est le comportement de l'application, on se place dans des conditions "réelles" de n'importe quel utilisateur novice. On effectue donc les opérations dans l'ordre de la création du code à l'enregistrement des données, qui sont dirigées dans la base de données.

15.5.3.1 Créer son compte

- Dossier personnel
- Batelev-Code
- compte
- Compte(*l'exécutable avec le losange bleu*)
- Sélectionner l'onglet 'Projet'
- Choisir un nom dans la liste, sinon choisir 'Nouveau' pour le saisir
- Entrer les dates de début et de fin d'étude de ce projet
- Référence, type et description regroupent tout type d'informations complémentaires concernant ce projet
- Appliquer
- sélectionner l'onglet Compte
- renseigner les différents champs (*la visibilité des données : sert à imposer un degré d'accessibilité des données par les autres utilisateurs de cette application.*)
- Sélectionner le nom du projet créé
- Appliquer.

15.5.3.2 Vérifier le config.ini

Pour voir si l'application est bien connectée à la bonne base de données choisie, fonctionnelle.

- Dossier personnel
 - Batelev-Code
 - Saisie
 - config.ini
- =>vérifier le nom de la base de données après le 'database =' ; si ce n'est pas la bonne, modifier son nom et enregistrer.

15.5.3.3 Lancer l'application de 'saisie'

- Dossier personnel
- Batelev-Code
- saisie
- Saisie(losange bleu)

- se logger avec le mot de passe créé
=> Ouverture de l'interface de saisie ; il est alors possible de saisir les informations.

15.5.3.4 Enregistrement des données

-saisir les données correspondantes
-valider
-fermer la session
-vérifier l'insertion dans la base de données : table éleveur

Faire de même avec chaque fiche. Renseigner quelques champs, valider et fermer l'application. La ré-ouvrir par la suite en se loggant à nouveau afin de vérifier qu'aucune erreur ne survienne. Pour la saisie, suivre la procédure de la notice "notice d'utilisation, présentée en *Annexe VI*

=> Après la saisie de la fiche animal observé, on constate qu'il n'y a pas de mise à jour de la liste des 'types_animal'.

15.5.3.5 Vérification de l'insertion dans la base

On vérifie alors dans la base de données si l'insertion à été tout de même prise en compte.

- Application
- Outil système
- pgAdmin III
- postgres (localhost:54321)
- clic sur le nom de la base puis sur la croix
- Schéma (sur la croix ainsi que pour ce qui suit)
- public
- Tables(41)
- type_animal (clic droit)
- Afficher les données
- Visualiser toutes les lignes
Voir alors si ce que nous avons entré est bien enregistré dans la base. Correspondrait alors à la dernière ligne du tableau.

=>pas d'insertion dans la base de données !

15.5.3.6 Lancer l'application à partir du terminal de saisie comme indiqué ci dessous :

```
nadege@thorgal:~$ cd Batelev-Code/Saisie
nadege@thorgal:~/Batelev-Code/Saisie$ ./Saisie
```

- taper cd Batelev-Code/Saisie (pour se placer dans le répertoire Saisie)

```
- taper ./Saisie(pour lancer l'exécution de l'interface saisie)
=> Apparition d'un message d'erreur :
"SQL error" ... «COMMENT ON COLUMN animaux.gmq IS 'gmq' n'est pas mentionnée ..."
```

Il y a donc une erreur dans le code SQL des tables qu'il faut modifier.

15.5.3.7 Ouvrir le fichier (script SQL)

- Comparer les éléments des colonnes correspondant à la table type_animal dans le script, avec celui de la table de la base de données (sous forme de tableau).

Le message d'erreur pourrait signifier que, du côté des insertions, nous n'avons pas de table intitulée gmq d'existante.

=> pas de colonne ugb existante.

- Vérifier les colonnes de la table «animaux» de la base de données

=>pas de colonne ugb

15.5.3.8 Vérification de cette table avec une autre base de données

ex : dans batelev2

=>la colonne ugb existe

=> la base de données utilisée n'est pas à jour : la supprimer,

=> re-crée une base vierge à partir de batelev2 qui est à jour, en copiant son code et en effaçant toutes les insertions afin qu'elle soit vierge.

15.5.4 Donnée dite 'enregistrée' mais pas d'insertion dans la base de données.

Il se peut que l'on veuille, par exemple, créer un nouveau type de bâtiment indépendamment, de l'enregistrement complet d'une étude, en commençant par l'éleveur puis le bâtiment....

15.5.4.1 Enregistrement de données par l'interface de saisie

- sélectionner la fiche bâtiment directement
 - créer un nouveau type de bâtiment (entrer juste le nom par exemple)
 - appliquer
 - valider
- =>affichage du message "enregistrement enregistré avec succès"

MAIS :

=> pas de mise à jour de la liste du type de bâtiment

=> pas de proposition de mon nouveau type de bâtiment dans le tableau déroulant "type de bâtiment" de la fiche bâtiment.

15.5.4.2 Vérification de son insertion dans la base

- Vérifier dans la table que mon nouveau type de bâtiment à bien été ajouté
- => pas de trace de cette insertion

15.5.4.3 Relancer l'application à partir du terminal pour voir les messages d'erreur

- fermer l'application de saisie
- ouvrir une fenêtre terminal (icône en forme d'écran noir en haut de l'écran, à côté de Application, Raccourcis, système,...)
- lancer l'application de saisie à partir du terminal par les commandes suivantes :
cd Batelev-Code/saisie (entrer)
./Saisie (entrer)
- se placer dans le fichier saisie par la commande suivante

=>L'application démarre. Entrer les identifiant et mot de passe

- resaisir les mêmes données dans la fiche "type de bâtiment"
 - enregistrer
 - lire ce qui s'affiche dans la fenêtre du terminal
- =>affichage du message
- 'SQL error: ERREUR: la nouvelle ligne viole la contrainte de vérification « type_bâtiment » de la relation « ckc_larg_batiment_type_bat »**

=>Le message nous informe qu'il y a un problème de contrainte non respecté.

15.5.4.4 Recherche d'indices dans la base de données

Vérifier alors ce qui se dit dans la table de la base de données, en ce qui concerne les contraintes, faire comme suit:

- Aller dans la base de données
- choisir la table concernée, ici "type_batiment"
- clic sur la croix
- contrainte (clic croix)
- sélectionner la contrainte qui à été envoyé dans le message d'erreur(clic simple), ici :
« ckc_larg_batiment_type_bat »

=>le détail de cette contrainte s'affiche alors sur le page de droite dans "définition", il est expliqué pourquoi cette erreur est survenue :

'larg_batiment IS NULL OR larg_batiment >= 2::numeric'

Dans notre cas, c'est parce que le champ définissant la largeur du bâtiment n'a pas été remplis. Le champ est donc vierge et renvoie la valeur "null", ce qui lève une erreur de contrainte.

=> Ce champ doit donc impérativement être rempli pour que le nouveau "type de bâtiment" puisse être enregistré, quitte à le modifier ultérieurement.

Il y a un autre cas où nous avons eu un problème de contrainte. Lors du remplissage du champ « poids lourds » de la fiche Animal.

Lorsque l'on à voulu saisir le poids adulte d'un porc, dont la valeur est de 115 Kg, d'une part il nous était impossible de valider correctement la saisie : le programme affiche "enregistrement effectué avec succès", mais la valeur est remise à "0" après validation, et aucune trace de cette insertion dans la base de données.

En relançant l'application à partir d'une fenêtre terminal pour en suivre les traces d'exécution, nous avons le message suivant :

SQL error: ERREUR: la nouvelle ligne viole la contrainte de vérification « animaux » de la relation « ckc_pds_lourds_animaux »

```
Query was: UPDATE animaux SET id_typanimal= 13, id_compte = 10,libelle_anim = 'volaille_chaire',
j_calcul = 0, poids1 = 1.83, poids2 = 0, j_depart1 = 1, j_depart2 = 0, p_lourds = 115, chair = true,
sex_melange = true, densite_max = 20, densite_min = 0, gmq = 0, poids_descendance = 0, prod_lait =
0, tp = 0, tb = 0, gestation = 0, tps_presence = 37, ugb = 0 WHERE id_anim =15
```

Le message d'erreur, nous indique que c'est un problème de contrainte de vérification non respecté. La trace de la requête comprise dans la fiche saisie (tous les champs de cette fiche sont rappelés ici). En revérifiant les contraintes de cette fiche dans la base de données, on s'aperçoit alors que sa limite maximum est de 100 alors que la valeur des poids peut aller bien au delà de cette valeur.

Il nous faut donc modifier la limite supérieure de cette contrainte en fixant la valeur à 1000. Voici la démarche utilisée :

- Application
- Outil système
- pgAdmin III
- postgres (localhost:54321)
- clic sur le nom de la base puis sur la croix
- Schéma (sur la croix ainsi que pour ce qui suit)
- public
- Tables(41)
- sélectionner la table correspondante (ici la table animaux) clic croix
- Contraintes(11) (entre parenthèses le nombre de contraintes enregistré pour cette table) clic croix
- choisir la contrainte mentionnée dans le message d'erreur
- « **ckc_pds_lourds_animaux** » dble clic
- =>apparition d'une fenêtre avec le détail de cette contrainte

15.5.4.5 Apporter les modifications nécessaires

Modifier ensuite la contrainte :

- Création d'une nouvelle contrainte en modifiant son nom (de "ckc_p_lourds_animaux", elle devient, "ckc_pds_lourds_animaux")
- Modifier la valeur qui nous concerne, en copiant le code de l'ancienne contrainte et en modifiant la valeur dans la fenêtre dédiée à cet effet
- Valider
- Supprimer alors l'ancienne contrainte.

Lors de la saisie, le message d'erreur n'apparaît plus, la saisie se déroule correctement et la valeur est bien enregistrée dans la table concernée.

15.5.5 Ajout ou suppression de données indispensables au calcul.

Lors d'une saisie de données, je souhaite créer une nouvelle fiche de gaz dans "propriété gaz"
Cette dernière a bien été validée et enregistrée dans la base de données.

15.5.5.1 Enregistrement des données, dans la fiche "propriété gaz" et lancer le calcul

Lors de la réalisation du calcul, avec l'interface "batelev", je remplis les fiches "animaux" et "effluent" puis la fiche "gaz".

Dans cette dernière, une fois la voie sélectionnée, je dois pouvoir sélectionner les dates d'observations enregistrées pour le gaz choisi. Ici, aucune date n'est proposée. Je vérifie alors si le nouveau gaz est bien inséré dans la base de données. (cf. annexe I-c : où trouver la base de données ? C'est la table *propriete_gaz*). La ligne est bien présente dans la table.

=> Les observations des nouvelles insertions de gaz ne sont pas prises en compte dans l'interface de calcul.

15.5.5.2 Explications

Chaque nouvel objet inséré dans une base possède un numéro "id_", c'est à dire un identifiant. Ici nous utilisons une copie de base qui a été rendue vierge par suppression des données existantes.

Dans ce contexte, les "id_" ne sont pas remis à zéro. La numérotation des nouvelles données ne commencera donc pas à "0" mais prendra la valeur de la dernière insertion +1.

Nous avons donc reconstitué de nouvelles fiches de gaz avec de nouveau "id_" mais des informations similaires.

Ici pourtant il s'agit des mêmes gaz, pour lesquels nous avons recréé des fiches utilisées dans le calcul, avec le même libellé, mais un numéro d'identification différent de l'original.

Comme ils sont utilisés dans le calcul (CO₂, NH₃, N₂O et CH₄), ils doivent impérativement être présents et complétés.

Avec leur numéro id_tygaz modifié (table *propriete_gaz*, ils sont comme inexistant du côté de l'interface *batelev*)

La seule différence qui persiste alors réside uniquement dans le numéro identifiant.

15.5.5.3 Modifier les id directement dans la base de données et tester (ok)

Nous avons alors corrigé, directement dans la base de données, le numéro id_tygaz pour leur donner ceux qu'ils avaient initialement.

1 pour CO₂

2 pour NH₃

3 pour N₂O

4 pour CH₄

5 pour H₂O

En relançant l'application de calcul *batelev*, nous avons alors l'apparition des dates d'observations associées au gaz sélectionné.

15.5.5.4 Protection des données

Nous avons opté pour la protection de ces données afin qu'elles ne puissent pas être effacées. Ainsi, elles gardent leur numéro d'identification respectif. Pour les protéger, on leur attribue alors un numéro id_compte de valeur "0" afin qu'elles ne puissent être supprimées.

L'id_compte "0" correspond à un compte par défaut, qui ne comporte que des valeurs par défaut, et qui ne sont pas supprimables.

Dans un premier temps, afin que l'application soit fonctionnelle, ces gaz, nécessaires au calcul, (CO₂, NH₃, N₂O et CH₄), seront donc protégés de telle sorte que l'on ne puisse les supprimer (si on tente de les supprimer à partir de l'interface de saisie, un message apparaît : "vous n'avez pas le droit de supprimer cet enregistrement").

Le seul cas où il faudra intervenir sur le code pour en modifier cette partie, sera en cas d'évolution du mode de calcul des émissions gazeuses, par exemple dans le cas où d'autres gaz seraient pris en considération.

15.6 Résoudre des problèmes liés aux interfaces de saisie ou de calcul

15.6.1 Modification sur l'interface de saisie

Dans le cadre de l'enregistrement de certaines données, j'ai voulu par exemple entrer le nombre de mâles et de femelles présent dans l'élevage. Les seuls champs pour cette saisie sont situés sur la fiche Animal ou animal observé, et sont désignés par les champs "nombre(1)", ou (2) , ou encore Poids (1) ou (2). Le problème est qu'il n'est pas évident de savoir à quoi correspond l'indice (1) ou (2). Le seul moyen de le savoir était de lancer le calcul ou, dans la liste des paramètres saisis, l'information sortait clairement.

(1) correspond aux mâles et (2) aux femelles.

Pour éviter ce genre de confusion, il était alors préférable de modifier l'intitulé du champ en précisant ce à quoi il correspond.

15.6.1.1 Démarche

L'interface ayant été développée avec le WxWigget, son fichier, nommé saisie, est donc pourvu d'une extension spécifique à cet outil : .fbp

sélectionner le fichier :

```
-dossier personnel
-Batelev-Code
-saisie
-src
-saisie.fbp
```

=>On a alors accès à la fenêtre qui a permis de créer l'interface, sur laquelle nous apporterons les modifications.

15.6.1.2 Les modifications

```
-choix de la fiche dans le panneau latéral (dans ce cas, la fiche AnimalGUI:Panel)
```

=> les champs sont regroupés dans des espaces définis pour mieux les localiser (sbSizer7 dans notre exemple). On a alors une délimitation rouge qui apparaît. Un sous-encadré délimite uniquement les annotations portées sur l'interface (fgSizer6 dans notre cas).

(L'espace sélectionné dans le panneau latéral se met en rouge tandis que le précédent se met en bleu)

```
-choisir le champ à modifier sur l'interface, dans le panneau latéral (on les repère par les 'abc'), ou le choisir directement par simple clic gauche(ceci est alors entouré de rouge.)
```

Sur la droite, il y a une fenêtre à redimensionner en faisant glisser la flèche vers la gauche.

```
-cliquer sur 'properties'
```

-cliquer sur 'label'
 -un petit encadré apparaît en fin de cellule (cliquer dessus), cela ouvre ensuite une fenêtre de saisie avec l'ancienne donnée à modifier
 -faire la correction (changer le (1) en 'mâles')
 -ok
 =>la modification se fait immédiatement

Après avoir fait toutes les modifications nécessaires :

-enregistrer en cliquant sur la disquette
 -régénérer le code en cliquant sur la roue bleue (pour tenir compte de ces modifications dans le code)
 -recompiler le fichier Saisie.fpb

D'autres champs nécessitaient ce même type de précision, comme précisé dans la liste ci-dessous.

Fiche Animal : GUI

Avant	Après
-Poids (1)	-Poids des mâles
-Poids (2)	-Poids des femelles
-Age départ (1)	-Age de départ mâles
-Age départ (2)	-Age de départ femelles
-Production lait	-Production : de lait ou d'œufs (car dans aucun autre champ la production d'œufs n'était prise en compte)

Fiche animalObser : GUI

Avant	Après	Unité
-Poids (1)	-Poids des mâles	-Kg/animal
-Poids (2)	-Poids des femelles	-Kg/animal
-Nombre(1)	-Nombres de mâles	- /lot
-Nombre(2)	-Nombre des femelles	- /lot

Fiche alimObservé : GUI

Avant	Après
Quantité : Kg	Quantité : Kg / lot

Fiche type-aliment : GUI

Avant	Après
Quantité ajouté : Kg	Quantité ajouté : Kg/ animaux / jour

Fiches PropriétésGaz : GUI

Les unités des différentes caractéristiques des gaz n'étaient pas entrées (Masse moléculaire, Volume massique...)

15.6.2 Saisie de la fiche alimentation / observations sans enregistrer les précédentes

En voulant vérifier des informations saisie auparavant, je me suis directement mise sur la page alimentation / observation, sans présélectionner des données dans les fiches précédentes.

En tentant de sélectionner le "type d'animal" dans le premier panneau déroulant de la fiche, je me retrouve confrontée à un plantage. J'utilise alors la même démarche en lançant l'application à partir de la fenêtre terminal afin de voir s'il y figure un message d'erreur.

```
nadege@thorgal:~$ cd Batelev-Code/saisie
nadege@thorgal:~/Batelev-Code/saisie$ ./Saisie
```

En réponse j'obtiens les lignes suivantes :

```
Exception: No BatimObser found !
Exception: No voie_batim found !
Exception: No Animaux found !
Exception: No AnimObser found !
Exception: No litiere_obser found !
Exception: No EffluentObser found !
Exception: No AlimentationObser found !
Exception: No gaz_obser found !
Exception: No AirObserExt found !
Exception: No materiel_mesure found !

terminate called after throwing an instance of 'std::invalid_argument' what(): Unknown column name:
'nom_typaliment'
Abandon
```

La portion de code correspondante :

```
catch (const exception &e)
{
    // All exceptions thrown by libpqxx are derived from std::exception
    cerr << "Exception: " << e.what() << endl;
    return false;
}
```

Explication :

Comme expliqué précédemment, il est impératif de remplir les fiches une par une, les une après les autres en commençant par l'éleveur.

A ce niveau du programme, il lui faut donc les valeurs qui concernent le champ précisé dans le message d'erreur à savoir : "nom_typaliment"

Nous avons bien un tableau déroulant concernant le choix du type d'aliment sur cette page, mais si on essaie d'en sélectionner la valeur désirée, aucune proposition ne sera faite, ce qui confirmera donc cette recommandation faite précédemment : respecter l'ordre des fiches.

Ici pour pouvoir visualiser les données concernant la fiche "alimentation / observation, il faudra au préalable choisir le type d'aliment qui se trouve sur la fiche "type d'aliment" placé juste avant.

La logique se tient, il paraît difficile d'étudier des aliments en observation si on ne connaît pas le type ou la catégorie auquel ils appartiennent.

15.7 Résoudre des problèmes liés à des erreurs de code

15.7.1 Pas d'exécution de l'interface de saisie

En voulant utiliser l'application pour entrer des données, cette dernière ne s'ouvre plus. Nous allons alors lancer l'application à partir de la fenêtre terminal afin de voir si un message d'erreur s'y affiche.

15.7.1.1 Lancer l'application à partir de la fenêtre terminal

Lorsque l'application se déroule correctement nous avons les messages qui suivent, après validation de l'identifiant et du mot de passe (les deux lignes en gras sont saisies, les autres lignes sont envoyées en réponse par le programme):

Ici nous avons ce même déroulement mais avec une interruption du bon déroulement suite à l'apparition d'un message d'erreur qui l'empêche de se poursuivre correctement..

```
nadege@thorgal:~$ cd Batelev-Code/saisie
nadege@thorgal:~/Batelev-Code/saisie$ ./Saisie
Exception: No BatimObser found !
Exception: No voie_batim found !
Exception: No Animaux found !
Exception: No AnimObser found !
Exception: No litiere_obser found !
Exception: No EffluentObser found !
Exception: No AlimentationObser found !
Exception: No gaz_obser found !
Exception: No AirObserExt found !
Exception: No materiel_mesure found !
```

```
nadege@torgal :~/$ cd Batelev-Code/saisie
nadege@torgal :~/Batelev-Code/saisie $ ./Saisie
Exception : No BatimObser found !
Exception : No voie_batim found !
Exception : No Animaux found !
Exception : No AnimObser found !
Exception : No litiere_Obser found !
Erreur de segmentation
```

15.7.1.2 Chercher le fichier contenant le code C++

Les fichiers concernés sont ceux qui portent le nom de tables de la base de données. Ce code assure la connexion entre la base de données et les champs à saisir dans l'interface de saisie,

Ils sont regroupés dans le fichier "src" situé à ce niveau dans l'arborescence :

- poste de travail
- Système de fichier
- home

- nadege
- Batelev-Code
- saisie
- src
- choisir le fichier saisieframe.cpp

C'est à partir de ce dernier que l'on commence la recherche. Les fichiers avec le code brut sont ceux avec l'extension ".cpp"

15.7.1.3 Chercher l'erreur à partir du fichier "saisie.frame.cpp"

Ce fichier contient les déclarations des différents "objets", ici chacune de nos fiches dans l'interface de saisie codées dans le programme, et permet donc de mieux cibler la recherche. En utilisant le saisieframe.cpp, on veut savoir dans quel "fichier.panel" se trouve la partie de code qui crée l'erreur.

Pour cela, on peut soit utiliser le débogueur, soit modifier le code pour afficher des messages. La deuxième solution est plus simple à mettre en œuvre pour des modifications ponctuelles par un développeur occasionnel. C'est pourquoi elle a été privilégiée.

Pour cela, on introduit une petite ligne de texte à différents endroits stratégique du code. Cette fonction permet de renvoyer à l'écran la ligne le texte saisie :

```
-insérer un phrase test (après une des lignes panel...;chaque ligne correspond à la déclaration 'd'un
objet' ; d'une interface)
cout >> "test/n";
- construire (dans la barre d'outils en haut)
- Make all (pour compiler)
- Ouvrir un terminal de saisie
Lancer l'application grâce aux commandes suivantes :
cd Batelev-Code/saisie
./Saisie
=> voir les messages transmis par le programme
```

Deux cas de figure sont alors possibles :

=> la ligne de texte "test" apparaît alors dans la fenêtre du terminal lors du déroulement du programme. L'erreur est donc à un autre niveau, précise par le message "erreur de segmentation" ;

=> la ligne de texte ne s'affiche pas, l'erreur concerne "l'objet" mentionné dans la ligne précédente, et cela signifie que le problème est localisé dans le fichier qui porte le nom de l'objet déclaré juste alors.

Affiner alors la recherche en exécutant la même démarche dans le fichier qui porte le même nom (avec l'extension .cpp)

Un extrait des lignes de code

```
panelBatim = new BatimentPanel(treeBook); (déclaration d'un objet, l'une des fiches de l'interfaces de saisie)  
cout >> "test1/n"; (ligne de code pour tester et chercher l'erreur)
```

=>Le fichier concerné par l'erreur est donc le fichier nommé **BatimentPanel.cpp**.

15.7.1.4 Affiner la recherche dans le fichier déclaré au dessus de la ligne test

En affinant la recherche dans le fichier, le module de code responsable de l'erreur est alors identifié.

Ici, il s'agit de la méthode.

```
void BatimentPannel: :Refresh()  
{  
....  
}
```

Dans cette méthode nous avons différentes sélections qui sont effectuées dans la base de données. Le problème qui se pose est que certains de ces pointeurs pointent vers des listes vides (listes constituées des "id_batim" et "libelle_batim" qui déterminent respectivement l'indice d'identification du bâtiment en question et le nom du bâtiment). Ces tables sont encore vides et le pointeur n'a alors rien à sélectionner.

Ce qui se passe est que dans le cas ou la liste serait vide, il n'y a pas de cas par défaut de prévu. En effet les instructions "try catch" ne sont pas complètes (le "catch" est vide et donc il n'y a pas de levée d'exception)

15.7.1.5 Correction de la levée d'exception

Il nous faut alors proposer un cas par défaut pour lever l'exception afin de proposer une solution par défaut. En d'autre terme, si la liste est vide, le bloc "try" catch" permet de proposer un cas par défaut, une valeur neutre qui permet d'éviter l'interruption du programme.

La requête que nous utilisons pour permettre de lever l'exception est la suivante :

```
{  
MyString query3 = "SELECT id_batim, libelle_batim";  
query3 += " FROM batiment";  
query3 += " WHERE id_batim = 0";  
choiceBatim->fillWithQuery(query3,"id_batim", "libelle_batim");  
ChoiceBatim->SetSelection(0);  
}
```

Après compilation et exécution du programme, le message d'erreur n'apparaît plus au même endroit mais à été déplacé plus loin dans le déroulement du programme. Nous adoptons alors la même démarche pour résoudre le problème.

La conception de ce programme est faite de telle façon que toutes les informations sont reliées à un éleveur. De ce fait, il nous est quasiment impossible de saisir les données de façon anarchique. Il nous faut suivre les fiches une par une, les unes

après les autres. Excepté pour les fiches :

TYPE animal,
TYPE aliment,
TYPE effluent,
TYPE litière,
TYPE bâtiment,

qui sont composées de valeurs de références bibliographiques.

15.7.2 Mise à jour des tableaux de dates et heures

Au cours de la saisie, j'ai pu me rendre compte que certains des tableaux d'heure ne se mettaient pas à l'heure automatiquement et affichaient automatiquement "00:00:00", tandis que d'autres l'étaient (à partir de la fiche "air / observation"). Il m'a donc fallut comparer la partie de code de ces différents tableaux afin de les harmoniser.

15.7.2.1 Chercher les lignes qui codent pour ces tableaux dans le code par comparaison des fiches

Choisir le fichier codant pour l'interface de l'Air / Observations comme fichier de référence car son horloge est à l'heure. Je travaille donc avec le fichier 'AirObserPannel.cpp'.

Le code initial :

```
...
if (ListAirObser->getSelectionsId()[0] != -1)
>GetStringSelection().mb_str());
    }
    CtrlDate->SetValue(date);
    TextCtrlHeure->SetValue(date.FormatTime());
    ChoiceMatMesure->SetSelection(0);
    TextCtrlLibelle->Clear();
    TextCtrlTemp->Clear();
    TextCtrlHygro->Clear();
    StaticTextProprioAirObser->SetLabel(_(""));
}
...
```

Dans les autres fichiers où l'horloge n'est pas fonctionnelle, nous avons :

```
...
else
{
    wxDateTime date;
    date.SetToCurrent();
    CtrlDate->SetValue(date);
    TextCtrlHeure->SetValue(_("00:00:00"));
    TextCtrlLibelle->Clear();
}
...
```

15.7.2.2 Modifier, compiler et relancer l'application

Ici la ligne de code en rouge impose que l'affichage soit à l'heure "00:00:00". Il nous suffit donc de

modifier le contenu de cette parenthèse par le contenu de la précédente. Après compilation et lancement de l'application, nous avons à nouveau une horloge réglée à l'heure en cours.

15.7.3 Mise à jour des listes déroulantes après saisie de données.

Lorsque je valide des données sur une fiche, la mise à jour ne se fait pas automatiquement. Il faut donc fermer l'application et la rouvrir pour que la mise à jour dans les tableaux déroulant puisse se faire. Afin de parer à ce problème nous avons donc créé une fonction qui permet de le faire de façon automatique.

15.7.3.1 Déclaration

Déclaration de la fonction dans le fichier SaisieFrame.h qui regroupe toutes les fonctions utilisées dans l'application.

```
void OnPageChange(wxCommandEvent& event);
```

L'évènement est créé à partir du WxFormBuilder.

15.7.3.2 Connexion

Dans le fichier SaisieFram.cpp, on récupère les évènements par le biais d'une connexion exécutée avec la commande suivante:

```
treeBook->Connect(wxEVT_COMMAND_TREEBOOK_PAGE_CHANGED  
,wxCommandEventHandler(SaisieFrame::OnPageChange), NULL, this);
```

Les différentes fiches de notre interface de saisie sont alors numérotées à partir de "0" pour la fiche éleveur. Cet indice sera réutilisé dans la méthode suivante pour cibler quelle fiche devra subir une mise à jour. La fonction de rafraîchissement des fiches est codée comme suit :

```
void SaisieFrame::OnPageChange(wxCommandEvent& event)  
{  
    int select = treeBook->GetSelection();  
    switch (select)  
    {  
        case(3):  
            panelBatim->RefreshEleveur();  
            break;  
        case(4):  
            panelBatimObser->RefreshEleveur();  
            break;  
        case(7):  
            panelAnim->RefreshTypAnim();  
            break;  
        case(8):  
            panelAnimObser->RefreshEleveur();  
            break;  
        case(10):  
            panelTypAlim->RefreshTypAnim();  
            break;  
        case(11):
```

```
        panelAlimObser->RefreshTypAnim();
        break;
    case(14):
        panelLitiereObser->RefreshTypLitiere();
        break;
    case(17):
        panelEfflObser->RefreshEleveur();
        break;
    case(19):
        panelAirObser->RefreshEleveur();
        break;
    case(22):
        panelGazObser->RefreshEleveur();
        break;
    }
}
```

Pour chaque fiche (définie dans le "case" par son numéro), le rafraîchissement des données se fait par le biais du premier tableau.

En effet dans le code, le premier tableau est indépendant des autres quand il y en a plusieurs sur une fiche. Les autres tableaux déroulant eux, sont compris dans une seule et même méthode et chacun rafraîchit le suivant de façon automatique. Il n'y a donc que le premier tableau qui nécessite cette mise à jour.

15.8 Résoudre des problèmes liés à des erreurs dans le calcul

15.8.1 Correction des erreurs de calcul

La dernière partie des corrections réside dans le calcul. Une présentation sous forme de tableau avec la version avant modification et après modification vous est proposée ici afin de faciliter la comparaison. **Si la base de données est utilisée parallèlement aux feuilles de calcul, il est important de corriger les erreurs de calcul dans les deux supports !**

15.8.1.1 Comparaison du calcul porcin (gaz CO₂)

- Ici les constantes du gaz étudié (CO₂) ont été mal définies au départ

Version antérieure	<pre>... const double rho_int = 1.1; const double rho_ext = 1.2; const double Vmol = 44; const double mC = 12; ...</pre>
Version après modification	<pre>... //rho masse volumique air interieur ou exterieur en kg air sec/m3 air humide const double rho_int = 1.1; const double rho_ext = 1.2; //volume molaire des gaz vers 25 °C en L/mol const double Vmol = 24.45; //masse molaire du carbone (mC) et du CO2 (mCO2) en g/mol const double mCO2 = 44; const double mC = 12; ...</pre>

- Le gradient de concentration se calcule à partir des mesures faites sur le terrain. On crée alors une liste de valeurs avec laquelle on calcule les médianes. C'est cette partie de calcul qui posait problème. En plus du souci sur la formule, les mesures effectuées n'étaient pas dans la bonne unité, de ce fait, des modifications devaient être apportées dans les feuilles Excel ainsi que sur le code afin d'harmoniser les modes de calcul.

Version antérieure	<pre>... vector<double> temp_ext=iterExt->second; double medInt = mediane(temp_int) * rho_int / (Vmol * mC); listeMedianeInt.push_back(medInt); double medExt = mediane(temp_ext) * rho_ext / (Vmol * mC); listeMedianeExt.push_back(medExt); ...</pre>
	<pre>... vector<double> temp_ext=iterExt->second; //conversion des ppm CO2 en mg C-CO2/kg air sec</pre>

Version après modification	<pre>double medInt = ((mediane(temp_int) / rho_int) / Vmol) * mC; listeMedianeInt.push_back(medInt); double medExt = ((mediane(temp_ext) / rho_ext) / Vmol) * mC; listeMedianeExt.push_back(medExt); ...</pre>
----------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

15.8.1.2 Comparaison du calcul avicole (gaz CO₂)

- Ici la définition des constantes est inappropriée

Version antérieure	<pre>... const double constante1=12.00/44.00; const double constante2=44/24.45; const double constante3=12.00/16.00; const double constante4=16.00/24.45; ...</pre>
Version après modification	<pre>... // masses molaires (Carbone, CO2, CH4) (g/mol) // mC_CO2=mC_CH4=mC const double mC=12; const double mCO2=44; const double mCH4=16; // volume molaire (L/mol) const double Vmol=24.45; // masse volumique de l'air (kg air sec/m3 air humide) const double rho_int=1.1; const double rho_ext=1.2; ...</pre>

- Problème de conversion des unités et dans la formule de l'expression. Pour le CH₄, le problème est le même et il a donc fallu apporter la même correction

Version antérieure	<pre>... vector<double> temp_ext=iterExt->second; double medInt=InterfaceCalcul::mediane(temp_int)*constante1*constante2; listeMedianeInt.push_back(medInt); double medExt=InterfaceCalcul::mediane(temp_ext)*constante1*constante2; listeMedianeExt.push_back(medExt); ...</pre>
Version après modification	<pre>... //conversion ppm CO2 => mg C/kg air sec vector<double> temp_ext=iterExt->second; double medInt=(InterfaceCalcul::mediane(temp_int)/rho_int)/Vmol*mC; listeMedianeInt.push_back(medInt);</pre>

	<pre>double medExt=(InterfaceCalcul::mediane(temp_ext)/rho_ext)/Vmol*mC; listeMedianeExt.push_back(medExt); ... </pre>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

15.8.1.3 Comparaison du calcul avicole (gaz N2O)

- Egalement un problème de constantes mal définies

Version antérieure	<pre>... const double constante1= 28.00/44.00; const double constante2= 44/24.45; ... </pre>
Version après modification	<pre>... // masses molaires (Azote, N2O, NH3) (g/mol) const double mN_NH3=14; const double mN_N2O=28; const double mNH3=17; const double mN2O=44; // volume molaire (L/mol) const double Vmol=24.45; // masse volumique de l'air (kg air sec/m3 air humide) const double rho_int=1.1; const double rho_ext=1.2; ... </pre>

- Ici le mode de calcul de la quantité d'azote ingérée n'était pas correct.

Version antérieure	<pre>... double quantiteAzoteRetenue=alimentationTotaleNingeree-(azoteFin – azoteDebut); ... </pre>
Version après modification	<pre>... // calcul N retenu double quantiteAzoteRetenue=(azoteFin – azoteDebut); ... </pre>

- Ici encore, un problème de conversion dans la formule.

	<pre>... vector<double> temp_ext=iterExt->second; double </pre>
--	--------------------------------------------------------------------------

Version antérieure	<pre> medInt=InterfaceCalcul::mediane(temp_int)*constante1*constante2; listeMedianeInt.push_back(medInt); double medExt=InterfaceCalcul::mediane(temp_ext)*constante1*constante2; listeMedianeExt.push_back(medExt); ... </pre>
Version après modification	<pre> ... // conversion ppm => mg élément/kg air sec vector<double> temp_ext=iterExt->second; doublemedInt=(InterfaceCalcul::mediane(temp_int)/rho_int)/Vmol*mN_N2O listeMedianeInt.push_back(medInt); doublemedExt=(InterfaceCalcul::mediane(temp_ext)/rho_ext)/Vmol*mN_N2O; listeMedianeExt.push_back(medExt); ... </pre>

- Cette portion de code est insérée dans une boucle qui dénombre la teneur en azote dans chacun des aliments consommés par les animaux à chacun des stades de vie étudiés, dans notre exemple il y en avait 4. Plus haut dans le programme une autre boucle permet de dénombrer le nombre d'aliments observés dans cet élevage (les 4 types d'aliments). Nous avons donc dans le programme deux boucles distinctes, dénombrant ces deux éléments (les quantités d'aliments observés et la teneur en azote dans chacun).

Dans cette partie du calcul nous cherchions à quantifier l'azote ingéré par le lot d'animaux dans sa globalité. Il manquait donc dans cette boucle, le calcul qui permet d'additionner chaque quantité d'azote ingéré en fonction de la quantité d'aliment respectif consommé.

Version antérieure	<pre> ... MyString nom="028 quantité d'azote dans l'alimentation observée n°"; nom +=i; alimentationTotaleNingeree+=m_listeParamEntree.find(nom)->second; ... </pre>
Version après modification	<pre> ... MyString AlimN="028 quantité d'azote dans l'alimentation observée n°"; AlimN +=i; MyString AlimQte = "019 quantité de l'alimentation observée n°"; AlimQte +=i; alimentationTotaleNingeree+=m_listeParamEntree.find(AlimN)->second m_listeParamEntree.find(AlimQte)->second; ... </pre>

16 Annexe E : Développement d'une base de données pour caractériser un grand nombre de bâtiments : notice d'utilisation (Implementation of a database to characterize a large number of animal houses: user instructions)

16.1 INTRODUCTION

C'est à l'initiative de plusieurs instituts techniques au service des élevages avicoles, porcins et bovins de l'INRA que le projet ACTA-GES intitulé « Mise au point méthodologique de mesures simplifiées des émissions de gaz à effet de serre en bâtiments et stockages avicoles, porcins et bovins, en vue de leur quantification en France » a vu le jour.

À l'heure actuelle, les méthodes de mesure disponibles sont dans la plupart des cas lourdes à mettre en œuvre, coûteuses et longues. De nombreuses recherches sont réalisées à l'étranger, mais les techniques d'élevage y diffèrent de celles de la France. C'est pourquoi il est nécessaire de trouver des moyens de mesures des émissions de gaz à effet de serre correspondant à la situation nationale.

Le nombre et la diversité des exploitations agricoles, des espèces animales, des conditions climatiques, des types de bâtiment et des modes de conduite d'élevage, le coût des mesures en continu actuellement disponibles, et le retard de la France en matière de détermination des émissions sont tels que la quantification des rejets ne pourra se matérialiser qu'à travers la simplification des méthodes de mesure.

Dans le cadre de ce projet, il a donc été conçu une application permettant d'une part de faciliter la gestion des diverses informations nécessaires lors d'une étude en élevage par la création d'un programme regroupant la création d'une base de données suffisamment complète pour stocker toutes les informations nécessaires à l'étude, d'autre part la création d'interfaces rendant cette application agréable à utiliser, et enfin, un mode de calcul simplifié permettant de quantifier ces émissions de gaz étudiées, spécifique au secteur agricole : le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), et le protoxyde d'azote (N₂O), qui se trouvent être des gaz à effet de serre, ainsi que de l'ammoniac (NH₃).

L'objectif de cette notice est de vous guider dans la façon d'utiliser cette application, de la saisie des informations au rendu de résultat.

16.2 LA BASE DE DONNEES

La mesure des émissions gazeuses nécessite une importante variété de données, nécessaire à la réalisation du calcul. Ces informations doivent pouvoir être conservées de façon sûre dans un outil qui permette de les manipuler simplement.

Ces données peuvent se caractériser comme suit :

- données indispensables : telles que le libellé animal, type d'animal, bâtiment, température et hygrométrie, mesure des gaz, type d'effluents, voie d'observation, "taille" de l'élevage

- données souhaitables : telles que type de litière, type d'aliment consommé
- données utiles : telles que le type de bâtiment, matériel utilisé pour l'étude, les coordonnées de l'éleveur, des analyses d'aliments ou de fumiers.

Compte tenu de la diversité de ces données, il était nécessaire de les regrouper afin de les rendre plus accessibles, et rendre le travail de saisie moins fastidieux. Pour cela, il a été créé une base de données adaptée, sous pgAdmin III, qui utilise le langage de programmation PostgreSql.

Les informations entrées lors de la saisie sont directement orientées vers les tables correspondantes de cette base (cf. Annexe1 : la base de données).

Où se trouve cette base de données ?

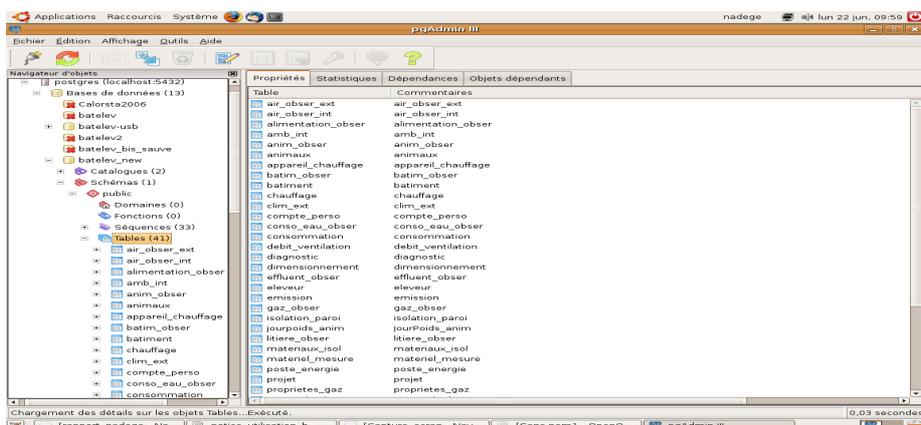
Cherchons par exemple la base de données nommée batelev :

- Application (dans la barre d'outils grise en haut de l'écran)
- Outil système
- pgAdmin III
- postgres (localhost:5432) (double clic)
- Base de données

=> Nous avons alors accès à la liste des bases présentes (ex : batelev...)

- cliquer sur la base de données désirée
- => une croix apparaît alors sur le côté de celle-ci
- Schémas(1) (clic sur la croix ainsi que ce qui suit)
- public
- Tables(41)

=> Vous avez alors l'apparition de la liste des tables existantes de cette base (soit 41 tables), avec leur intitulé respectif.



Afin d'avoir des informations sur les colonnes qu'elle contient, faites comme suit :

- choisir une table (*clic croix*)
- Colonnes (n)

=> Vous avez alors l'apparition de la liste des colonnes de la table sélectionnée.

Il est également possible de visualiser la table sous forme de tableau en procédant comme ceci :

- sélectionner une table (pas une colonne, donc remonter dans l'arborescence) (*simple clic droit sur le nom de la table*)
- Afficher les données
- Visualiser les 100 premières lignes ou visualiser toutes les lignes

=> Ouverture d'une fenêtre avec la table sous forme de tableau.

ATTENTION :

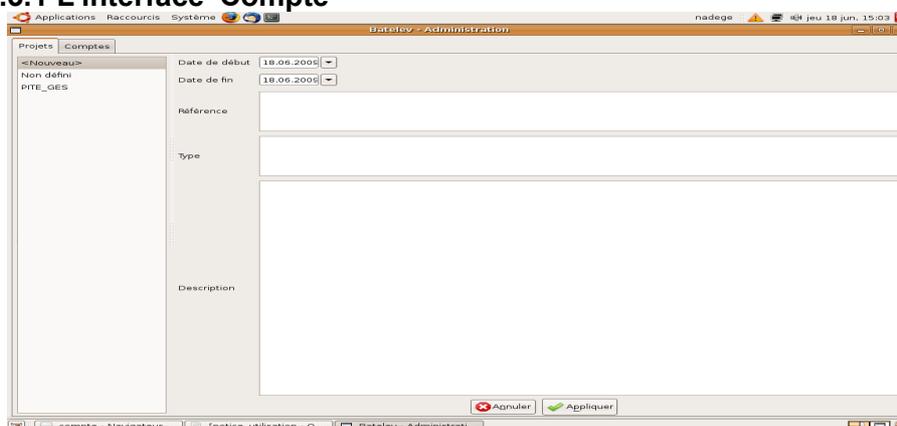
Il est préférable de toujours utiliser l'interface de saisie pour entrer toutes informations dans la base sous peine d'être confronté à des problèmes de contrainte de clés. Cela provoquerait alors des messages d'erreurs lors du déroulement du programme, ce qui rendrait l'application inutilisable.

16.3 LES INTERFACES UTILISÉES

Il existe trois interfaces avec lesquelles vous aurez à travailler, chacune ayant une fonction particulière:

- Compte : pour la création des comptes personnels,
- Saisie : pour entrer les observations ou les informations relevées lors d'une visite d'éleveur,
- Calcul : qui permet de lancer le calcul pour quantifier les émissions en gaz.

16.3.1 L'interface 'Compte'



Chaque utilisateur peut être enregistré avec son propre compte personnel. Il devra donc s'identifier à chaque utilisation. Ainsi les données enregistrées par chacun sont plus facilement accessibles et regroupées sous un seul compte.

Cette interface se situe dans l'arborescence suivante:

- Dossier personnel
- Batelev-Code
- compte
- Compte (l'exécutable avec le losange bleu)

16.3.2 L'interface 'Saisie'

Cette interface vous permet d'enregistrer toutes les informations nécessaires pour le calcul, ainsi que des informations complémentaires.

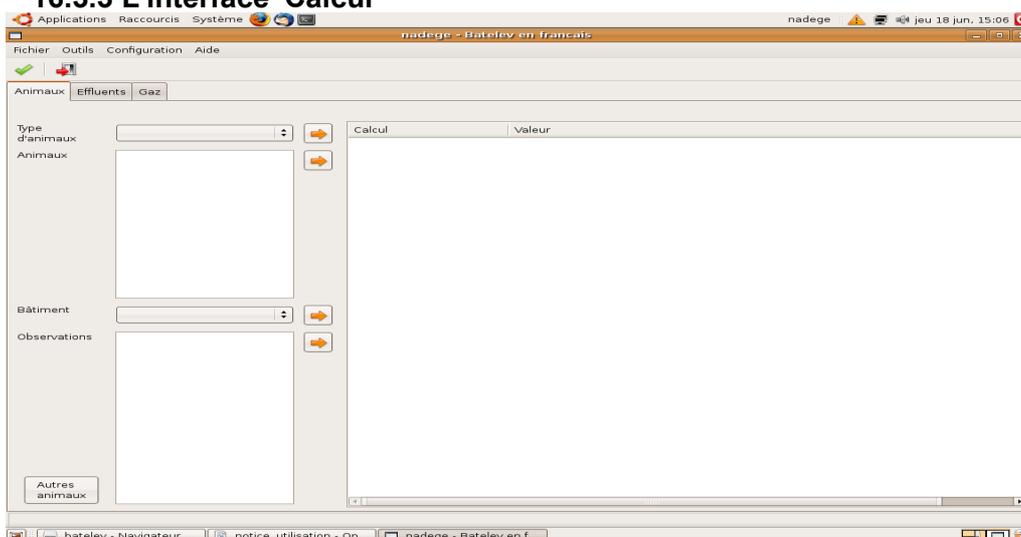
- La partie de gauche regroupe la liste des fiches utilisées pour la saisie des données (éleveur, bâtiment...).
- La partie de droite, représente l'interface de saisie en tant que telle. Ici nous remplissons les différents champs, tableau déroulant,... de chaque fiche.

ATTENTION :

Veillez à remplir les champs sans en négliger ! Le cas échéant, une valeur par défaut sera alors attribuée

Les fiches sont à sélectionner les unes à la suite des autres, dans l'ordre dans lequel elles sont affichées, en commençant par l'éleveur et en finissant avec le matériel de mesure.

16.3.3 L'interface 'Calcul'



Cette interface nous permet, en sélectionnant les informations nécessaires, de lancer le calcul, et d'en obtenir, en sortie, une fiche de résultat. Vous en obtiendrez alors une fiche par gaz choisi.

Calcul	Valeur
eau buée	0
nombre d'alimentations observées	4
matière sèche de l'alimentation observée n°0	0,9
matière sèche de l'alimentation observée n°1	0,9
matière sèche de l'alimentation observée n°2	0,9
matière sèche de l'alimentation observée n°3	0,9
quantité de l'alimentation observée n°0	18821
quantité de l'alimentation observée n°1	6280
quantité de l'alimentation observée n°2	39015
quantité de l'alimentation observée n°3	29530
nombre d'observations de gaz CO2 intérieur	1
gaz intérieur observé CO2 n°0	1519
nombre d'observations de gaz CO2 extérieur	1
gaz extérieur observé CO2 n°0	198,8
Calculs intermédiaires :	
quantité totale de carbone ingérée	40790,7
eau buée	0
quantité de lièvre en fin de lot	5000
quantité de carbone qui compose la litière	2275
quantité de carbone qui compose la carcasse	175
poids vifs des animaux en début de lot	1011,02
quantité de carbone qui compose la carcasse en début de lot	176,929
entrée totale	43242,6
quantité de carbone qui compose l'effluent	8010
poids vifs des animaux en fin de lot	43179,8
quantité de carbone qui compose la carcasse en fin de lot	7556,3
sortie totale	15566,3
partie de carbone	27676,3
moyenne des gradients de CO2	647,951
résultat	27676,3
Résultat	27676,3

16.4 ENREGISTREMENT DES DONNÉES

16.4.1 Création de son compte personnel

Pour travailler avec cette application, chaque utilisateur doit avoir un compte personnel que vous pouvez créer comme expliqué ici :

- Dossier personnel
- Batelev-Code
- compte
- Compte (*l'exécutable avec le losange bleu*)
- Sélectionner l'onglet 'Projet'
- Choisir un nom dans la liste, sinon choisir 'Nouveau' pour le saisir
- Entrer les dates de début et de fin d'étude de ce projet
- Référence, type et description regroupent tout type d'informations complémentaires concernant ce projet
- Appliquer
- sélectionner l'onglet Compte
- renseigner les différents champs (*la visibilité des données : sert à imposer un degré d'accessibilité des données par les autres utilisateurs de cette application.*)
- Sélectionner le nom du projet créé
- Appliquer.

=>Vous avez alors créé un nouveau compte via lequel vous pourrez à présent enregistrer vos données. Le nom et le mot de passe seront à rappeler à chaque utilisation de l'application.

16.4.2 Enregistrement des données

Où se trouve cette interface ?

- Dossier personnel
- Batelev-Code
- saisie
- Saisie (*exécutable avec le losange bleu*)

Avant de commencer la saisie, s'assurer que nous sommes connectés avec la bonne base de données. Pour ce, vérifier dans le fichier suivant :

- Dossier personnel (l'ouvrir avec un double clic ainsi que ce qui suit)
- Batelev-Code
- saisie
- config.ini
- vérifier au niveau de " database="

Le nom de la base de données qui suit est celle avec laquelle le programme va travailler. Pour la modifier :

- corriger son nom
- enregistrer
- fermer

=> La modification a été prise en compte et vous êtes maintenant connecté à la base de données souhaitée (bien respecter les caractères ! sinon la base de données risque de ne pas être reconnue et l'application retourne un message d'erreur et s'arrête).

16.4.3 Déroulement

- Lancer l'interface de saisie comme expliqué précédemment
- =>Une fenêtre de dialogue s'ouvre alors et vous demande de choisir la langue dans laquelle vous voulez que le programme s'exécute
- validez votre choix
- => Ouverture d'une autre fenêtre de dialogue
- Saisissez votre login et mot de passe pour lancer une session
- valider

=>Vous êtes alors prêt pour enregistrer vos données.

16.4.3.1 « La fiche éleveur »

The screenshot shows a software window titled 'jerome - Batelev'. On the left is a sidebar with a tree view containing categories like 'Éleveur', 'Bâtiment', 'Animaux', 'Aliment', 'Litière', 'Effluent', 'Air', 'Gaz', and 'Matériel'. The main area is a form for 'Éleveur' with a dropdown menu set to '<Nouveau>' and the text 'Non défini : Non déf'. The form is divided into sections: 'Raison sociale' with fields for Nom, Prénom, Entreprise, Pacage, TVA, SIRET, and SIREN; 'Adresse' with fields for Adresse 1, Adresse 2, BP., CP., and Ville; 'Téléphone' with fields for Tel. 1, Tel. 2, Portable, Fax, and Email; and 'Enregistrement attribué à :'. At the bottom right are 'Annuler' and 'Appliquer' buttons. The taskbar at the bottom shows several open windows.

➤ Utilisation

Comme précisé auparavant, dans un premier temps il est préférable de commencer la saisie en respectant l'ordre des onglets.

Pour un éleveur non identifié encore :

- choisir "Nouveau" dans la liste des éleveurs
- remplir les champs
- Appliquer
- apparition du message : "enregistrement effectué avec succès"
- valider

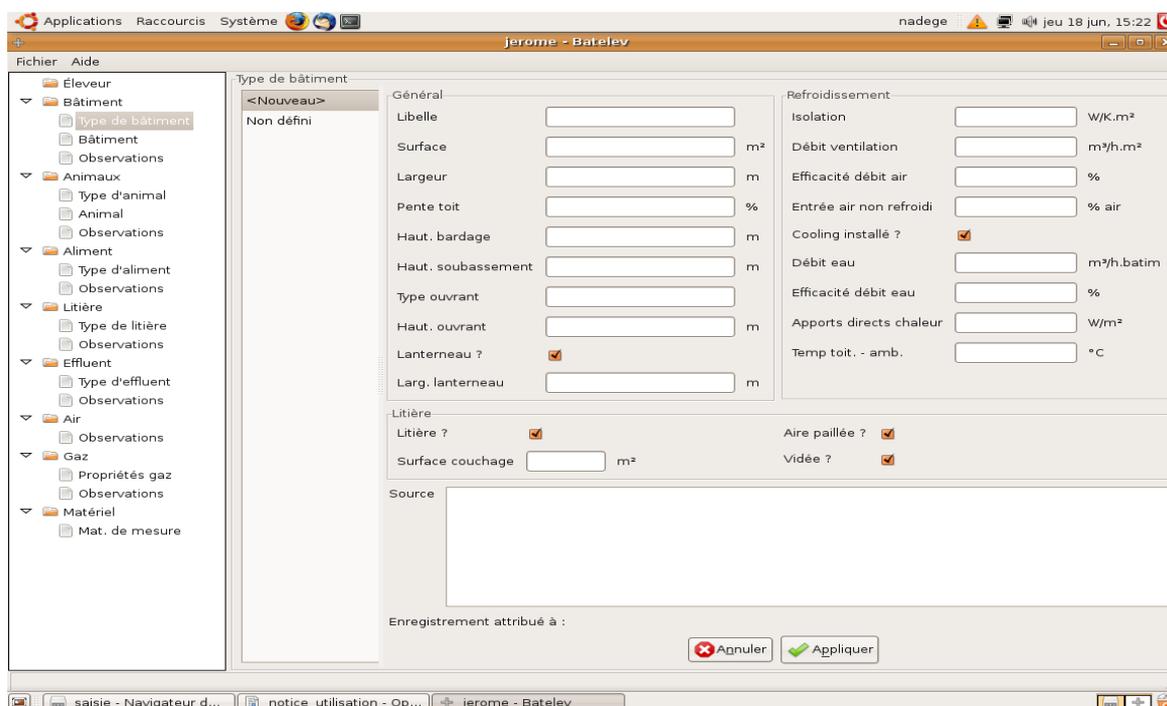
=>une mise à jour instantanée de la liste des éleveurs est réalisée et le nouveau nom s'inscrit dans la liste.

=>les informations sont directement orientées dans la table de la base de données qui lui correspond (cf. annexe2: lien_interface_bdd)

S'il ne s'agit pas d'une première saisie et qu'un éleveur a déjà été créé, le choisir dans la liste proposée par le tableau déroulant. Les champs seront alors remplis automatiquement avec les données déjà enregistrées auparavant et passer à la fiche suivante, sans cliquer sur le bouton "appliquer", en cliquant sur le nom de la fiche.

16.4.3.2 Fiche « Type de Bâtiment »

➤ [Utilisation](#)



Si on choisit un type de bâtiment enregistré :

- sélectionner l'onglet type de bâtiment
- choisir le type de bâtiment souhaité dans la liste du tableau déroulant 'type bâtiment'

=> les champs se remplissent automatiquement

- passer ensuite à la fiche suivante sans appliquer ni valider quoi que ce soit

Si aucun nom de type de bâtiment ne correspond, faire alors comme suit :

➤ [Précisions interface](#)

Les informations de cette fiches sont accessible directement par l'éleveur, et sont d'ordre strictement administrative.

16.4.3.3 Fiche « Bâtiment »

➤ **Utilisation**

ATTENTION

Le choix du bâtiment est crucial pour le choix de l'effluent. Il est impératif de remplir ce champ lors de la saisie pour ne pas être surpris plus loin dans l'application. En effet le type d'effluent est directement lié au choix du bâtiment.

Il faut remplir ne serait-ce que le champ "libellé" de la fiche bâtiment, quitte à revenir sur cette fiche ultérieurement, pour la modifier.

- Choisir l'éleveur avec lequel vous travaillez dans le tableau déroulant 'Éleveur'
=>s'il existe déjà, le nom du bâtiment s'inscrit dans la liste juste dessous, et les différents champs se remplissent automatiquement.
- choisir le type de bâtiment dans le tableau déroulant qui lui correspond

Si on souhaite associer un autre bâtiment à un éleveur :

- choisir 'Nouveau' dans la liste de bâtiment
- remplir les champs

=>Après validation, mise à jour automatique, il se positionne alors à la suite des autres bâtiments enregistrés, dans la liste située sous le tableau déroulant de l'éleveur.

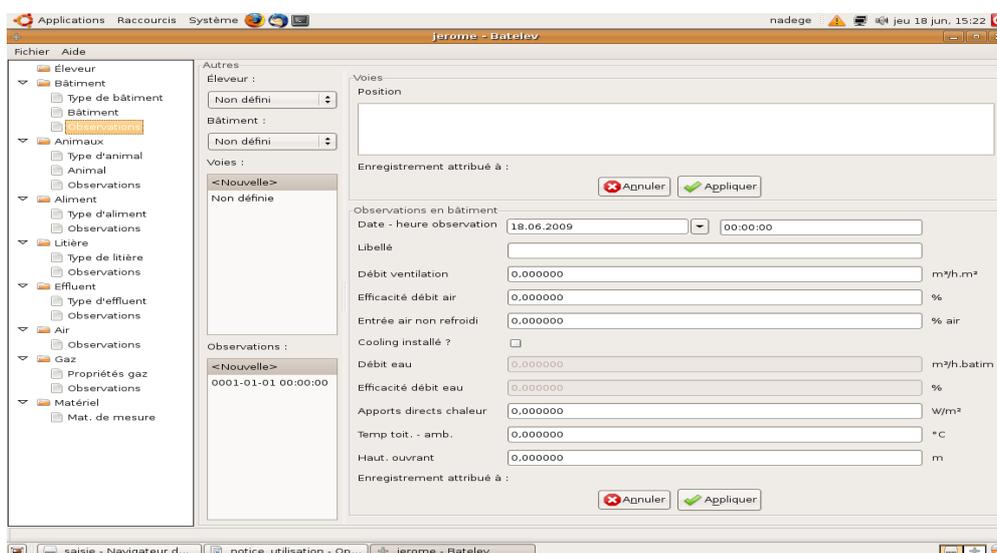
➤ **Précisions interface**

Certains champs seront définis ici afin d'avoir une meilleure compréhension de ces derniers :

- hauteur bardage
- hauteur soubassement
- type et hauteur de l'ouvrant
- lanterneau

- efficacité débit air ou eau
- cooling installé

16.4.3.4 Fiche « Observations Bâtiment »



➤ Utilisation

Cette saisie se fait en 2 temps :

- sélectionner l'éleveur dans le tableau déroulant 'éleveur'
- sélectionner le bâtiment dans le tableau déroulant 'Bâtiment'
- renseigner le champ dans l'encadré voies, qui précise l'endroit de la prise de mesure
- Appliquer
- Valider

=>La liste "Voies", est alors actualisée avec l'apparition du libellé de la position que l'on vient d'entrer.

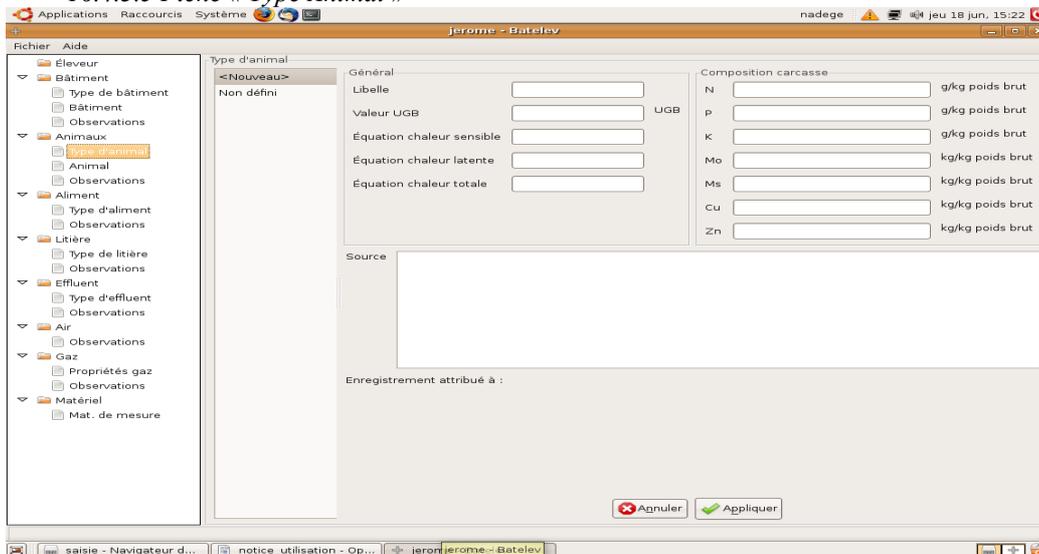
Il doit y avoir deux voies enregistrées car les mesures se feront en deux endroits différents du bâtiment : une à l'extérieur, permettant de mesurer la quantité de gaz qui s'échappe, et une à l'intérieur. Ces deux voies seront appelées dans l'interface de calcul.

Ensuite :

- renseigner les champs concernant les observations en bâtiment
- Appliquer
- valider

=> La date du jour et heure de saisie apparaît alors dans la liste des observations. Chacune des observations enregistrées sera par la suite identifiée par la date et heure de saisie ainsi que par sa position.

16.4.3.5 Fiche « Type Animal »



➤ Utilisation

S'il s'agit d'un nouveau type d'animal à sélectionner choisir :

- Nouveau
- remplir les différents champs
- Appliquer
- Valider

=> Le libellé de l'animal sera alors ajouté à la liste "type d'animal".

Sinon, en choisir un parmi la liste, les champs se complètent automatiquement, et passer à la liste suivante sans appliquer ni valider.

Ici il s'agit d'enregistrer la composition de référence du type d'aliment consommé par les animaux.

16.4.3.6 Fiche « Animal »

➤ Utilisation

- sélectionner le type d'animal dans le tableau déroulant
- remplir les champs de la fiche
- appliquer
- valider

=>mise à jour de la liste "animal"

➤ Précisions interface

Valeur UGB : Unité Grand Bovin

Coefficient UGB :Coefficient Unité Grand bovin

GMQ : Gain Moyen Quotidien (en terme de poids)

Poids descendance : Poids des animaux à la naissance

Poids lourd : Poids de départ (quand ils quittent les lieux) des animaux en fonction du stade d'évolution

Jour de départ : L'âge (en jour) des animaux quand ils arrivent ou quand ils partent.

Les "équations de chaleur" sont des numéros de référence. Actuellement un seul mode de calcul est effectué et ces numéros sont inutiles. En revanche, il est très probable que plusieurs modes de calcul soient progressivement mis en place. Ces numéros seront alors utiles pour orienter le choix d'un mode de calcul ou pour mémoriser le mode de calcul choisi si les résultats sont stockés.

16.4.3.7 Fiche « Observations Animal »

➤ Utilisation

- Sélectionner l'éleveur, le type d'animal, l'animal dans leur tableau déroulant respectif, correspondant à notre étude. *(il se peut qu'il n'y ai qu'un seul choix si une seule proposition est enregistrée)*
- remplir les champs restant
- appliquer
- valider

=>mise à jour de la liste 'observations'

ATTENTION :

Il faudra effectuer deux saisies pour la fiche animal.

En effet pour prendre en compte la mortalité des animaux durant l'étude, il faudra saisir une fiche avec les informations complètes et le nombre d'animaux et poids en début d'étude. La valider. Et une seconde fiche avec le nombre d'animaux et poids en fin de lot.

Ainsi nous aurons un nombre d'animaux début et fin de lot, dont nous avons besoin dans le calcul du poids vif en début et fin de lot.

Les deux dates d'observation ainsi enregistrées seront à sélectionner en même temps lors du lancement du calcul.

16.4.3.8 Fiche « Type d'Aliment »

➤ Utilisation

- faire le choix correspondant pour les tableaux déroulants type d'animal, et animal
- remplir les champs restant
- appliquer
- valider

=>mise à jour de la liste "types d'aliments"

➤ Précisions interface

Le jour début et jour fin : servent à cibler les tranches d'âge de la population animale observée.

Ex : Pour les poules pondeuses, différents stades sont observés :

- livraison : moins de 127 jours
- début de ponte : de 127 à 280 jours
- milieu de ponte : de 281 à 420 jours
- fin de ponte : de 421 à 525 jours
- enlèvement : plus de 525 jours

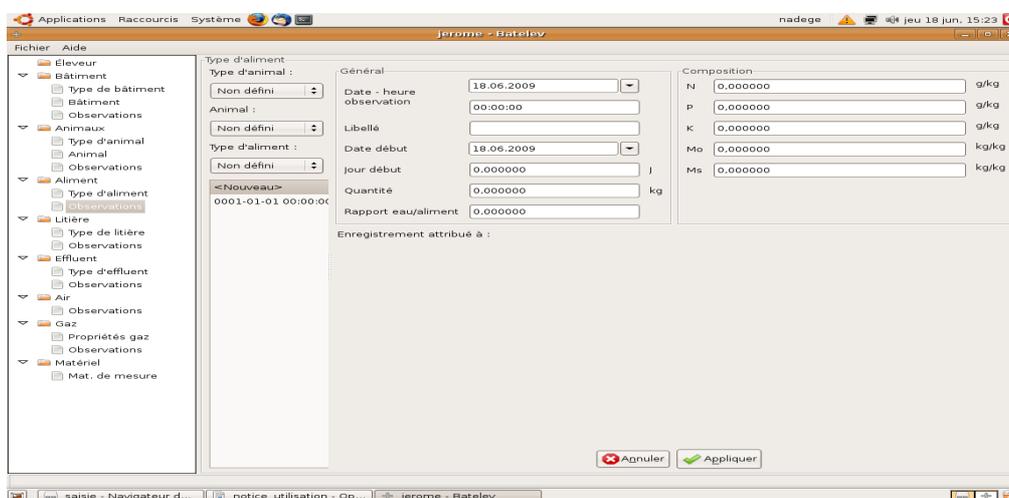
Le jour de début correspond alors à 127 j et le jour fin correspond à 280j. La quantité d'aliment ingéré est celle qui concerne cette tranche d'âge.

ATTENTION :

Assurez vous de bien valider une fiche de type d'aliment pour chaque tranche d'âge, même si la composition est la même. Donnez un nom spécifique pour chacune.

En effet, pour chaque tranche d'âge il peut y avoir une alimentation spécifique, et donc de composition différente. Il faut donc tenir compte de toutes ces différences pour le calcul de la quantité de carbone ingéré.

16.4.3.9 Fiche « Observations Aliment »



- faire les choix dans les panneaux déroulants
- remplir les champs manquant
- appliquer
- valider

=>mise à jour de la liste par addition de la date et heure de l'enregistrement.

Il faut impérativement entrer une valeur pour la matière sèche "Ms", car c'est avec cette valeur que le calcul de la quantité de carbone dans l'alimentation ingérée sera calculé. D'autre part, celle-ci doit être inférieure à 1 !

N'oubliez pas de revenir sur la fiche 'animal / observation'. En effet, il vous est demandé de sélectionner le type d'alimentation. Il vous faut alors :

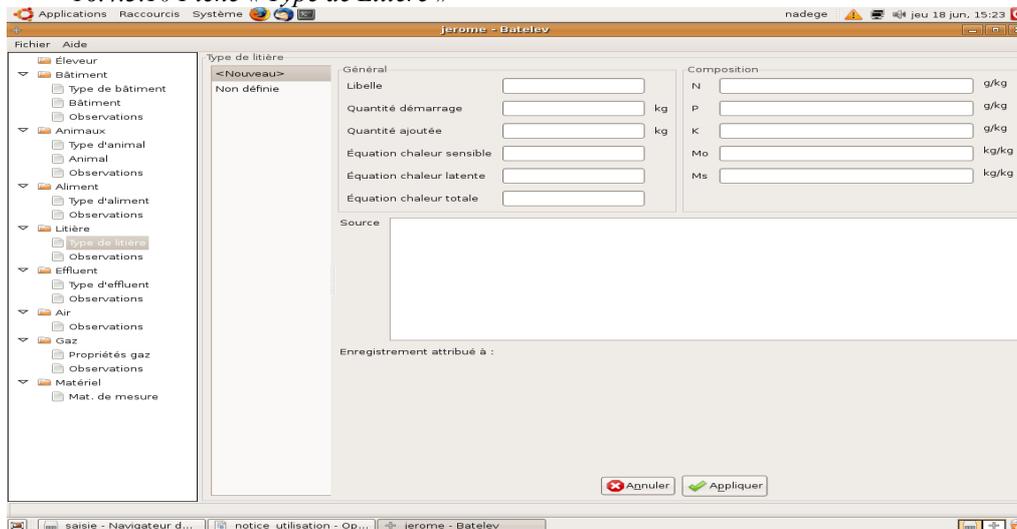
- sélectionner la fiche d'observation début de cette fiche animal
- sélectionner le type d'aliment (correspondant à la première tranche d'âge)
- sélection automatique du tableau déroulant Alimentation observée
- ajouter

=>Le nom et la date de l'aliment observé s'ajoutent alors dans l'encadré blanc situé juste dessous pour en constituer une liste.

Faire de même pour chaque type d'aliment.

Une fois terminé, faire la même démarche avec la deuxième date de la liste, pour traiter les animaux en fin de lot.

16.4.3.10 Fiche « Type de Litière »



➤ Utilisation

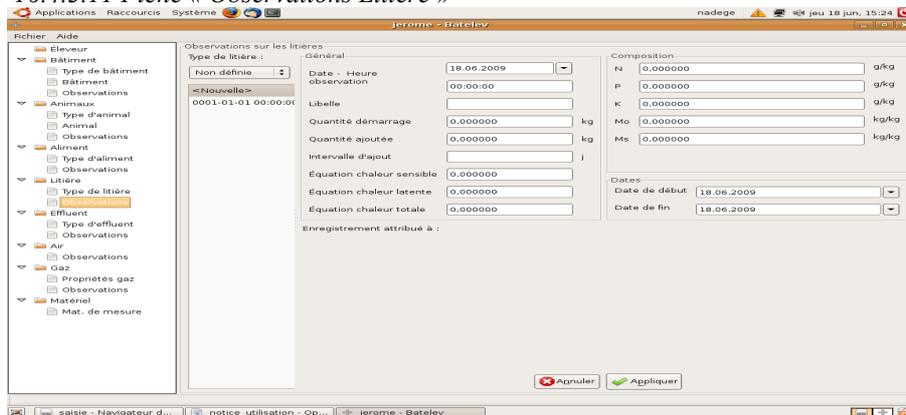
- choisir le type de litière dans la liste proposée sinon choisir "Nouveau" et remplir les champs
- appliquer
- valider

=> Mise à jour de la liste par addition du nouveau type de litière.

➤ Précisions interface

La quantité de matière sèche et de matière organique sont données par des références bibliographiques.

16.4.3.11 Fiche « Observations Litière »



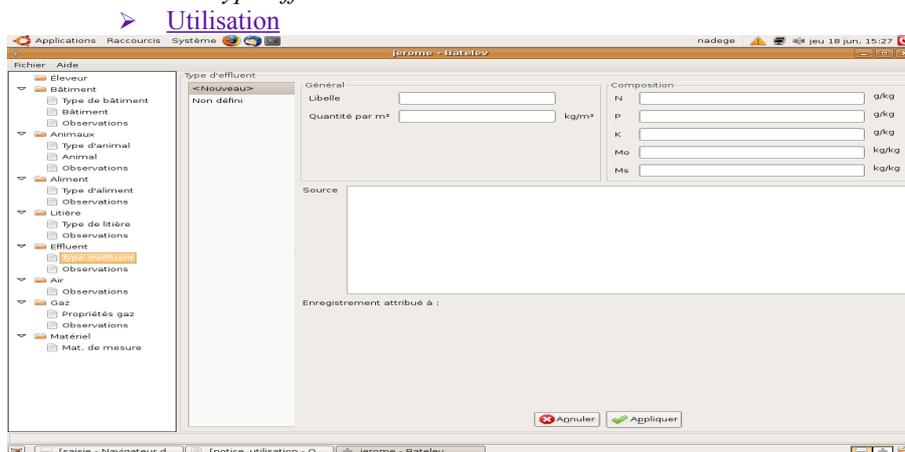
- choisir un type de litière dans le panneau déroulant
- compléter les champs restant
- Appliquer
- valider

Bien renseigner le champ de la matière sèche car c'est avec cette valeur que la quantité de carbone dans la litière sera calculée.

ATTENTION :

N'oubliez pas de modifier la litière dans la fiche animal / observations après cette saisie

16.4.3.12 Fiche « Type Effluent »



- le sélectionner dans la liste ou le créer et remplir tous les champs
- appliquer
- valider

=> mise à jour de la liste par addition du nouveau type d'effluent.

➤ Précisions interface

Mo : Quantité de matière organique. Il s'agit d'une valeur de référence spécifique au type de litière utilisée et au type d'animaux désigné.

Attention aux conversions des unités ! Les références bibliographiques peuvent être données dans d'autres unités que celles utilisées pour le calcul.

La Matière sèche est également une valeur de référence.

16.4.3.13 Fiche « Observations Effluent »

- faire les choix dans les tableaux déroulants
- compléter les champs restant
- appliquer
- valider

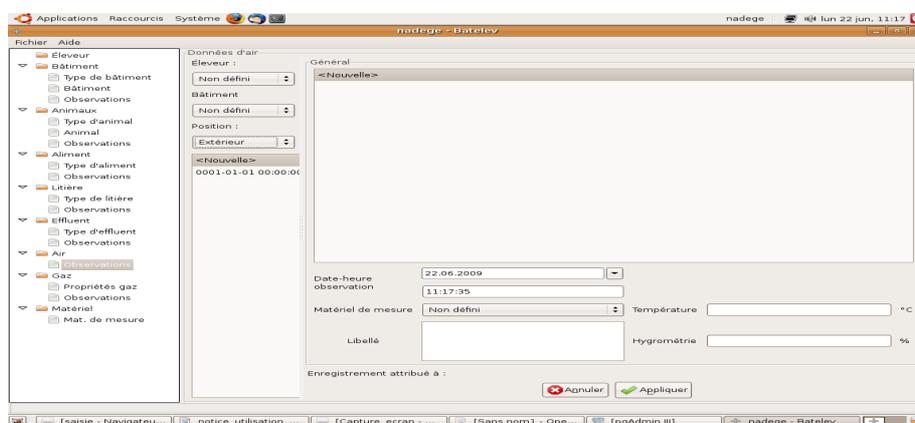
=> mise à jour de la liste des observations par l'entrée de la date et heure de saisie.

ATTENTION :

S'il s'agit d'une première utilisation de l'application, ou d'une première saisie, la liste du type d'effluent est vide. C'est également la raison pour laquelle aucune proposition n'est faite dans le panneau déroulant "effluent 1 et 2" de la fiche bâtiment en début de saisie.

Une fois cette fiche saisie, n'oubliez pas de revenir sur la fiche "bâtiment" afin de modifier le type d'effluent de celui-ci si nécessaire, et de la valider pour enregistrer la modification.

16.4.3.14 Fiche « Air – Observations »



- faire les choix dans les tableaux déroulants
- compléter les champs restant
- appliquer
- valider

=>> mise à jour de la liste des observations.

ATTENTION :

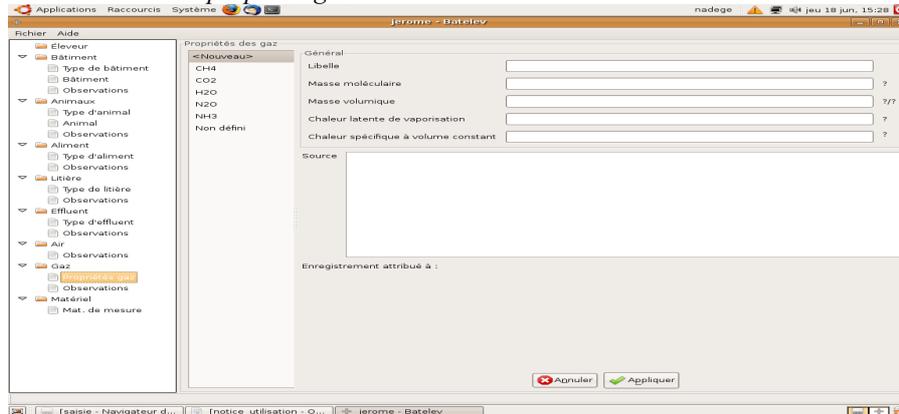
Pour cette fiche, il y aura deux saisies à faire :

- l'une avec la position "intérieure", pour laquelle seront relevées les mesures de température et d'hygrométrie ;

- l'autre avec la position "extérieure" pour laquelle seront relevées ces mêmes mesures.

Ces deux saisies sont nécessaires à la réalisation du calcul, rappelons ici que ce sont les dates d'observations qui seront sélectionnées dans l'interface de calcul.

16.4.3.15 Fiche « propriété gaz »



➤ Utilisation

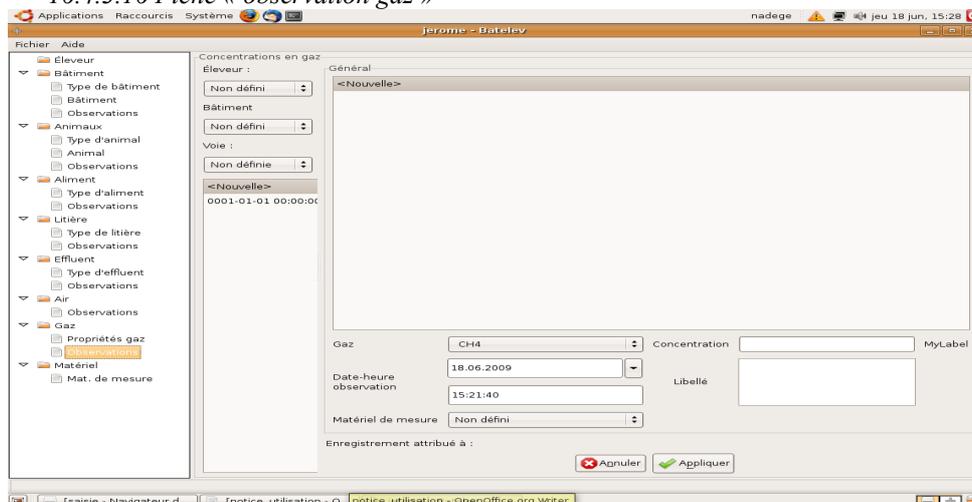
- sélectionner un gaz dans la liste
- aller à la fiche suivante sans appliquer ni valider
- ajouter un nouveau gaz avec "Nouveau" et remplir les champs
- appliquer
- valider

=> mise à jour de la liste des observations.

➤ Précision interface

Chaleur latente de vaporisation :
Chaleur spécifique à volume constant :

16.4.3.16 Fiche « observation gaz »



- faire les choix dans les tableaux déroulants de gauche
- "Nouvelle", pour une nouvelle observation
(sinon choisir la date désirée dans la liste des observations)
- sélectionner le premier gaz mesuré dans le tableau déroulant
- entrer la concentration mesurée
- entrer la date et l'heure (si celle ci n'est pas déjà l'heure !)
- choisir le matériel de mesure utilisé dans le tableau déroulant
- remplir le libellé
- appliquer
- valider

=>mise à jour de la liste des observations avec l'addition de la date saisie.

=>addition de la valeur suivante dans l'encadré "Général" de la fiche dans le format suivant/
nom_gaz : concentration mesurée

Pour que toutes les mesures soient enregistrées sous la même date d'observation :

- sélectionner la date apparue lors de la saisie du premier gaz enregistré.
- choisir 'Nouvelle' dans l'encadré 'général', où s'affichent les valeurs du gaz saisi
- choisir le second gaz à enregistrer dans le tableau déroulant 'gaz'
- entrer les valeurs de température et hygrométrie
- Libellé, date d'observation, matériel de mesure
- appliquer
- valider

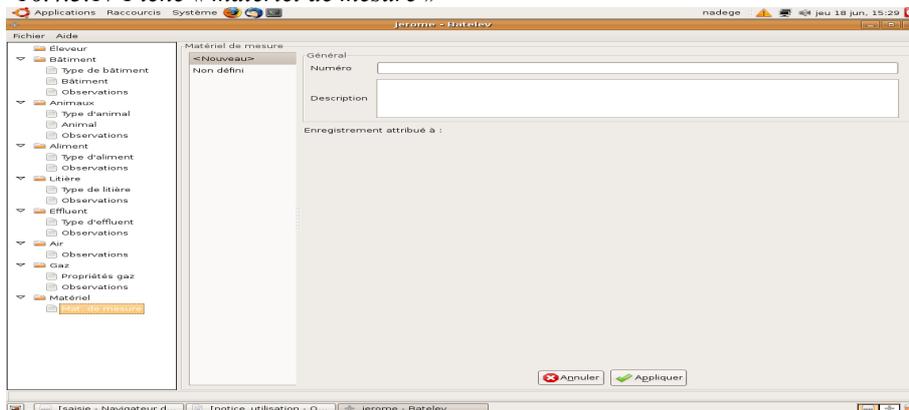
=>mise à jour de la liste des observations avec l'addition de la date saisie,

=>réaliser la même démarche pour tous les gaz mesurés.

ATTENTION !

Choisir la même date d'observation - dans la liste des observations proposées - pour la saisie des autres gaz afin que la mise à jour se fasse pour la même date d'observation. Sinon vous allez créer de nouvelles observations avec chacune des observations de gaz. Il est préférable que toutes celles d'une journée d'étude soient réunies sous une seule et même date .

16.4.3.17 Fiche « matériel de mesure »



- choisir un appareil de la liste si celui-ci y existe déjà, ou alors créer sa fiche en remplissant les champs.
- appliquer
- valider

=>mise à jour de la liste

A ce stade vous avez enregistré et stocké les informations que vous avez recueillies sur le terrain auprès de l'éleveur. Ces données seront nécessaires à la réalisation du calcul des émissions gazeuses, par la méthode du bilan massique.

16.5 RÉALISATION DU CALCUL

L'interface qui permet de lancer et d'exécuter le calcul se trouve dans le fichier avec l'exécutable "Batelev".

Vous le trouverez à cet endroit :

-Dossier personnel (*avec des dble clic pour tout ce qui suit également*)
-Batelev-Code
-Batelev
-Batelev (avec le losange bleu)

Avant toutes choses, s'assurer également que le fichier " config.ini" de cet exécutable est bien connecté avec la même base de données.

Pour ce, aller à :

-Dossier personnel (*avec des dble clic pour tout ce qui suit également*)
-Batelev-Code
-Batelev
-config.ini
-database=

Vérifier qu'il s'agit bien de la même base de données que celle utilisée pour les interfaces de saisies.

Si non :

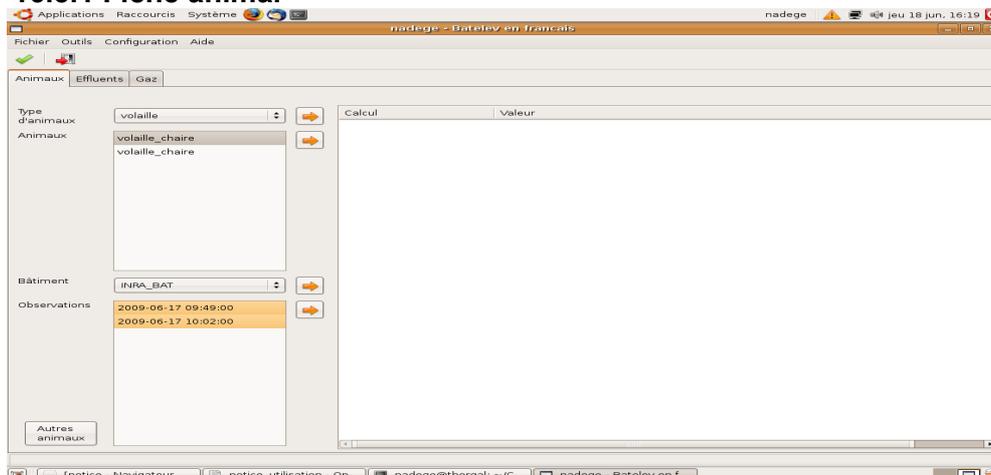
-modifier son nom (*après le database =*)
-enregistrer
-lancer l'application de batelev

Cette interface est composée de trois 'fiches' : Animaux, effluents, gaz.

Chacune d'elle possède différents champs, ou tableaux déroulants à sélectionner. Notez bien qu'il y a un ordre dans lequel remplir ces fiches : d'abord la fiche animaux, ensuite la fiche effluent et enfin la fiche gaz. Dans le cas contraire il vous sera impossible de saisir une seule donnée !

De même que pour l'interface de saisie, les champs utilisés ici correspondent également à des tables de la base de données. En fonction des choix sélectionnés, les tables correspondantes sont interrogées (*cf. annexe 3*).

16.5.1 Fiche animal



Sélectionner le type d'animaux étudié dans le tableau déroulant.

=> Automatiquement, les champs des tableaux animaux, bâtiment, observations, se remplissent.

En effet lors de la saisie des données, ces différents tableaux sont rappelés à chaque fois, sur la plupart des fiches. Cela sert à relier ces données entre elles. Ainsi, en sélectionnant uniquement le type d'animal concerné le programme peut alors vous proposer une liste d'informations saisies. Voilà pourquoi il faut être rigoureux dans l'enregistrement des données !

- choisir l' 'animal' pour lequel vous souhaitez réaliser le calcul dans la liste proposée
- sélectionner le bâtiment observé dans le tableau déroulant (*si toutefois plusieurs choix sont proposés*)
- Choisir les deux dates d'observation parmi la liste proposée (*il doit s'agir de la date de début et de fin de lot*).

Les flèches oranges permettent d'afficher les informations entrées dans la base lors de leur saisie. Ces informations correspondent au contenu des tables, en fonction des champs mentionnés (types animaux, animal...).

Cela permet de vérifier si les informations saisies sont correctes.

Pour ce, faire :

- sélectionner le champ pour lequel vous souhaitez avoir les informations
- clic gauche sur la flèche orange

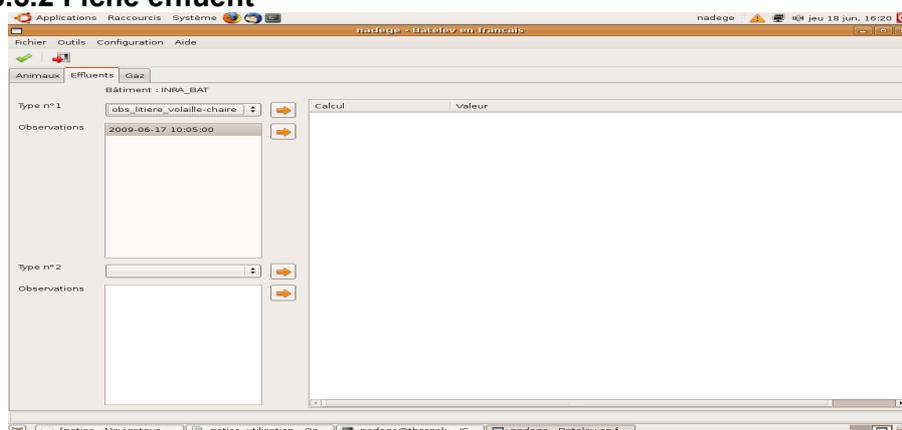
Chaque ligne d'informations correspond à une colonne de ces tables. Vous avez l'apparition de deux sortes de valeur :

- calcul : le nom de la colonne de la table mentionnée (qui précède la flèche orange),
- valeur : la valeur saisie lors de l'enregistrement.

Chacune des flèches a donc la même fonction : afficher les données saisies.

Les choix réalisés alors sont enregistrés systématiquement lorsqu'on change de fiche, mais il est toutefois possible de revenir en arrière pour faire une modification. La seule validation se fera pour lancer le calcul, une fois les trois fiches remplies (*notons que les observations sont mentionnées uniquement par leur date de saisie !*).

16.5.2 Fiche effluent



La sélection des champs ou des tableaux se déroule exactement comme pour la fiche précédente.. Pour simple rappel, il y avait deux proposition d'effluents dans la fiche bâtiment "effluent 1" et "effluent 2".

Pour chacun de ces "type d'effluent" créé, il y a une fiche observation, et ce sont les informations de cette fiche qui ressortent ici dans le champ "observation".

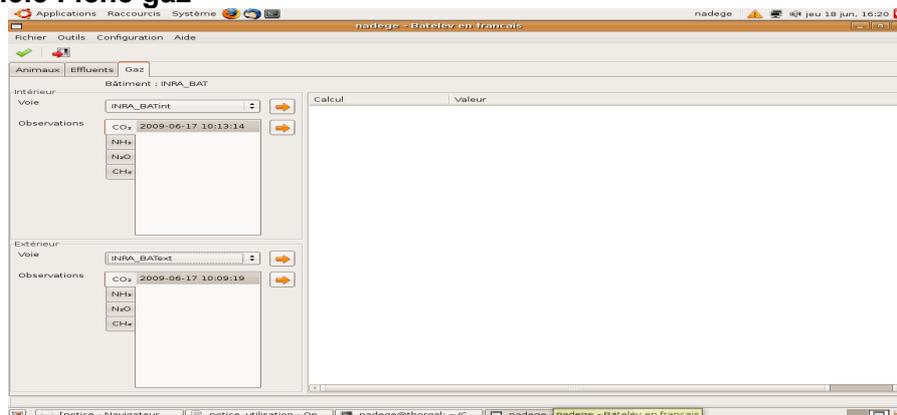
Bien entendu :

- Si deux types d'effluent sont observés, il faudra alors en sélectionner un par tableau
- Si un seul choix d'effluent est fait, il n'y a donc qu'un seul choix à faire pour le type d'effluent et laisser l'autre vierge.

NB : il y a obligatoirement au moins un type d'effluent à sélectionner !

De la même façon, les observations correspondent aux dates de saisie de ces effluents.

16.5.3 Fiche gaz



-Sélectionner la voie d'observation des gaz dans le tableau déroulant de l'espace dit 'intérieur' et de l'espace dit 'extérieur'.

=>le champ "observation" se remplit automatiquement de la date d'enregistrement des mesures de gaz saisies ; cette date devrait être la même pour chaque date d'observation si la saisie a été correcte.

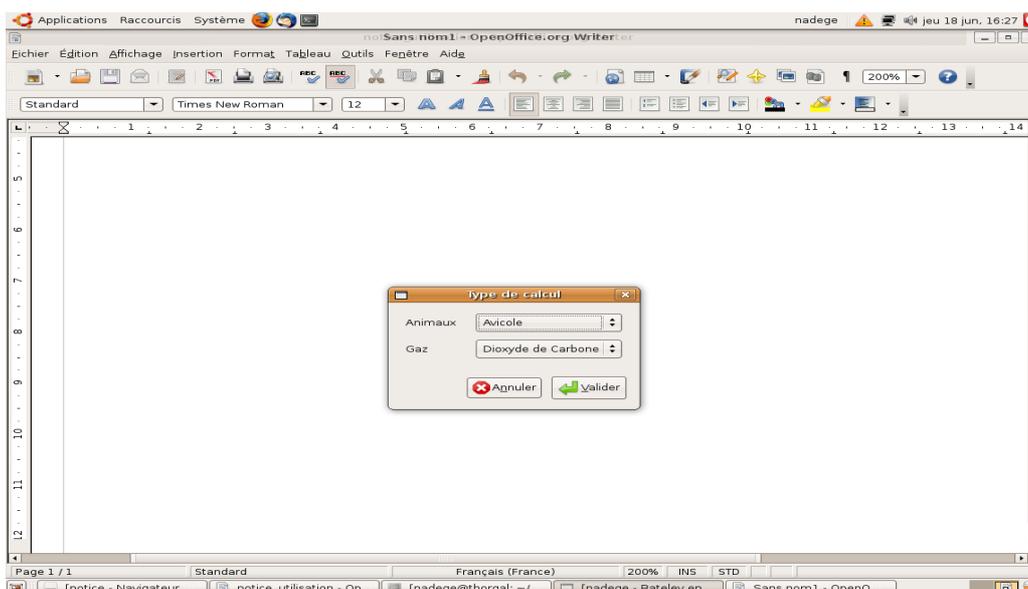
16.5.4 Lancement du calcul

Avant de lancer le calcul, vous avez la possibilité de vérifier vos sélections. Les informations sont conservées même si vous changez de fiches.

Vous pouvez ensuite lancer le calcul, en cliquant sur l'icône du "V" vert, en haut à gauche de l'écran, sous le mot "fichier".

Vous avez alors l'apparition d'une autre fenêtre nommée "type de calcul" qui vous demande de préciser ceci :

- Animaux, pour confirmer l'animal sur lequel se porte l'observation (volaille, bovin, porc...),
- Gaz, pour choisir l'émission de gaz à calculer, et appliquer le type de calcul correspondant,
- Valider.



Vous avez alors l'apparition d'une nouvelle fenêtre nommée "Résultat" qui résume l'essentiel des informations. Elle se subdivise en trois parties :

- une partie paramètre, qui reprend quelques données nécessaires au calcul
- une partie Calcul intermédiaire, qui présente une partie des résultats des premiers calculs réalisés
- une partie résultat final qui donne une estimation de la quantité de gaz étudié émise pour le bâtiment d'éleveur étudié.

Calcul	Valeur
eau buée	0
nombre d'alimentations observées	4
matière sèche de l'alimentation observée n°0	0,9
matière sèche de l'alimentation observée n°1	0,9
matière sèche de l'alimentation observée n°2	0,9
matière sèche de l'alimentation observée n°3	0,9
quantité de l'alimentation observée n°0	18821
quantité de l'alimentation observée n°1	6280
quantité de l'alimentation observée n°2	36015
quantité de l'alimentation observée n°3	29530
nombre d'observations de gaz CO2 intérieur	1
gaz intérieur observé CO2 n°0	1519
nombre d'observations de gaz CO2 extérieur	1
gaz extérieur observé CO2 n°0	198,8
Calculs intermédiaires :	
quantité totale de carbone ingérée	40790,7
eau buée	0
quantité de litière en fin de lot	5000
quantité de carbone qui compose la litière	2275
quantité de carbone qui compose la carcasse	175
poids vifs des animaux en début de lot	1011,02
quantité de carbone qui compose la carcasse en début de lot	176,929
entrée totale	43242,6
quantité de carbone qui compose l'effluent	8010
poids vifs des animaux en fin de lot	43178,8
quantité de carbone qui compose la carcasse en fin de lot	7556,3
sortie totale	15566,3
perte de carbone	27676,3
moyenne des gradients de CO2	647,951
résultat	27676,3
Résultat	27676,3

17 Annexe F : Développement d'une base de données pour caractériser un grand nombre de bâtiments : copie de la clé USB bootable (*Implementation of a database to characterize a large number of animal houses: copy of the USB key*)

17.1 *Prise en main*

17.1.1 Démarrage en mode non persistant

La copie se fera à partir d'une autre clé USB que l'on appellera la clé source. La clé qui en reçoit la copie étant la clé cible.

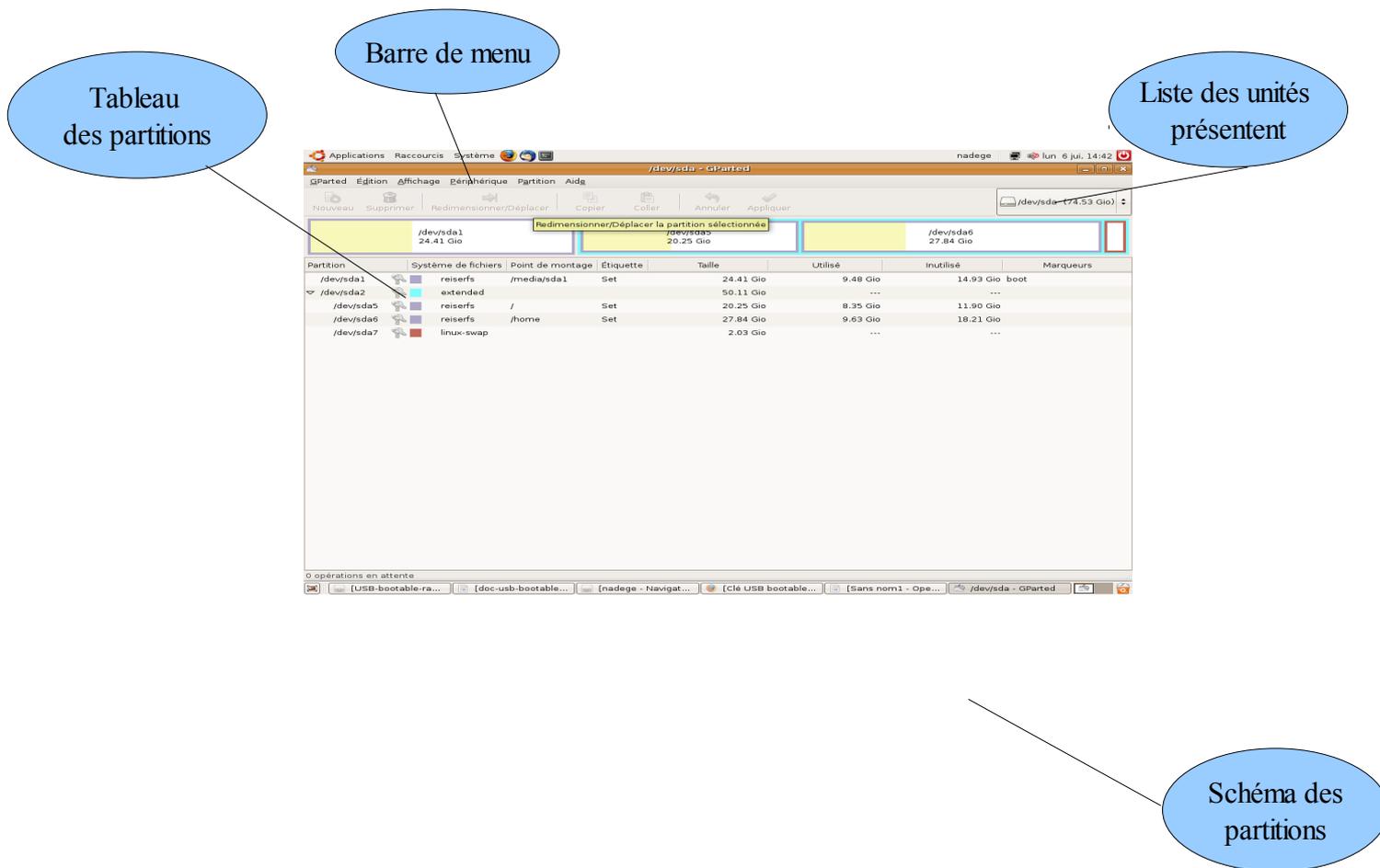
- Brancher la clé source sur l'ordinateur
- démarrer l'ordinateur
- choisir la langue
- choisir "start or install ubuntu" (=mode non persistant)

17.1.2 Lancement de GParted

17.1.2.1 Familiarisation avec GParted

Lancer GParted

- Système
 - administration
 - éditeur de partition (=démarrer GParted)
- sur encadré de la liste des unités, faire :
- clic gauche
- =>apparition de la liste des unités présentes :
- /dev/sda = disque de l'ordinateur
- /dev/sdb = disque de la clé source



Copie écran 1 - système GParted

17.1.2.2 Connexion de la clé cible

- brancher la clé usb sur laquelle on veut faire la copie (c'est à dire la clé cible)
 - GParted / actualiser les périphériques
 - clic sur la liste des unités présent
- =>une autre unité vient s'ajouter aux deux déjà présentes. Celle ci se nomme : /dev/sdc .

Sdc correspond à la clé cible, dans notre cas. Il peut avoir une autre lettre à la place du "c" en fonction du nombre d'unités connectées.

17.2 Formater la clé cible

17.2.1 Démontage des partitions du disque.

La clé que l'on utilise pourrait déjà avoir été utilisée ou alors avoir déjà des partitions de créées. Il faut donc éliminer toutes ces partitions afin de pouvoir fractionner le disque à notre convenance.

ATTENTION :

Il est impératif alors de sauvegarder les données importantes auparavant car une fois les partitions éliminées, les données qu'elles contenaient deviennent alors irrécupérables !

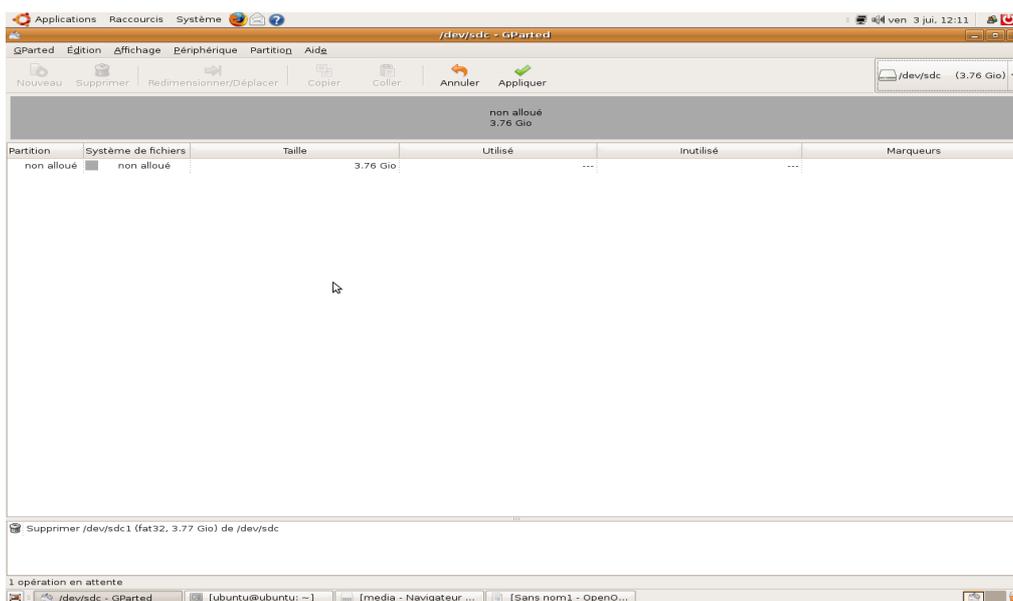
- sélectionner la clé cible dans l'encadré en haut à droite (/dev/sdc)
- clic sur la première ligne qui représente son partitionnement (ici comme la clé est vierge, elle ne possède qu'une seule partition dev/sdc1 (FAT32))
- faire 'partition' dans la barre de menu
- démonter
- clic droit sur la ligne qui représente le partitionnement de la clé
- supprimer

=> disparition alors de la partition concernée. S'il y a plusieurs partitions, faire la même démarche pour chacune jusqu'à ce qu'il ne reste plus que le nom "non alloué" dans une zone grise. Il y a aussi apparition du message " Supprimer /dev/sdc1 (fat32, 3.77 Gio) de /dev/sdc " en bas de l'écran ainsi que d'une ligne grisée avec le message "1 opération en attente" après avoir démonté toutes les partitions.

Pour confirmer, démonter également toutes les partitions à partir du terminal de ligne de commandes en tapant :

```
ubuntu@ubuntu:~$ sudo umount -a
```

- revenir dans GParted en cliquant sur l'icône de la réduction d'écran '/dev/sdc GParted' en bas de l'écran
- faire édition dans la barre de menu
- appliquer toutes les opérations
- =>ouverture d'une fenêtre de confirmation "voulez vous vraiment effectuer toutes les opérations ?"
- faire appliquer
- fermer
- =>disparition du message dans la ligne grisé
- fermer toutes les réductions d'écran en bas sauf celle du terminal et celle de GParted

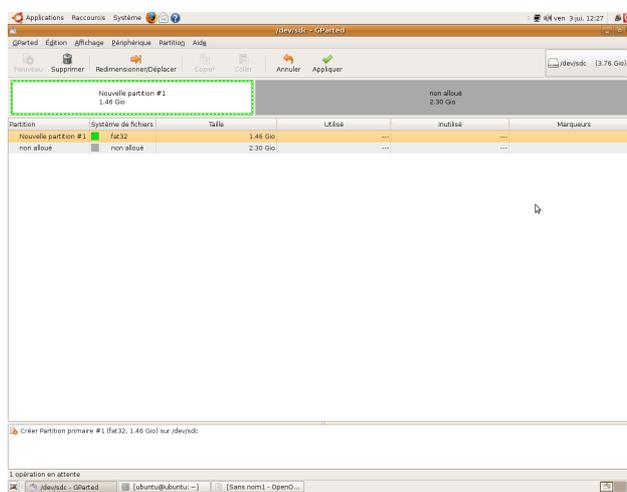
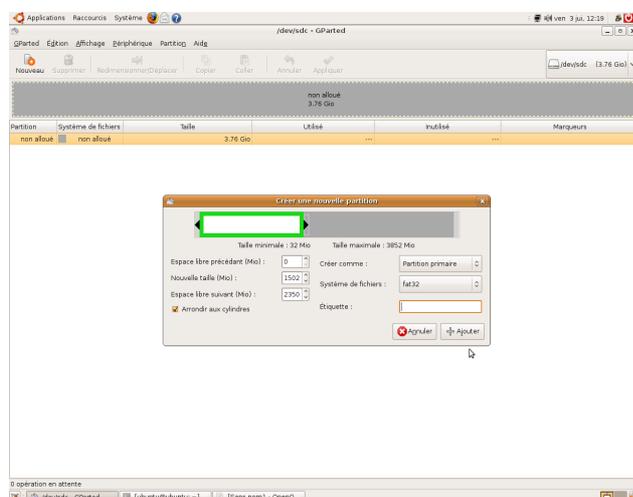


17.2.2 Création de nouvelles partitions

17.2.2.1 *Formatage partition FAT32*

Nous allons maintenant créer une nouvelle partition. Celle ci contiendra la partie fixe, non modifiable de notre application.

- clic droit sur la zone grise 'non alloué'
- nouveau
- dans système de fichier choisir 'FAT32'
- =>la zone bleue devient alors verte (code couleur spécifique de la FAT32)
- faire glisser la zone verte de la partition en se plaçant à l'extrémité droite de celle ci, afin de la ramener à une taille de valeur supérieur ou égale à 1100 Mio (la taille est visible dans le champ 'Nouvelle -taille' (Mio))
- valider



=>une nouvelle partition est alors créée.

- Effectuer les opérations en attentes.
- Le nom de cette partition sera alors /dev/sdc1 dans notre cas.

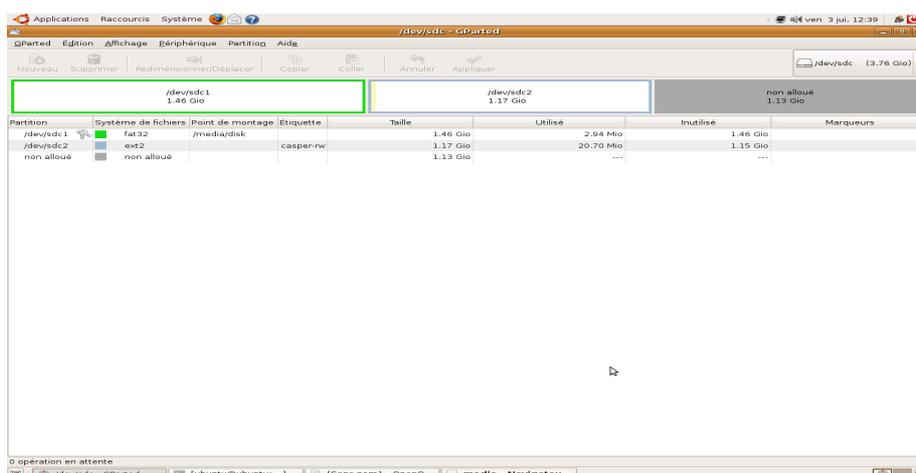
17.2.2.2 Formatage partition EXT2

Ici nous créons une nouvelle partition qui contiendra la partie modifiable de notre application. Pour cela, on utilise la même démarche que précédemment, en ajoutant l'étiquette pour bien l'identifier.

- clic droit sur la zone 'non allouée'
- nouveau
- dans système de fichiers, choisir ext2
- dans étiquette nommer cette partition casper-rw
- faire glisser la zone de partition (bleue) à une taille supérieur ou égale à 1000
- ajouter
- effectuer les opérations en attentes
- =>création de la nouvelle partition EXT2

ATTENTION :

Si le message d'erreur " impossible de monter..." apparaît faire simplement clic droit sur "valider" et le processus se poursuit.



Cette nouvelle partition se nomme alors /dev/sdc2

ATTENTION :

Il se peut que lorsque l'on cherche à effectuer les opérations en cours, le message d'erreur "impossible de monter le volume.." s'affiche. Même en validant, la partition est montée avec

un nom de partition différent : "nouvelle partition inconnue", avec une zone jaune plus importante dans l'espace consacré à la partition ext2. Ou encore, une partition entourée de noir qualifié de "inconnue" apparaît. Pour réparer cela, faire :

- clic droit sur la ligne correspondante
- partition
- démonter
- clic gauche sur la ligne correspondante dans la zone 'tableau des partitions
- supprimer
- =>on supprime alors la partition nouvellement créée si toute fois elle contenait des erreurs
- édition
- appliquer les opérations en attentes

Recommencer la démarche pour créer une nouvelle partition.

Si l'erreur persiste, supprimer toutes les partitions du disque de la clé comme en début de formatage (il ne doit rester que non alloué et la zone de partition grisé avec 'non alloué'). Puis faire :

- partition / démonter
- débrancher la clé
- attendre quelque secondes
- GParted / actualiser les périphériques
- vérifier dans la liste des unités que le disque de la clé n'y figure plus
- rebrancher la clé
- attendre quelque secondes
- GParted / actualiser les périphériques
- vérifier que la clé est à nouveau dans la liste
- recommencer le processus de création de partitions.

A ce stade toutes nos partitions sont sur la clé avec leur nom spécifique pour les différencier.

17.2.3 Vérification du partitionnement

Afin de vérifier la partition EXT2, faire la commande suivante dans le terminal pour démonter toutes les partitions:

```
ubuntu@ubuntu:~$ sudo umount -a (entrer)
```

Elles pourront être remontées automatiquement par GParted après un formatage.

Umount : Commande qui permet de détacher les systèmes de fichiers de la hiérarchie des fichiers. Ils ne sont alors plus accessibles et cela empêche de commettre des erreurs de commande dessus.

-a : Option de la commande umount qui permet de détacher tous les systèmes de fichiers. (s'il s'agit d'un système de fichier en particulier, il est précisé par son nom ou par le périphérique sur lequel il

se trouve.

```
ubuntu@ubuntu:~$ sudo e2fsck -f -p /dev/sdc2 (entrer)
```

Cette commande vérifie la partition EXT2.

sudo : pour travailler en tant que super utilisateur et avoir les droits et accès appropriés
fsck : c'est l'interface qui permet de vérifier des fichiers.(acronyme de File System Chek qui est très différent du scandisk)

-f : option pour forcer une commande. Ici, forcer la vérification même si le système de fichiers semble bon

-p : Option pour que e2fsck répare tous les problèmes du système de fichiers qui peuvent être réparés sans intervention humaine.

/dev/sdc2 : partition du disque concerné

```
ubuntu@ubuntu:~$ sudo umount -a (entrer)
```

Pour démonter à nouveau le volume

- Débrancher la clé
- attendre quelques secondes
- rebrancher la clé
- fermer toutes les réductions d'écran sauf celle du terminale et de GParted dans GParted faire
- GParted / actualiser les périphériques

17.3 Copier la partition système FAT32 et son contenu

Dans GParted, repérer le nom et le point de montage des différentes partitions ainsi créées. Dans notre exemple, la partition /dev/sdc1 correspondant à la FAT32 se trouve dans le répertoire /média/disk, et la partition /dev/sdc2 correspondant à la EXT2 se trouve en /média/casper-rw.

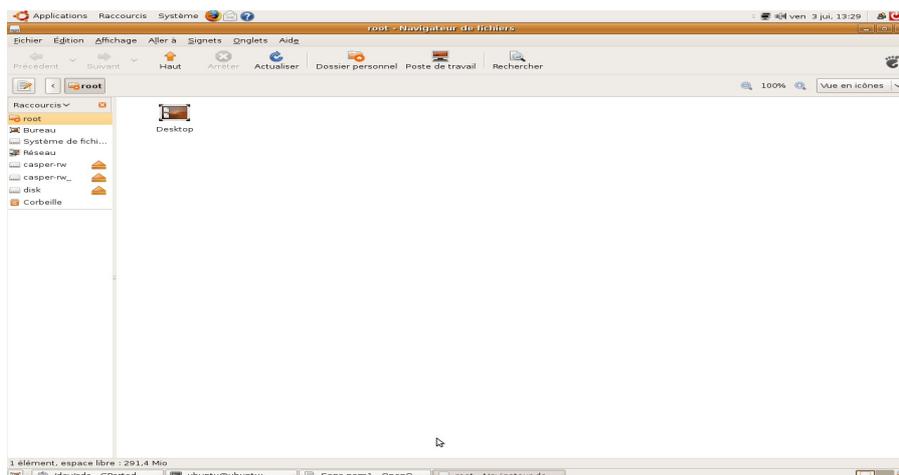
17.3.1 Lancer un gestionnaire de fichier

Dans le terminal taper la commande suivante :

```
ubuntu@ubuntu:~$ sudo nautilus &
```

& : permet de lancer une autre application en arrière plan sans perdre la ligne de commande.

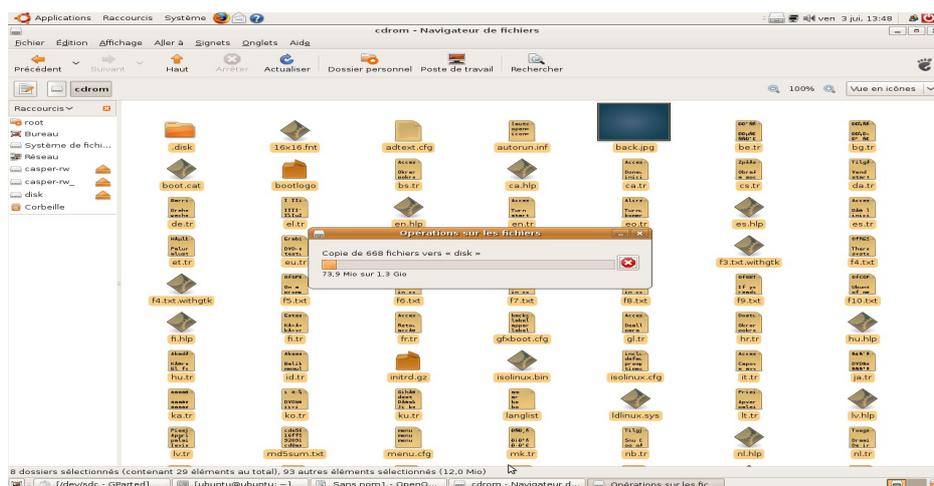
=> apparition de la fenêtre "root navigator - navigateur de fichiers"



17.3.2 Copie des fichiers système

dans la fenêtre "root navigateur de fichiers" faire :

- affichage / afficher les dossiers cachés
=>allongement de la liste de fichiers
- système de fichiers (sur la gauche)
- double clic sur média (zone de droite)
- repérer le nom de la partition FAT32 (elle était placée dans /média/disk. Comme nous sommes déjà dans le répertoire nommé média, il s'agit donc du fichier nommé 'disk'. On le retrouve aussi dans la liste sur la gauche.
- Repartir dans système de fichier sur la gauche
- cliquer sur cdrom (sur la zone de droite)
- =>apparition de la liste de fichiers à copier dans la nouvelle clé (dans la partition FAT32)
- édition
- tout sélectionner
- faire glisser tous les fichiers sélectionnés dans le répertoire 'disk' en faisant glisser la souris (sur le clic gauche) vers ce dit répertoire.
- =>la copie s'enclenche alors. Cela peut prendre plusieurs minutes (environ 10min)



17.3.3 Vérification

Revenir dans GParted et faire :

- GParted / actualiser les périphériques
- vérifier que la taille utilisée pour la nouvelle partition FAT32 de la clé cible est bien égale à celle de la clé source. Pour ce faire :
 - choisir la clé cible dans l'encadré en haut à droite (/dev/sdc), si vous n'êtes pas déjà sur celle-ci
 - sélectionner la ligne correspondant à la partition FAT32 (clic droit)
 - informations
 - =>s'affiche alors :
 - la taille : 7.46 Gio (= taille de la partition FAT32 choisie lors de sa création)
 - utilisé : 1.33 Gio (=taille utilisé pour la copie des fichiers système) et d'autres informations.
 - fermer

Faire de même avec la clé cible en utilisant la même démarche, et comparer les taille utilisées qui doivent être exactement les mêmes.

17.4 Rendre la clé bootable

17.4.1 Activation du système sur les fichiers de la partition FAT32

Dans le terminal, taper la commande suivante :

```
ubuntu@ubuntu:~$ sudo syslinux -f /dev/sdc1
```

Si en résultat vous avez la ligne suivante : "sudo: syslinux: command not found", c'est que le système syslinux n'est pas installé. Celui ci étant indispensable pour booter la clé il faut absolument qu'il soit présent. La commande suivante permet de l'installer.

```
ubuntu@ubuntu:~$ sudo apt-get install syslinux
```

Apt-get : outil logiciel à utiliser en ligne de commande permettant d'effectuer l'installation et la désinstallation facile de paquets en provenance d'un dépôt APT (serveur qui contient un ensemble de paquets, il en existe plusieurs). A l'aide d'un gestionnaire de paquets, il est alors possible d'accéder à ces dépôts et alors de trouver, télécharger et installer les logiciels choisis avec toutes leurs dépendances (c'est à dire les logiciels qui doivent nécessairement être installés pour que celui que l'on souhaite installer puisse fonctionner correctement).

Install : l'option "install" passée à "apt-get" permet d'installer les paquets indiqués après (ici ceux de syslinux).

Terminer avec la commande suivante :

```
ubuntu@ubuntu:~$ sudo syslinux -f /dev/sdc1
```

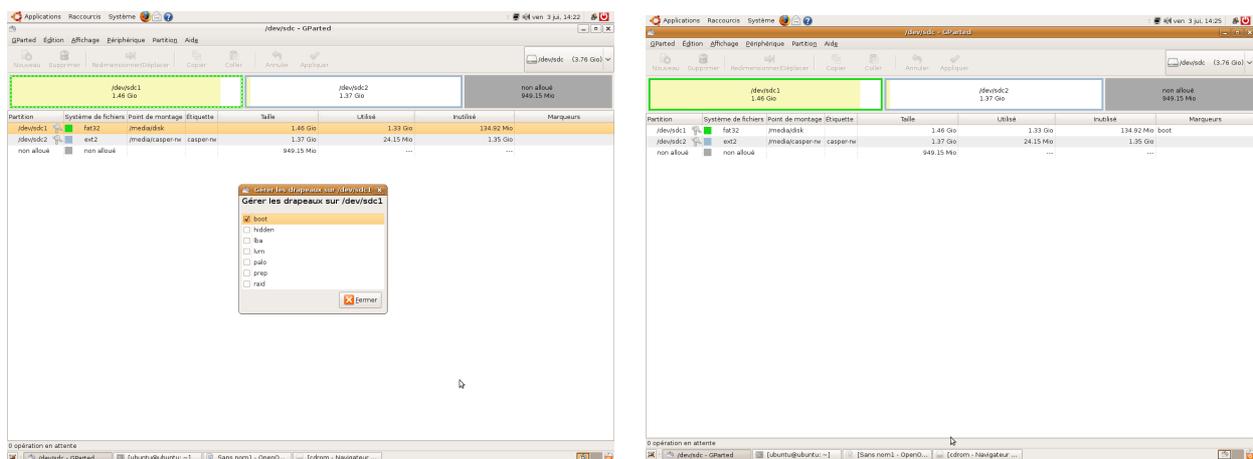
17.4.2 Activation du drapeau boot sur la partition FAT32

Permet de signaler quelle est la partie active sur laquelle il faudra booter lors du chargement de la machine.

Dans la liste des partitions dans le GParted, faire :

- clic droit sur la partition FAT32 de la clé cible(/dev/sdc1)
- clic gauche / gérer des drapeaux
- cocher boot
- fermer

=>activation du drapeau "boot" sur la clé cible. On le voit avec l'apparition de "boot dans la colonne 'marqueurs'



17.4.3 Vérification

-démonter les clés usb avec la 'commande umount -a' dans le terminal
-éteindre le pc en faisant système /éteindre puis éteindre.
si cela ne suffit pas et que les voyants sont encore allumés, éteindre manuellement au niveau de l'unité centrale
-débrancher les clés (sources et cibles)
-attendre quelques secondes
-rebrancher la clé cible uniquement
-démarrer le pc en mode non persistant comme au début de cette notice.
Si cela ne fonctionne pas, recommencer la procédure

Si l'ordinateur ne boote pas sur la clé usb, soit c'est parce que le drapeau 'boot' est absent, soit c'est parce que le syslinux n'est pas installé sur la clé. Vérifier que ces deux informations sont correctes et recommencer ces démarches si besoin (sinon utiliser les procédures décrites ci-dessus pour installer le drapeau boot ou installer le syslinux).

En démarrant sur la clé cible, on devrait arriver à la page de choix de la langue. Si cela ne se produit pas, on peut procéder comme suit :

-éteindre l'ordinateur
-débrancher / attendre quelques secondes /rebrancher la clé cible
-allumer l'ordinateur
-F12 (ou F2 pour entrer dans le BIOS) durant le chargement des paramètres à l'allumage
-choisir USB-CDROM (fenêtre à fond bleu)
-entrer
si cela ne fonctionne pas faire :
-CTL + ALT + Suppr
=>il renvoie à la page de chargement de l'ordinateur à l'allumage, recommencer.

Si cela ne fonctionne toujours pas il est toutefois possible de le faire manuellement :

-éteindre le PC
-brancher la clé cible
-allumer le PC
-F12 durant le chargement de la première page
-aller dans le set up de PC
-choisir "option du boot"
-mettre USB dans la séquence de démarrage
-F10 (save & exit)
choisir la langue

choisir persistant

17.5 Copier la partition modifiable EXT2

17.5.1 Copie de la partition EXT2

En fonction de ce que vous obtenez à l'écran. Vous pouvez démarrer directement avec le choix de la langue, ou le faire avec le set up comme précédemment, en utilisant la clé source.

le démarrage se fait alors sur la clé

- ouvrir le GParted
- brancher la clé cible
- actualiser les périphériques
- sélectionner l'unité source (/dev/sdb)
- repérer son point de montage (media/casper-rw) et sa taille (clic droit/information) qui est de 1.25 Gio
- sectionner l'unité cible en haut à droite

Repérer son point de montage (si celui ci n'apparaît pas refaire GParted / actualiser les périphériques) ici c'est le /media/casper-rw_. Noter son espace inutilisé pour vérifier qu'il peut bien contenir tous les fichiers à copier (ici il est de 1,35 Moi, ce qui est donc suffisant).

- dans la fenêtre root-Navigateur de fichier, faire :
- système de fichiers
- media
- sélectionner point de montage de la partition source (double clic sur casper-rw)
=>apparition du contenu des fichiers
- revenir au répertoire précédent par la flèche "haut" dans la barre d'outil en haut de l'écran
- sélectionner le point de montage de la partition cible (double clic sur casper-rw_)
=>il ne contient que le répertoire "lost+found"

Lancer la copie des fichiers et leurs droits associés à partir du terminal par la commande suivante :

```
ubuntu@ubuntu:~$ cd /media/casper-rw
ubuntu@ubuntu:/media/casper-rw$ sudo rsync -av * /media/casper-rw_
```

Rsync : "remote synchronization", est un logiciel libre de synchronisation de fichiers distribué sous GNU GPL. C'est un mode de copie de fichiers unidirectionnelle (de la source vers la destination), incluant les droits respectifs de ceux ci (lecture-exécution-écriture ; identification du propriétaire ; lien éventuel vers une autre adresse). Il fonctionne sur un large spectre de systèmes d'exploitation (Microsoft Windows, Cygwin, Linux, Mac OS X).

La commande rsync permet de copier tous les fichiers ou répertoires avec leurs droits.

-av = archivage de tous les droits et verboses (affichage des fichiers copiés)

'* '= indique que l'on copie tous les fichiers du 1er répertoire cité dans la commande vers le 2e

La copie peut durer quelques minutes.

Une fois terminée :

- démonter la clé à partir du terminal avec la commande 'sudo umount -a'
- retirer la clé cible
- éteindre le pc
- retirer la clé source

17.5.2 Vérification

Afin de voir si notre duplication est fonctionnelle, nous utilisons maintenant notre clé cible comme la clé source en faisant démarrer l'ordinateur sur celle-ci, et vérifier qu'on boote bien sur la partition FAT32 de la clé.

- brancher la clé cible sur le PC (PC éteint)
- allumer le PC
- choix de la langue
- démarrage de ubuntu en mode 'persistant' cette fois
- => On doit avoir à l'écran le bureau avec différentes icônes.

Si cela ne fonctionne pas, éteindre l'ordinateur, puis débrancher la clé. Attendre quelques secondes et recommencer (brancher allumer démarrage en mode persistant). Il peut arriver que certains fichiers soient mal copiés et que le système les mette à jour.

Faire quelques tests pour vérifier que l'application et la base de données sont bien transférées.

Si cela n'a pas fonctionné, lancer Gparted, sélectionner la clé USB dans la liste déroulante, les partitions créées sur la clé sont affichées. La partition « casper-rw » doit avoir un triangle avec « ! » dans la première colonne si l'on est en mode persistant. Si ce n'est pas le cas, le système n'a pas démarré en mode persistant. La partition EXT2 peut comporter des erreurs. Il faut alors la supprimer et la reformater, toujours avec l'étiquette « casper-rw ».

Nous avons alors une application fonctionnelle, sous Linux installée sur une clé USB. Il suffira de la brancher avant d'allumer l'ordinateur pour que celui-ci « boote » sur la clé, après une adaptation éventuelle de son bios, et permette ainsi d'utiliser l'application, avec la particularité de pouvoir enregistrer, supprimer, modifier des données saisies.

L'application est utilisable sous Windows à condition de la recompiler dans ce système d'exploitation et d'y avoir installé le serveur PostgreSQL, la base de données et la librairie wxWidgets.