

Emissions de gaz à effet de serre en bâtiment d'élevage bovin

J.-B. Dollé¹, P. Robin²

L'agriculture est une source déterminante pour deux gaz à effet de serre de pouvoir de réchauffement global élevé, le méthane et le protoxyde d'azote. Tout le cycle de production animale est susceptible d'en produire. Pour ce qui est des émissions par les déjections dans les bâtiments et lors du stockage, les quelques données disponibles sont ici rassemblées.

RÉSUMÉ

Une première évaluation des émissions globales, à partir des recommandations de l'IPCC, montre que 40% des émissions de GES de l'agriculture française sont liés à l'activité d'élevage. Au-delà de la fermentation ruminale (environ 100 kg de CH₄/UGB/an), les déjections dans les bâtiments et le stockage produisent du N₂O et du CH₄ (estimation officielle : 40 kg de CH₄/UGB/an pour tout type de produit, de bâtiment ou de mode de stockage). Les données issues de la littérature étrangère ont été enregistrées dans des conditions (systèmes de logement, de stockage, pratiques d'éleveurs) différentes de celles rencontrées en France. C'est pourquoi, les organismes professionnels et publics ont lancé une étude pour mettre au point une méthode de mesure simplifiée des GES sur le segment bâtiment-stockage.

MOTS CLÉS

France, gaz à effet de serre, lisier, fumier, méthane, protoxyde d'azote, système d'élevage

KEY-WORDS

Greenhouse-effect gas, France, livestock rearing system, manure, methane, nitrogen protoxyde, slurry

AUTEURS

1 : Institut de l'Élevage, 56, Avenue Roger Salengro, BP 39, F-62051 Saint-Laurent-Blangy ; jean-baptiste.dolle@inst-elevage.asso.fr

2 : INRA UMR SAS, CS 84215, 65, Rue Saint Brieuc, F-35000 Rennes ; paul.robin@rennes.inra.fr

En agriculture et plus précisément en élevage, le logement des animaux et la gestion des déjections animales influent sur les mécanismes biologiques et donc sur les pertes gazeuses. Alors que la France s'est engagée vis-à-vis des accords de Kyoto à stabiliser ses émissions nettes de GES en 2012 par rapport à 1990, les données nationales sur les émissions pendant le séjour des animaux en bâtiment et durant le stockage des effluents sont rares. Ce document vise à faire un état des lieux de la contribution de l'élevage bovin aux émissions de gaz à effet de serre à ces deux niveaux. La quantification des émissions adaptée à notre contexte puis ensuite la proposition de mesures de réduction des émissions renforcent la nécessité de mettre en place des travaux de recherche sur le sujet.

1. Contribution de l'élevage bovin aux émissions de gaz à effet de serre

■ Les mécanismes en cause...

Le méthane est issu de la digestion anaérobie de la biomasse végétale. Le méthane d'origine digestive provient de la digestion microbienne des fourrages et représente des dégagements potentiels importants chez les ruminants. Le méthane issu des déjections est produit au cours de la dégradation anaérobie de la matière organique. **Les émissions sont estimées pour l'animal d'une part et pour les déjections d'autre part.**

Le protoxyde d'azote est émis vers l'atmosphère chaque fois que sa production excède sa fixation. Il est produit par la nitrogénase (enzyme qui permet également de fixer N_2) lors des processus de nitrification et de dénitrification. Selon HWANG et HANAKI (2000), la dénitrification est prédominante lorsque la proportion d'oxygène dans l'air est inférieure à 5% ; les deux réactions ont lieu lorsque le taux est compris entre 5 et 15%. Pour une humidité supérieure à 60%, la dénitrification est prédominante et la formation de N_2 est supérieure à celle de N_2O . L'optimum d'humidité pour l'émission de N_2O se situe entre 40 et 60% (HWANG et HANAKI, 2000). On considère que **la contribution des animaux aux émissions de N_2O via la digestion est négligeable** (IPCC, 1996). Par conséquent, **pour la partie bâtiment et stockage, on évalue la production de protoxyde d'azote issue des déjections et on l'exprime en proportion de l'azote excrété.**

■ Les sources dans les bâtiments d'élevage bovin et au stockage

Dans les bâtiments d'élevage bovin, les dégagements gazeux liés à la fermentation entérique des animaux dépendent du type d'animaux, de leur alimentation et du climat.

En ce qui concerne les déjections, leur variété (lisier, fumier), le climat et la diversité des modes de gestion de ces déjections amènent à distinguer plusieurs situations où la nature et la quantité de gaz émis seront différentes en bâtiment et au stockage.

En bâtiment, la première source potentielle d'émission est la dispersion des déjections sur les aires de vie fréquentées par les animaux. Cette phase, préalable au stockage, se traduit par des dégagements gazeux limités (ELLIS *et al.*, 2001) et que l'on suppose être du même ordre de grandeur quel que soit le type de déjections.

Au stockage, il est utile de distinguer les lisiers des fumiers. Pour les **systèmes lisier**, le stockage en fosse de ces effluents conduit à un processus de digestion anaérobie où les émanations gazeuses se font quasi exclusivement sous forme de méthane (SNEATH *et al.*, 1997). En l'absence de croûte naturelle en surface, le manque d'oxygène sur toute la profondeur de l'ouvrage se traduit par de très faibles émissions de N_2O . Pour les systèmes avec production de fumier, il convient de considérer deux cas de figure, en fonction du mode de gestion de la litière. Les **fumiers de litière accumulée** sous les animaux sont curés périodiquement tous les mois, tous les 2 mois, voire davantage. Le tassement du fumier par les animaux conduit à une asphyxie du milieu à l'origine de dégagements importants de méthane (GROENESTEIN *et al.*, 1994). Le phénomène est différent pour les **fumiers pailleux raclés** quotidiennement ou ceux de litière accumulée curés et **stockés sur une plate-forme**. Ceux-ci se trouvent dans des conditions favorables à des phases successives d'aérobiose et d'anaérobiose. Ces conditions se traduisent par une montée en température du fumier, une dégradation de la litière et des phases de nitrification et dénitrification au cours desquelles on observe des émissions de CH_4 moindres et de N_2O potentiellement supérieures à la litière accumulée.

■ Une évaluation nationale

L'agriculture est une source clé pour deux gaz à effet de serre, le méthane et le protoxyde d'azote, au pouvoir de réchauffement global élevé (PRG). En 2002, au niveau national, la contribution au pouvoir de réchauffement global était de 70% pour le CO_2 , 12% pour le CH_4 et 15% pour le N_2O (CITEPA, 2005). Le gaz carbonique "anthropique" d'origine agricole, lié à la combustion des produits pétroliers (mécanisation), représente une très faible part des émissions globales (14%).

Concernant le **méthane**, les émissions globales du secteur agricole représentent **68% des émissions totales nationales**, devant les déchets et l'énergie. **L'activité d'élevage est responsable à 98% de ces émissions agricoles de méthane**, les 2% restants étant liés aux sols. La fermentation entérique est le plus important poste d'émission de méthane (67%) de l'activité d'élevage comparativement à la gestion des déjections responsable de 31% des émissions. Le **protoxyde d'azote** résulte également de façon prédominante de **l'agriculture pour 76%** comparativement aux activités industrielles et énergétiques. **92% du N_2O d'origine agricole sont émis par les sols et les cultures en lien avec l'épandage des engrais azotés**, les 8% restants ayant pour origine la gestion des déjections d'élevage (voir VINCENT, 2006, cet ouvrage).

La somme des émissions de méthane et de protoxyde d'azote liées aux déjections des animaux d'élevage représente 3,7% du pouvoir de réchauffement global. Cumulées aux émissions provenant de

la fermentation entérique, la contribution de l'activité d'élevage s'élève à 9,3% du PRG (tableau 1) ; celle de **l'élevage bovin contribue au pouvoir de réchauffement global national à hauteur de 7,6%**. Sur la base d'un temps de présence en bâtiment voisin de 6 mois, nous pouvons considérer que la moitié de ces émissions sont issues des bâtiments et stockages, l'autre moitié ayant lieu au pâturage.

	Total	Total	Tous élevages		Elevage bovin	
	France	agriculture	total	déjections	total	déjections
N₂O	15	11,4	1,1	1,1	0,8	0,8
CH₄	12	8,4	8,2	2,6	6,8	1,1
Total	27	19,8	9,3	3,7	7,6	1,9

■ Les outils d'évaluation disponibles

La contribution de l'élevage au niveau des bâtiments et du stockage des déjections est donc une source non négligeable de GES qui mérite qu'on en affine l'analyse et l'évaluation. Les estimations menées par le CITEPA (et présentées ci-dessus) sont établies sur la base de références IPCC ou GIEC.

En ce qui concerne le **séjour des animaux en bâtiments et le stockage des déjections, faute de données spécifiques françaises, les inventaires nationaux sont basés sur la méthode dite "Tiers 1" de l'IPCC**. Cette méthode repose sur le découpage de la production animale en "activités émettrices" (CITEPA, 2005) qui conduit à individualiser l'émission de différentes catégories d'animaux, la gestion des effluents et des couverts végétaux pour la production des aliments et le recyclage des effluents. En l'absence de données nationales, les catégories d'activités sont floues et ne permettent pas de refléter les impacts des évolutions des pratiques agricoles. Les facteurs d'émission utilisés pour chaque activité sont basés sur la typologie des élevages et des types d'effluent, mise en place à l'échelle mondiale par le groupe intergouvernemental d'experts (tableau 2).

	Fermentation entérique	Gestion des déjections	
		Lisier	Fumier
Méthane (kg CH ₄ /an)	119	40 (à 17°C)	40 (à 17°C)
Protoxyde d'azote (kg N-N ₂ O/kg N excrété)	---	0 (sans croûte de surface)	0,005 (avec croûte de surface)

2. Les résultats des travaux menés à l'étranger

Les pays du nord ont fait un effort important de recherche sur les émissions de gaz à effet de serre provenant de l'activité d'élevage. Même si la distinction de l'origine des émissions est délicate à opérer en bâtiment, il est toutefois envisageable de distinguer les deux sources d'émissions que sont l'animal et les déjections.

TABLEAU 1 : Répartition de la contribution de l'agriculture et de l'élevage au PRG (pouvoir de réchauffement global) national (% du PRG total)

TABLE 1 : *Distribution of the contribution of farms and farm animals to the national global warming power (PRG) in % of total PRG.*

TABLEAU 2 : Facteurs d'émission IPCC pour les vaches laitières.

TABLE 2 : *IPCC factors of gas production for dairy cows.*

■ Emissions liées à l'animal

Plusieurs modèles prévisionnels d'émission de méthane ont été élaborés à partir de critères de production laitière et d'alimentation (BENCHAAR *et al.*, 1998 ; MILLS *et al.*, 2001). Ces modèles (tableau 3), ainsi que des mesures réalisées en chambre de respiration, confirment la part importante de méthane d'origine entérique. Ces émissions journalières se traduisent par **une perte gazeuse annuelle par vache laitière (VL) de l'ordre de 100 kg CH₄/an**, variable selon le mode d'alimentation et le niveau de production laitière. Ces résultats corroborent ceux obtenus par VAN AMSTEL *et al.* (1993) qui mettaient en évidence une émission comprise entre 63 et 102 kg CH₄/VL/an.

TABLEAU 3 : Estimations des émissions de méthane d'origine entérique des vaches laitières.

TABLE 3 : Estimated methane productions of body origin by dairy cows.

Emission des vaches laitières (VL)		
CH ₄ entérique (g CH ₄ /VL/jour)	130 – 290	308
Référence	HARTUNG (1997)	AMON <i>et al.</i> (1997)

■ Emissions liées aux déjections

Le premier poste d'émission concerne les fèces et urines dispersées **sur les aires de vie des animaux**. Ce potentiel d'émission en bâtiments avec des déjections raclées et stockées à l'extérieur a été peu étudié. Selon ELLIS *et al.* (2001), les faibles quantités de fèces et urine couplées aux raclages rapprochés expliquent les faibles émissions sur les aires bétonnées. Les mesures menées sur des aires non couvertes fréquentées par les animaux mettent en évidence des pertes de 0,02 g CH₄/VL/jour et 1,9 µg N₂O/VL/jour (tableau 4), soit 3,6 g de CH₄/VL et 1 mg N-N₂O/VL pour une période de stabulation de 6 mois.

Emission de :	Déjections sur aire raclée	Lisier stocké sous caillebotis	Fumier de litière accumulée
- CH ₄ (g/VL/jour)	0,02	320	1188
Référence	ELLIS <i>et al.</i> (2001)	SNEATH <i>et al.</i> (1997)	GROENESTEIN <i>et al.</i> (1994)
- N ₂ O (g/VL/jour)	1,9 10 ⁻⁶	0 – 0,8	0,8
Référence	ELLIS <i>et al.</i> (2001)	CHADWICK <i>et al.</i> (1998)	HARTUNG (1997) CHADWICK <i>et al.</i> (1998)

TABLEAU 4 : Emissions de gaz à effet de serre liées aux déjections émises ou stockées en bâtiment.

TABLE 4 : Production of greenhouse-effect gases linked to dejections made by animals or stored inside.

Le second poste d'émission, quantitativement le plus important, concerne le **stockage des déjections**. Qu'il soit réalisé à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments, les émissions de gaz provenant des déjections liquides présentent certaines analogies. En **fosse de stockage de lisiers**, les émissions se font principalement sous forme de méthane. Certaines études (tableaux 4 et 5) font état de facteurs d'émission de 320 g CH₄/VL/jour (SNEATH *et al.*, 1997) et de 24 à 47 g CH₄/m³/jour (SOMMER *et al.*, 2000) relativement proches. Ramenées à la durée de stockage de 6 mois, DE MOL et HILHORST (2003) quantifient les émissions de CH₄ à un niveau de 2,93 kg/m³ de lisier.

Les conditions anaérobies rencontrées dans les fosses à lisier, propices à la formation de méthane, sont peu génératrices de protoxyde d'azote (tableau 4). Selon CHADWICK *et al.* (1998) et HARTUNG (1997),

Emission de :	Lisier		Fumier
- CH ₄ (g/m ³ /jour)	24 - 47	16	---
Référence	SOMMER <i>et al.</i> (2000)	DE MOL <i>et</i> HILHORST (2003)	---
- N ₂ O (g/m ³ /jour)	---	---	1,1
Référence	---	---	CHADWICK <i>et al.</i> (1998)

les émissions de protoxyde d'azote oscillent entre 0 et 0,8 g N₂O/VL/jour, soit entre 0 et 0,45 kg N-N₂O/VL sur une période de stockage de 6 mois.

Pour les fumiers, il convient de distinguer les situations avec **accumulation du fumier sous les animaux** des situations avec stockage extérieur. Dans le premier cas, la gestion de la litière dans des conditions anaérobies liées au tassement des animaux conduit à une **production de méthane** (tableau 4) pouvant atteindre 1 188 g CH₄/VL/jour (GROENESTEIN *et al.*, 1994). Ce mode de gestion de la litière conduit à des émissions de CH₄ liées aux déjections supérieures à la fermentation entérique. Dans ce mode d'élevage, la formation de N₂O (tableau 4) reste limitée et voisine des systèmes lisiers (0,8 g N₂O/VL/jour ; CHADWICK *et al.*, 1998). Le **fumier stocké à l'extérieur** est quant à lui une **source potentielle de N₂O** associée aux phases successives de nitrification - dénitrification. CHADWICK *et al.* (1998) mettent en évidence un facteur d'émission de 1,1 g N₂O/m³/jour sans préciser le type de fumier (tableau 5).

3. Application des données étrangères aux conditions d'élevage françaises

Comparativement aux travaux menés à l'étranger, **peu d'investigations ont été entreprises en France**. La mesure des émissions des différents gaz au compostage a été effectuée par le CNRS en conditions normales (MORAND *et al.*, 1999) et à l'INRA en conditions de laboratoire, en collaboration avec l'ITAVI et l'Institut de l'Elevage (ROBIN et PAILLAT, 2000 ; ROBIN *et al.*, 2002). D'autres travaux avaient porté sur les émissions au stockage (MARTINEZ *et al.*, 2003) et à l'épandage sur sols cultivés (CELLIER et LAVILLE, 1999 ; CELLIER *et al.*, 1996), et mis en évidence l'effet de la nature des déjections et des conditions environnementales.

Les facteurs d'émission de cette bibliographie peuvent être appliqués à nos conditions d'élevage ; ils permettent ainsi de donner une indication sur les émissions globales par poste et par animal pour différents systèmes (tableau 6).

TABLEAU 5 : Emissions de gaz à effet de serre liées aux déjections stockées à l'extérieur.

TABLE 5 : Production of greenhouse-effect gases linked to animal dejections stored outside.

TABLEAU 6 : Estimation des émissions annuelles de gaz en bâtiment bovin pour une durée de stabulation de 6 mois.

TABLE 6 : Estimated yearly productions of gases in cattle sheds where stock is kept indoors for 6 months.

Emission calculée	Part liée à l'animal		Part liée aux déjections	
	Fermentation entérique	Système lisier		Système fumier
		Lisier stocké en fosse	Litière accumulée	Fumier stocké sur fumière
CH ₄ (kg CH ₄ /VL/an)	100	31 - 90	213	---
N ₂ O (g N-N ₂ O/VL/an)	0	0 - 45	67	504

Les critères d'élevage retenus pour le calcul portent sur le temps de présence des animaux dans le bâtiment, les volumes de déjections et les rejets azotés. A l'exception du CH₄ entérique pour lequel le rejet est calculé sur 1 an, les pertes gazeuses émanant des déjections ont été déterminées pour une durée de 6 mois assimilée au temps de présence moyen des animaux dans le bâtiment. Le volume de déjections produit sur cette période de 6 mois est de 10,8 m³ pour le lisier et 8 m³ pour le fumier. Lorsque les facteurs d'émission sont exprimés par rapport à l'azote excrété, la quantité d'azote rejetée par vache a été fixée à 100 kg.

Les émissions annuelles de méthane entérique sont estimées à 100 kg/VL. Volontairement, les pertes gazeuses liées aux déjections sur les aires fréquentées par les animaux, jugées négligeables, ne figurent pas dans ce tableau.

Pour les lisiers stockés en fosse, les émissions de N₂O comprises entre 0 et 45 g N-N₂O/VL (soit entre 0 et 0,15% de l'azote excrété) sont très hétérogènes et dépendent considérablement des conditions du milieu. La quantité de méthane émise est comprise entre 31 et 90 kg CH₄/VL. Cumulée aux émissions de méthane entérique, la perte annuelle est comprise entre 77 et 192 kg CH₄/VL. Ces valeurs sont cohérentes avec le facteur d'émission mesuré par GROOT KOERKAMP et UENK en 1997 en bâtiment logettes lisier pour vache laitière qui est de 96,7 kg CH₄/animal/an. Ceux-ci mettent également l'accent sur la forte incidence de la surface d'émission liée au mode de logement et à l'ouvrage de stockage. C'est ainsi qu'en étable entravée pour vaches laitières, ils mettent en évidence un facteur d'émission de seulement 43,9 kg CH₄/animal/an.

La litière accumulée représente un potentiel important de perte de méthane pouvant s'avérer supérieur aux émissions entériques. L'émission de 213 kg de CH₄/VL, qui provient d'une extrapolation des données obtenues par GROENESTEIN, paraît anormalement élevée et mériterait d'être confrontée à d'autres mesures en bâtiment du même type.

Le fumier stocké sur fumière paraît avoir dans tous les cas un potentiel d'émission de N₂O très supérieur au lisier, en rapport avec les conditions de stockage. Une telle quantité d'azote transférée dans l'atmosphère sous forme de N₂O mérite des investigations supplémentaires pour préciser les conditions exactes de cette émission (pratiques d'élevage, type de fumier).

4. Discussion

Cette analyse fait ressortir **des résultats partiels sur les émissions au stockage et l'absence d'éléments concernant les émissions en bâtiment d'élevage bovin. Les résultats** restent partiels et ceux **obtenus à l'étranger ne peuvent être transposés en l'état en France**. Supposer *a priori* qu'un bâtiment conduit en France "avec le même climat et les mêmes méthodes de conduite d'élevage" aurait les mêmes émissions qu'un bâtiment conduit dans un pays connexe reviendrait à affirmer que l'on connaît suffisamment aujourd'hui la

relation entre les émissions, le climat et les pratiques d'élevage. Or les modèles décrivant cette relation sont basés sur une typologie des élevages où la variabilité intraclasse des émissions conduit encore à une forte incertitude sur le niveau de l'émission. En effet, la majorité des travaux ont porté sur des systèmes lisiers, alors que nous possédons en France des systèmes fumiers pour lesquels les facteurs d'émission varient probablement de façon importante en fonction de la gestion du fumier. En production bovine, les études étrangères sont réalisées dans des bâtiments avec caillebotis, alors que ces derniers ne représentent que 5% du parc en France. Enfin, les études sont menées en bâtiment fermé avec ventilation dynamique à faible débit (500 m³/VL/heure) alors qu'en France les bâtiments ouverts avec ventilation statique, et débit d'air important (1 000 m³/VL/ heure), prédominent.

Face à ce constat, et compte tenu de l'ampleur des postes concernés, il est indispensable d'améliorer la précision des estimations... C'est pourquoi, les Instituts Techniques de l'Élevage (Institut de l'Élevage, ITAVI, ITP) se sont associés à l'INRA, au CEMAGREF et au CITEPA pour **lancer une étude sur les émissions afin de mettre au point une méthode de mesure simplifiée** des émissions de gaz à effet de serre, dans les bâtiments d'élevage et au cours du stockage des déjections ; une fois validée, cette méthode simplifiée permettra de proposer (et certifier) des techniques de réduction adaptées aux besoins de l'élevage français.

La prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans les choix techniques en matière d'élevage est désormais importante. L'utilisation des données observées sur le terrain permettra de réduire l'incertitude sur l'émission des GES aux niveaux des bâtiments et des stockages (incertitude existant dans les inventaires nationaux d'émission), de tenir compte des améliorations techniques et permettra la mise en place ultérieure de procédures de certification des émissions à l'échelle de l'exploitation.

Intervention présentée aux Journées de l'A.F.P.F.,
"Prairies, élevage, consommation d'énergie et gaz à effet de serre",
les 27 et 28 mars 2006.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMON B. *et al.* (1997) : "Einsatz eines mobilen emissionsmeßsystems zur emissionsratenbestimmung umwelt und klimarelevanter gase aus der rinderhaltung (Stall, Festmistlagerung und - kompostierung)", *3^e Int. Conf., "Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung*, Kiel, Germany.
- BENCHAAR C., RIVEST J., POMAR C., CHIQUETTE J. (1998) : "Prediction of methane production from dairy cows using existing", *J. Anim. Sci.*, 76 : 617-627.
- CELLIER P., LAVILLE P. (1999) : "Les émissions de N₂O par les sols agricoles en France : quelle évaluation possible ?", *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 85, 6, 177-192.
- CELLIER P., GERMON J.C., HENAULT C., GENERMONT S. (1996) : "Les émissions d'ammoniac (NH₃) et d'oxydes d'azotes (NO_x et N₂O) par les sols cultivés : mécanismes de production et quantification des flux", *Maîtrise de l'azote dans les agrosystèmes*, éd. INRA.

- CHADWICK D.R., SNEATH R.W., PHILLIPS V.R., PAIN B.F. (1998) : "A UK inventory of nitrous oxide emissions from farmed livestock", *Atmospheric Environment*, 33, 3345-3354.
- CITEPA (2005) : *Emissions dans l'air* ; <http://www.citepa.org/emissions/index.htm>
- DE MOL R.M., HILHORST M.A. (2003) : *Methaan-, lachgas- en ammoniakemissie bij productie, opslag en transport van mest*, Instituut voor Milieu- en Agritechniek, Wageningen, 252 pp.
- ELLIS S., WEBB J., MISSELBROOK T., CAHWICK D. (2001) : "Emission of ammonia (NH₃), nitrous oxide (N₂O) and methane (CH₄) from a dairy hardstanding in the UK", *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60, 115-122.
- GROENESTEIN C.M., HUIS IN 'T VELD J.W.H. (1994) : *Practical research into ammonia emissions from animal houses XV : straw bed house for sucking cows*, (in dutch), Directorate for agricultural research (DLO), Report 94-1006, Wageningen, 14 pp.
- GROOT KOERKAMP P.W.G., UENK G.H. (1997) : "Climatic conditions and aerial pollutants in and emissions from commercial production systems in the Netherlands", Voermans J.A.M., Montany G.J. (eds), *Ammonia and odour control form animal production facilities, Proc. Int. Symp.*, 139-14, Research Station for pig husbandry (PV), Rosmalen.
- HARTUNG (1997) : "Ammonia and greenhouse gas emissions from dairy barns", *ASAE Annual Int. Meet.*, paper n° 974127, Minneapolis, Minnesota.
- HWANG S., HANAOKI K. (2000) : "Effects of oxygen concentration and moisture content of refuse on nitrification, denitrification and nitrous oxide production", *Bioresource Technology*, 71, 159-165.
- IPCC (1996) : *Guidelines for national greenhouse gas inventories*, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm>
- MARTINEZ J., GUIZIOU F., PEU P., GUEUTIER V. (2003) : "Influence of treatment techniques for pig slurry on methane emissions during subsequent storage", *Biosystems Engineering*, 85 (3), 347-354.
- MILLS J.A.N., DIJKSTRA J., BANNINK A., CAMMELL S.B., KEBREAB E., FRANCE J. (2001) : "A mechanistic model of whole-tract digestion and methanogenesis in the lactating dairy cow : model development, evaluation, and application", *J. Anim. Sci.*, 79:1584-1597.
- MORAND P., YULIPRIYANTO H., BARON S., ROBIN P. (1999) : "Quantification of gases emitted during composting of poplar bark-poultry dung mixtures, related to microbial activities", *Int. Composting Symp*, Halifax (Canada), 30 p.
- ROBIN P., PAILLAT J.M. (2000) : *Compostage des fumiers de litière accumulée de bovins, estimation et caractérisation des pertes d'azote par volatilisation*, Rapport final, Convention IE-INRA.
- ROBIN P., HACALA S., PAILLAT J.M. (2002) : *Heat partition during composting of cattle manure*, 10th Int. Ramiran Conf., Slovak Republic, 14-18 may 2002, 4 p.
- SNEATH R.W., PHILLIPS V.R., DEMMERS T.G.M., BURGESS L.R., SHORT J.L., WELCH S.K. (1997) : "Long term measurements of greenhouse gas emissions from UK livestock building", *Livestock Environment*, V. Vol. I, Proc.5th Int. Symp., Minnesota, May 29-31, 146-153.
- SOMMER S.G., PETERSEN S.O., SOGAARD H.T. (2000) : "Greenhouse gas emissions from stored fermented and untreated dairy cattle slurry : effect of slurry cover", in press.
- VAN AMSTEL A.R., SWART R.J., KROL M.S., BECK J.P., BOUWMANS A.F., VAN DER HOEK K.W. (1993) : *Methane, the other greenhouse gas. Research and policy in the Netherlands*, Dutch Institute of Human Health and Environmental Hygiene (RIVM), Report N° 48 1507001, Bilthoven.

SUMMARY

Production of greenhouse-effect gases in farm buildings used for housing cattle

Farming contributes to the production of greenhouse-effect gases : carbon di-oxyde (CO₂), methane (CH₄), and nitrogen protoxyde (N₂O). According to estimations on the national scale of these gas productions, based on the recommendations by IPCC made on a world scale, farming is responsible for 20% of these in France. Some 60% of these 20% are from the soils and from energy consumption and 40% from livestock rearing.

Apart from the ruminal fermentation, estimated at some 100 kg CH₄ per L.U. per year, there is also a production of CH₄ and N₂O by the dejections in the sheds and outside. The present official values amount to 40 kg CH₄ per L.U. per year, for all types of product and of housing and storage method.

The data are from foreign literature, using a technology for the combinations of housing systems, storage systems, and farmers' practices that differs from that used in France. The production factors in the French typology have not yet been validated, for lack of complete studies on the subject. As a consequence, professional and public organizations have initiated a study on the definition of simplified methods for the measurement of greenhouse-effect gases from sheds and dejection stores in order to facilitate the quantification of the gas productions of agricultural origin, and later set up a policy of gas reduction via measures of attenuation.