

Emissions annuelles de méthane d'origine digestive par les bovins en France.

Variations selon le type d'animal et le niveau de production

Chez toutes les espèces animales, les processus digestifs conduisent à l'émission de quantités très variables de méthane, méthane qui contribue à l'effet de serre. Les ruminants, et parmi eux les bovins, produisent des quantités relativement importantes de méthane, en raison de l'abondance de la population microbienne dans le rumen et de son activité, nécessaire à la digestion des végétaux consommés. Cette production doit être quantifiée et ses facteurs de variation analysés afin de comparer son importance à celle des autres sources de pollution et de définir les moyens de la réduire.

Résumé

Les ruminants sont parfois accusés a priori de contribuer largement à l'effet de serre en raison de leur production de méthane d'origine digestive. Les émissions journalières de méthane des principaux types de bovins ont été déterminées à l'aide de chambres respiratoires. Les émissions annuelles de méthane d'origine digestive des bovins laitiers ou à viande en France ont été calculées en tenant compte des types d'animaux, des niveaux de production, du type d'alimentation au cours de l'année et des effectifs en 1993.

L'émission de méthane d'une vache laitière est comprise entre 140 et 160 m³ par an pour une production laitière variant de 3 400 à 6 500 kg. La quantité de méthane émise en moyenne par kg de lait passe de 41 à 25 litres pour cette même plage de production.

L'émission de méthane d'une vache allaitante est en moyenne de 120 m³/an. Celle des bovins en croissance se situe entre 56 et 78 m³/an selon la vitesse de croissance et le type de production. En revanche, l'émission de méthane par kg de carcasse produite diminue lorsque la vitesse de croissance augmente ; elle se situe entre 0,32 et 0,49 m³/kg pour les bovins de races laitières et entre 0,58 et 1,04 m³/kg pour les bovins de races bouchères si on inclut la production de méthane de la mère pendant un an.

Ainsi, l'émission totale de méthane des bovins en 1993 est de l'ordre de 1,86 milliard de m³ (soit 1,33 millions de tonnes) dont 38 % par les 4,6 millions de vaches laitières et 6 % par les génisses futures reproductrices, 26 % par les 4,0 millions de vaches allaitantes, 7 % par les génisses futures reproductrices et 23 % par les 6,6 millions de bovins en croissance destinés à la production de viande. Les possibilités de réduire les émissions de méthane des ruminants et des autres sources de pollution sont discutées.

En raison de leur production de méthane, les ruminants sont parfois accusés a priori de contribuer largement à l'effet de serre qui entraîne un réchauffement progressif de notre planète. Le méthane n'est pas le seul gaz responsable de cet effet de serre. Le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O), les chlorofluorocarbones (CFC) laissent passer le rayonnement solaire mais absorbent une partie du rayonnement infrarouge émis en retour par la terre et le transforment en chaleur dans l'atmosphère et la troposphère. Le méthane a une concentration dans l'air 200 fois plus faible que celle du CO₂ mais un pouvoir de captation (par mole) du rayonnement 30 fois plus élevé. Sa contribution à l'effet de serre total est de l'ordre de 18 % contre 49 % pour le CO₂, 6 % pour le N₂O et 14 % pour les CFC (Rhode 1990). Cependant, le méthane a une durée de vie de l'ordre de 10 ans et exerce donc des effets à long terme. L'accroissement de la production mondiale de méthane serait responsable de 15 % de l'augmentation de l'effet de serre (Byers 1990).

Au niveau mondial, les mammifères et leurs déjections participeraient à hauteur de

23 % à la production totale de méthane, au même niveau que les marais (21 %), les rizières (20 %), la combustion de la biomasse et l'utilisation des sources d'énergie fossile : charbon, gaz naturel, pétrole (24 %) (Johnson *et al* 1991). Les bovins contribueraient pour environ 70 % à la production de méthane des mammifères : 40 % par les bovins des pays développés et 30 % par les bovins des pays en développement. Comme dans d'autres pays développés, en France le Ministère de l'Environnement se préoccupe depuis plusieurs années de cette source de pollution et encourage des actions pour quantifier les productions de méthane et chercher à les réduire.

1 / Emissions de méthane d'origine digestive par les ruminants

Les fermentations microbiennes qui ont lieu dans les réservoirs digestifs des ruminants leur permettent d'utiliser les glucides (cellulose, hémicelluloses, pectines...) des parois et l'azote non protéique des fourrages et des sous-produits des industries agro-alimentaires (figure 1). Ces fermentations s'accompagnent de production de dioxyde de carbone, de méthane et de chaleur (Jouany 1994, Vermorel 1995). A titre indicatif, la dégradation complète de 1 kg de matière organique de fourrage dans le réticulo-rumen produirait 66 litres de méthane mais permettrait au ruminant d'en tirer 3,15 Mcal sous forme d'acides gras volatils, c'est-à-dire une quantité d'énergie équivalente à celle fournie par 750 g d'amidon sec.

La production journalière de méthane des ruminants dépend de nombreux facteurs liés à l'animal (espèce, âge...) et à l'alimentation : niveau d'alimentation, nature du fourrage et mode de conditionnement, nature de l'aliment concentré et pourcentage de concentré dans la ration, apports d'additifs tels que les matières grasses et les antibiotiques ionophores... (Giger-Reverdin *et al* 1992, Sauvant 1993, Jouany 1994, Vermorel 1995). La production journalière de méthane par les principaux types de ruminants domestiques recevant différents types de fourrages et de régimes à plusieurs niveaux d'alimentation a été déterminée à de nombreuses reprises grâce à l'utilisation de chambres respiratoires. Le tableau 1 rassemble quelques don-

Tableau 1. Exemples d'émissions de méthane et de pertes d'énergie sous forme de méthane chez les bovins, pour divers types de production.

Type de bovin	Poids (kg)	Production	Régime	Méthane (l/j)	ECH ₄ (% EI)	ECH ₄ (% ED)
Vache laitière ⁽¹⁾	600	0	Foin	205	8,4	12,3
	600	20 kg/j	75 % F, 25 % C	550	6,7	10,5
	650	30 kg/j	65 % E, 35 % C	600	6,3	9,3
	700	40 kg/j	60 % E, 40 % C	700	6,0	8,6
Vache laitière ⁽²⁾		33 kg/j	30 % F + 70 % O	365	4,8	6,4
		27 kg/j	30 % F + 70 % PB	537	7,4	9,5
Vache allaitante ⁽³⁾	650	0	Foin	290	7,5	14,0
	650	7 kg/j	Foin	370	6,5	11,2
Génisse laitière ⁽⁴⁾ (Vêlage à 27 mois)	125		28 % F, 72 % C	56	4,7	6,2
	175		46 % F, 54 % C	94	5,6	8,2
	250		73 % F, 27 % C	183	7,7	11,4
	350	650 g/j	75 % F, 25 % C	224	7,6	11,3
	450		75 % F, 25 % C	238	7,5	11,3
	550		75 % F, 25 % C	250	7,8	11,4
	650		50 % F, 50 % C	232	8,0	12,1
Taurillon Frison ⁽⁵⁾	150	1 000 g/j	15 % F, 85 % C	38	3,7	4,5
	250	1 120 g/j	25 % F, 75 % C	140	6,1	8,3
	350	1 120 g/j	22 % F, 78 % C	210	6,8	9,4
	450	1 100 g/j	20 % F, 80 % C	250	7,1	9,7
	525	1 180 g/j	20 % F, 80 % C	270	6,9	9,3
Taurillon Frison ⁽⁶⁾	265	1 100 g/j	40 % F, 60 % C	155	5,6	8,4
Taurillon Charolais	250	1 100 g/j	40 % F, 60 % C	130	5,5	8,3
Taurillon Frison	580	930 g/j	60 % E, 40 % C	310	7,1	10,7
Taurillon Charolais	620	860 g/j	60 % E, 40 % C	285	7,3	10,4

ECH₄ % EI : Energie perdue sous forme de méthane en % de l'énergie brute ingérée.

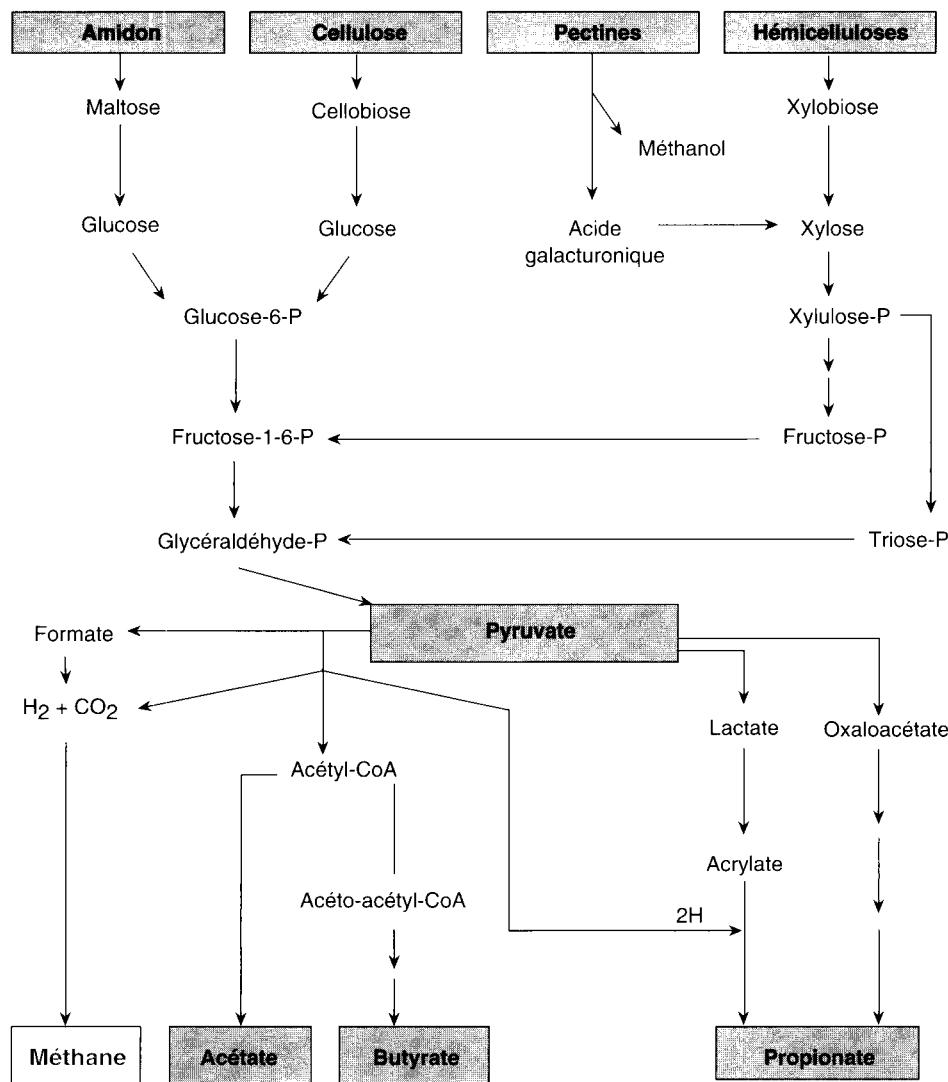
ECH₄ % ED : Energie perdue sous forme de méthane en % de l'énergie digestible ingérée.

F = Foin ; E = Ensilage de maïs ; C = Concentré ; O = Orge agglomérée ; PB = Pulpes de betteraves déshydratées.

(1) Vermorel *et al* 1982 ; (2) Beever *et al* 1989 ; (3) Ortigues *et al* 1993 ; (4) Schiemann *et al* 1987 ; (5) Schiemann *et al* 1976 ;

(6) Vermorel *et al* 1976.

Figure 1. Fermentation des constituants alimentaires dans les réservoirs digestifs des ruminants conduisant à la production de méthane (d'après Czerkawski 1986).



L'importance relative des voies métaboliques dépend du faciès microbien, lui-même déterminé par les conditions de milieu (nature des substrats, vitesse de dégradation, pH, potentiel d'oxydo-réduction). La formation d'acétate et de butyrate s'accompagne de la production de méthane, mais pas la formation de propionate.

nées utilisées pour le calcul de leur production annuelle de méthane.

2 / Emissions de méthane par les bovins laitiers

2.1 / Vaches laitières

Faute d'information précise sur la répartition des types de rations utilisées en France et leurs variations au cours de l'année, donc sur les constituants chimiques ingérés, nous avons utilisé une équation de prédiction établie par Kirchgessner *et al* (1994) à partir de 153 données obtenues en chambres respiratoires sur des vaches laitières dont le poids variait de 450 à 700 kg et la production laitière de 10 à 30 kg par jour :

$$\text{Méthane produit} = A + 6,86 \times \text{Lait} + 2,1 P^{0,75}$$

(l/j) (l/j) (kg/j) (kg)

$$R^2 = 0,59 \quad Syx = 35 \\ (\pm 8\%)$$

A = 14 pour les régimes à base d'herbe, d'ensilage d'herbe ou de foins

A = 83 pour les régimes à base d'ensilage de maïs

Le poids moyen des vaches a été estimé à 600 kg et la proportion de lait produit à partir de rations à base d'ensilage de maïs à 70 % (J.-B. Coulon, communication personnelle). La relation de prédiction utilisée, pondérée en fonction de la répartition des rations, est la suivante :

$$\text{Méthane produit} = 6,86 \times \text{Lait} + 317$$

(l/j)	(kg/j)	(l/j)
-------	--------	-------

a / Emissions annuelles de méthane

La production laitière moyenne par vache a été prise égale à 5 085 kg avec la distribution suivante des fréquences de production laitière : 20 % des vaches à 3 400 kg/an, 25 % des vaches à 4 500 kg/an, 30 % des vaches à 5 500 kg/an, 25 % des vaches à 6 500 kg/an (Institut de l'Elevage 1993). Les courbes de lactation correspondantes ont été tirées des données de Faverdin *et al* (1987).

La quantité de méthane produite par an a été calculée pour chacun des 4 niveaux de production laitière et par tranche de 3 semaines au cours des 3 premiers mois de lactation et par tranche de 5 semaines pour la suite de la lactation à l'aide de l'équation de prédiction ci-dessus. Pour les 2 mois de la période de tarissement (fin de gestation), la production de méthane a été calculée avec la même équation en estimant les besoins de gestation équivalents à la production de 4 et 6 kg de

lait au cours du 8^e et du 9^e mois, respectivement.

L'émission de méthane d'origine digestive passerait en moyenne de 382 à 442 litres par jour, soit de 140 à 161 m³/an pour des productions laitières allant de 3 400 à 6 500 kg par an, respectivement (tableau 2), soit en moyenne par vache 415 l par jour ou 151 m³ par an.

L'effectif des vaches laitières en France en 1993 était en moyenne de 4,645 millions (document Agreste 1994). Leur production de méthane ainsi estimée s'élève donc à **704.10⁶ m³/an**, soit **502.10³ tonnes/an**.

b / Variations avec le niveau de production laitière

Si on prend en compte la production de méthane pendant la période de tarissement, la production de méthane évolue ainsi de 41,1 à 24,8 litres par kg de lait pour des productions annuelles de 3 400 à 6 500 kg de lait (tableau 2). Ces données brutes mettent en évidence l'intérêt de l'intensification de la production laitière pour réduire les émissions de méthane par les ruminants, si on ne tient pas compte des problèmes liés au coût de l'alimentation et à la conduite des vaches laitières fortes productrices.

2.2 / Génisses laitières de renouvellement

Ces génisses sont généralement élevées à l'herbe et reçoivent une alimentation hivernale à base de foin et d'aliment concentré. Le vêlage a lieu à l'âge moyen de 27 mois. Leur émission de méthane a été estimée de la même façon que celle des bovins à viande en croissance (cf. paragraphe suivant).

Pour toute la période d'élevage et jusqu'à la première mise bas, l'émission de méthane est voisine de 127 m³ (tableau 3). Le nombre de génisses de 27 mois produites en 1993 étant évalué à 916 000, la quantité de méthane émise est de l'ordre de **116.10⁶ m³/an**, soit **83.10³ tonnes/an**.

Tableau 2. Variations de l'émission de méthane par les vaches laitières selon le niveau de production.

Production laitière (kg/an)	Emission de méthane		
	m ³ /an	l/j	l/kg lait
6 500	161	442	24,8
5 500	154	423	28,1
4 500	147	404	32,8
3 400	140	382	41,1

Tableau 3. Estimation des émissions de méthane par les bovins en croissance de la naissance au premier vêlage ou à l'abattage et par les vaches reproductrices (m³/animal).

Catégorie de bovins	Age (mois) 1 ^{er} vêlage (V) ou abattage	Poids final (kg)	GMQ (g/j)	Méthane (m ³)	
				Période totale	Moyenne par an
Génisse de race laitière (reproductrice)	27 (V)	590	660	127	56
Génisse de race à viande (reproductrice)	36 (V)	610	520	177	59
Génisse de race laitière (prod. viande)	30	530	540	139	56
Génisse de race à viande (prod. viande)	30	640	660	161	64
Taurillon de race laitière	19	660	1 070	122	77
Taurillon de race à viande	19	700	1 140	114	72
Taureau de 2 ans	23	690	890	138	73
Bœuf de 40 mois	40	690	530	261	78
Broutard et broutarde (10 mois)	-			36	44
Vaches laitières (reproductrices)					150
Vaches allaitantes (reproductrices)					120

3 / Emissions de méthane par les bovins destinés à la production de viande

Les bovins destinés à la production de viande ont été répartis en 10 catégories, selon le type de production et le mode d'élevage : vaches allaitantes, taureaux reproducteurs, broutards et broutardes exportées, génisses futures reproductrices, taurillons de races à viande, taurillons de races laitières, taureaux de 2 ans, génisses de races à viande abattues à 30 mois, génisses de races laitières abattues à 30 mois et bœufs abattus à 40 mois.

L'estimation des émissions de méthane a été faite en tenant compte :

- de l'évolution des besoins énergétiques de chaque catégorie d'animaux en fonction de l'âge, du stade physiologique (gestation, lactation...) et du niveau de production (vitesse de croissance, production laitière) d'après les apports alimentaires recommandés (INRA, 1988) ;

- de la nature des aliments ingérés (herbe, foin, ensilage, concentré...), de leur composition chimique, de leur digestibilité et de leur valeur énergétique selon le type d'animal et la saison ;

- de la production de méthane (% de l'énergie digestible ingérée) selon le type d'animal, les caractéristiques de l'aliment ou du régime et le niveau des apports alimentaires, à l'aide de données détaillées, du type de celles présentées dans le tableau 1.

Vaches allaitantes : le besoin énergétique considéré est de 2 756 UFL/an (Petit 1988), dont 1 820 UFL fournies par l'herbe pâturée et 936 UFL par le foin. L'évolution de la valeur énergétique de l'herbe a été prise en compte pendant la période de pâturage. Le foin consommé est un foin de prairie naturelle, moyen (dMO = 0,56).

Taureaux reproducteurs : les besoins énergétiques, l'alimentation et la production de méthane ont été considérés identiques à ceux des vaches allaitantes.

Broutards et broutardes exportés (en moyenne à l'âge de 10 mois) : la production de méthane a été considérée égale à celle des bœufs et des génisses de race laitière jusqu'à l'âge de 10 mois (voir ci-après).

Génisses de races à viande, futures reproductrices (vêlage à l'âge de 3 ans) : la consommation d'aliments et la production de méthane ont été calculées année par année de la période d'élevage, en distinguant les périodes à l'herbe (6 mois) et les périodes à l'auge (6 mois), et en tenant compte des besoins de gestation (Troccon *et al* 1988).

Taurillons de races à viande : élevage à l'herbe puis engrangement à l'auge entre les âges de 7 et 19 mois ; rations à base d'ensilage de maïs ; calculs par tranche de 50 ou 100 kg ; abattage au poids de 700 kg (Geay et Micol 1988).

Taurillons de races laitières : production à l'auge, abattage à l'âge de 19 mois au poids de 660 kg. Rations à base d'ensilage de maïs.

Taureaux de 2 ans : production à l'herbe (450 j) et à l'auge (280 j) avec des rations à base d'ensilage de maïs. Abattage au poids de 690 kg.

Génisses de race à viande abattues à 30 mois : alimentation hivernale à base de foin (300 j) ; élevage et finition à l'herbe au poids de 640 kg.

Génisses de races laitières : même type d'alimentation ; abattage au poids de 530 kg.

Bœufs de 40 mois : élevage à l'herbe, foin puis ensilage d'herbe en hiver ; abattage au poids de 690 kg.

Les quantités de méthane émises par animal pour la période totale de production, puis par animal et par an, sont présentées dans le tableau 3. La production d'une vache allaitante (120 m³/an) est inférieure de 20 % à la production moyenne d'une vache laitière. En ce qui concerne les bovins en croissance, l'émission annuelle est comprise entre 56 et 78 m³ ; elle augmente avec la vitesse de croissance, sauf dans le cas des taurillons de races à viande qui ont un potentiel de croissance supérieur à celui des taurillons de races laitières et qui reçoivent le lait de leur mère jusqu'à l'âge de 7 ou 8 mois. L'émission annuelle de méthane d'un bœuf de 40 mois est également supérieure à celle d'un taurillon, malgré un gain de poids très inférieur, en raison de son poids moyen plus élevé.

Pour les bovins à viande, l'émission de méthane augmente avec la vitesse de croissance et le poids vif de l'animal.

3.1 / Production de méthane par kg de carcasse

Comme dans le cas de la production laitière, il est important de connaître la quantité de méthane d'origine digestive émise par kg de carcasse produit par les bovins destinés à la production de viande pour caractériser les différents types de production et préciser l'influence du mode d'élevage (extensif/intensif) et du niveau de production. Pour les bovins en croissance, la production de méthane cumulée de la naissance à l'abattage a été divisée par le poids moyen de carcasse de chaque catégorie de bovins. Dans le cas des bovins des races à viande, la production de méthane de la mère pendant une année a été ajoutée à celle de l'animal abattu (taurillon, génisse, bœuf) puisque la vache allaitante n'a pas d'autre produit à valoriser. En revanche, dans le cas des bovins des races laitières, on a considéré que la production de méthane de la mère était prise en compte avec la production laitière. Enfin, dans le cas des vaches de réforme, la production de méthane correspond à celles de la période d'élevage (de la naissance au premier vêlage) et d'un mois (en moyenne) de remise en état avant l'abattage.

Les productions moyennes de méthane par kg de carcasse des principaux types de bovins abattus sont présentées dans le tableau 4. Les résultats correspondent aux bovins de races à viande (productions de méthane du jeune bovin et de sa mère pendant un an) et aux bovins de races laitières (production du

Tableau 4. Estimation des émissions de méthane (m^3 ou kg) par kg de carcasse produite.

Catégorie de bovins	Age	Poids (kg)		Méthane produit par kg de carcasse			
		Vif	Carcasse	avec la mère m^3	kg	sans la mère m^3	kg
Vaches laitières (réforme)	7 ans	650	310	-	-	0,44	0,32
Vaches allaitantes (réforme)	11 ans	650	357	0,87	0,62	-	-
Taurillons, races laitières	19 mois	660	376	-	-	0,32	0,23
Taurillons, races à viande	19 mois	700	413	0,58	0,41	0,29	0,20
Taureaux de 2 ans	23 mois	690	400	0,65	0,47	0,35	0,25
Génisses, races laitières	30 mois	530	280	-	-	0,49	0,35
Génisses, races à viande	30 mois	640	365	0,78	0,56	0,44	0,32
Bœufs	40 mois	690	370	1,04	0,74	0,70	0,50

jeune bovin sans la mère) sont présentés dans des colonnes différentes. Les résultats montrent clairement que plus la croissance est intensive, plus la production de méthane par kg de carcasse est faible. Par exemple, dans le cas des bovins de races à viande : 0,58 m^3 de méthane par kg de carcasse pour les taurillons, 0,65 pour les taureaux de 2 ans et 1,04 pour les bœufs abattus à l'âge de 40 mois. La production de méthane par kg de carcasse des bovins de races laitières (de 0,32 à 0,49 m^3/kg) est naturellement plus faible que celle des bovins des races à viande puisque la production de la mère pendant un an est déjà comptée avec la production laitière, mais l'évolution de l'émission de méthane par kg de carcasse selon la vitesse de croissance est similaire.

3.2 / Production annuelle de méthane

La quantité moyenne de méthane émise par an par chaque catégorie de bovins a été calculée en divisant la quantité totale émise pendant la période de production par la durée de production. Les effectifs de bovins de chaque catégorie en 1993 ont été tirés des sources suivantes :

- AGRESTE, Productions Animales, Bovins. Enquête de Décembre 1993

- Institut de l'Elevage : Productions Bovines, Viande et Lait (1993)

- INRA, Laboratoire d'Economie de l'Elevage (M. Lherm, communication personnelle).

Les statistiques semblent fiables pour les effectifs de vaches laitières, de vaches allaitantes et de futures reproductrices. En revanche, elles le sont beaucoup moins pour les jeunes bovins, surtout pour les animaux exportés « maigres » vers l'âge de 10 mois (broutards et broutardes). C'est pourquoi les estimations de la production annuelle de méthane ont été faites à partir des effectifs d'animaux produits (futures reproductrices) ou abattus (gros bovins « finis ») qui semblent plus fiables que les effectifs d'animaux présents.

Les données relatives aux estimations des émissions annuelles de méthane des différentes catégories de bovins sont regroupées dans le tableau 5. Elles montrent que l'émission totale de méthane des bovins destinés à la production de viande est d'environ **1 040 millions de m^3** pour l'année 1993, soit environ **744 000 tonnes**. Les vaches allaitantes (475 millions de m^3) en fournissent près de la moitié. L'ensemble des vaches allaitantes, des taureaux et des génisses, futures reproductrices (627 millions de m^3) contribue à hauteur de 60 %.

Tableau 5. Estimation des émissions annuelles de méthane par les bovins en France (1993).

Catégorie	Effectif* $\times 10^3$	Production d'animaux $\times 10^3/\text{an}$	Abattage - Vêlage (V)		Méthane produit 10^6 m^3
			Age (mois)	Poids (kg)	
Vaches laitières	4 645	-	-	-	704
Vaches allaitantes	3 950	-	-	-	475
Taureaux reproducteurs	130	-	-	-	15
Génisses, races laitières, reproductrices	2 750	916	27 mois (V)	590	116
Génisses, races viande, reproductrices	2 672	773	36 mois (V)	610	137
Taurillons, races laitières	580	385	19 mois	660	47
Taurillons, races à viande	715	477	19 mois	700	54
Taureaux de 2 ans	860	430	23 mois	690	59
Génisses, races laitières, 30 mois	705	282	30 mois	530	39
Génisses, races viande, 30 mois	1 060	423	30 mois	640	68
Bœufs de 40 mois	1 500	453	40 mois	690	118
Broutards + génisses exportés (en moyenne à l'âge de 10 mois)	1 185	1 185	Exp. 10 mois	-	30
Total					1 862

* Les effectifs de bovins en croissance sont donnés à titre indicatif.

Discussion et conclusion

Selon ces estimations, les émissions totales annuelles de méthane d'origine digestive par les bovins s'éleveraient pour l'année 1993 à environ **1,86 milliard de m³**, soit **1,33 million de tonnes** (tableau 5). Les vaches laitières et les génisses, futures reproductrices (820 millions de m³) fournissent 44 % de la quantité totale émise, tandis que les bovins destinés à production de viande (vaches allaitantes, taurillons, taureaux de 2 ans, génisses de 30 mois et bœufs) contribuent pour 56 %.

Cette étude détaillée a permis une estimation relativement fiable des émissions de méthane d'origine digestive par les bovins en France, grâce à l'utilisation de toutes les informations disponibles sur les types de production bovine, les processus digestifs conduisant à la production de méthane et l'alimentation des principales catégories de bovins au cours de leur période d'élevage et des cycles de production. La précision pourrait éventuellement être améliorée en prenant en compte également la composition chimique des rations (Kirchgessner *et al* 1994, Vermorel 1995). Cependant, la principale incertitude semble se situer au niveau des statistiques de l'élevage car les effectifs officiels de bovins ne sont pas toujours en accord avec les tonnages des productions bovines fournis par d'autres sources.

En dehors des informations originales sur l'émission annuelle de méthane des bovins en France, ces résultats mettent en évidence ou confirment quelques points intéressants. Les bovins utilisés pour la production de lait et les bovins destinés à la production de viande contribuent respectivement pour environ 44 % et 56 % à la production de méthane des bovins. Il est intéressant d'estimer l'émission de méthane par kg de produit consommable : elle se situe globalement entre 20 et 40 litres par kg de lait et entre 480 et 750 litres par kg de muscles pour les bovins de races laitières et entre 800 et 1 500 litres par kg de muscles pour les bovins de races à viande en raison de la prise en compte de l'émission de méthane de la mère pendant un an. La comparaison entre les productions de lait et de viande peut être poussée jusqu'à la quantité de méthane émise par kg de protéines consommables : elle serait comprise entre 600 et 1 200 litres par kg de protéines du lait et entre 2 300 et 3 800 litres ou entre 4 600 et 7 700 litres par kg de protéines de viande pour les bovins de

races laitières ou de races bouchères, respectivement.

Enfin, ces résultats montrent que pour une production donnée de lait ou de viande, l'intensification de la production permet de réduire l'émission totale de méthane par les bovins. Cette orientation aurait naturellement des conséquences importantes d'ordres technique, économique et politique. D'autres solutions sont envisageables, comme l'apport d'additifs alimentaires : matières grasses, antibiotiques ionophores (monensine, lasolocide) qui modifient le faciès microbien du rumen et les fermentations au profit de la production de propionate et au détriment de la production d'acétate, de butyrate et de méthane (Jouany 1994). Les traitements destinés à éliminer les protozoaires du rumen (défaunation) entraînent également une diminution des émissions de méthane (Jouany *et al* 1988).

Bien que ces estimations des émissions de méthane par les bovins en France soient impressionnantes en valeur absolue, il faut en relativiser la portée. En effet, **au niveau mondial**, le méthane participerait pour 15 % à l'augmentation de l'effet de serre, les bovins et leurs déjections contribueraient pour 16 % à la production de méthane, soit de l'ordre de 2,4 % de l'augmentation de l'effet de serre. Selon un rapport de l'U.S.E.P.A. (1989), cité par Johnson *et al* (1991), une réduction de 25 % de la production de méthane par les ruminants n'entraînerait qu'une diminution de l'ordre de 1 % de l'effet de serre. A titre de comparaison, une législation plus rigoureuse sur les émissions d'oxydes d'azote et d'oxyde de carbone par les véhicules et une réduction de la consommation de carburant à 7 l/100 km aux U.S.A permettraient de réduire de 2 % et 8 %, respectivement, l'effet de serre (Johnson *et al* 1991). De même, l'interdiction de l'usage des CFC devrait entraîner une réduction de l'ordre de 10 % de l'effet de serre et préserver la couche d'ozone.

Au niveau mondial, les bovins contribueraient pour 16 % à la production de méthane et pour 2,4 % à l'effet de serre.

Remerciements :

L'auteur remercie le Ministère de l'Environnement pour le soutien financier apporté pour la réalisation de ces travaux (contrat AGRIGES n° 93028) ainsi que MM. J.P. Jouany, Y. Geay, G. Cuylle, D. Micol et Y. Quilichini pour les renseignements détaillés concernant les fermentations microbiennes, le rationnement des différentes catégories de bovins à viande, les rendements en carcasse et les rendements en viande nette des carcasses, ainsi que M. Lherm et M. Matray pour les informations relatives aux statistiques de l'élevage en France.

Références bibliographiques

Agreste, 1994. La Statistique Agricole, Bovins, Enquête de Décembre 1993. Conjoncture, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche.

Beever D.E., Cammell S.B., Sutton J.D., Spooner M.C., Haines M.J., Harland J.I., 1989. Effect of concentrate type on energy utilization in lactating

dairy cows. In : Energy Metabolism of Farm Animals, Y. van der Honing and W.H. Close (eds), EAAP Pub. n° 43, 33-36.

Byers F.M., 1990. Beef production and the greenhouse effect. The role of methane from beef produc-

- tion. Proc. Western Section, Am. Soc. Anim. Sci., 41, 144-147.
- Czerkawski J.W., 1986. An introduction to rumen studies, 236 pp, Pergamon Press Ltd, Oxford.
- Faverdin P., Hoden A., Coulon J.B., 1987. Recommandations alimentaires pour les vaches laitières. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 70, 133-152.
- Geay Y., Micol D., 1988. Alimentation des bovins en croissance et à l'engraissement. In : Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins, R. Jarrige (ed.), INRA Paris, 213-248.
- Institut de l'élevage, 1993. Productions bovines, viande et lait. Statistiques du GEB.
- Giger-Reverdin S., Vermorel M., Sauvant D., 1992. Facteurs de variation de la production de méthane au cours de la digestion des aliments composés chez les ruminants. Ann. Zootech., 41, 37-38.
- INRA, 1988. Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins, R. Jarrige (ed), INRA Paris, 476 pp.
- Johnson D.E., Branine M., Ward G.M., Carmean B., Lodman D., 1991. Beef Program Report, Anim. Sci. Dept., Colorado State University (USA), 8.
- Jouany J.P., 1994. Les fermentations dans le rumen et leur optimisation. INRA Prod. Anim., 7 (3), 207-225.
- Jouany J.P., Demeyer D.I., Grain J., 1988. Effect of defaunating the rumen. Anim. Feed Sci. Technol., 21, 229-265.
- Kirchgessner M., Windisch W., Muller H.L., 1994. Methane release from dairy cows and pigs. In : Energy Metabolism of Farm Animals, J. Aguilera (ed), EAAP Pub. n° 79, 399-402.
- Ortigues I., Petit M., Agabriel J., Vermorel M., 1993. Maintenance requirements in metabolizable energy of adult non-pregnant, non-lactating Charolais cows. J. Anim. Sci., 71, 1947-1956.
- Petit M., 1988. Alimentation des vaches allaitantes. In : Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins, R. Jarrige (ed), INRA Paris, 159-184.
- Rhode H., 1990. A comparison of the contribution of various gases to the greenhouse effect. Science, 249, 1217.
- Sauvant D., 1993. La production de méthane dans la biosphère : le rôle des animaux d'élevage. Courrier de la Cellule Environnement, INRA, 18, 67-70.
- Schiemann R., Jentsch W., Wittenburg H., Hoffmann L., 1976. Die Verwertung der Futterenergie durch wachsende Bullen. Arch. Tierernähr., 26, 491-532.
- Schiemann R., Jentsch W., Hoffmann L., Wittenburg H., 1987. Untersuchungen zum Energiebedarf weiblicher Junggrinder. Arch. Anim. Nutr., 37, 11, 955-993.
- Trocon J.L., Berge P., Agabriel J., 1988. Alimentation des veaux et des génisses d'élevage. In : Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins, R. Jarrige (ed), INRA Paris, 201-212.
- Vermorel M., 1995. Productions gazeuses et thermiques résultant des fermentations digestives. In : Nutrition des ruminants domestiques : ingestion et digestion, Jarrige R., Ruckebusch Y., Demarquilly C., Farce M.H. et Journet M. (eds), (sous presse).
- Vermorel M., Bouvier J.C., Geay Y., 1976. The effect of the genotype (normal and double muscled Charolais and Friesian) on energy utilization by growing cattle at 2 and 16 months of age. In : Energy Metabolism of Farm Animals, M. Vermorel (Ed.), EAAP Pub. n° 19, 217-220.
- Vermorel M., Rémond B., Vernet J., Liamadis D., 1982. Utilization of body reserves by high-producing cows in early lactation : effects of crude protein and amino-acid supply. In : Energy Metabolism of Farm Animals, A. Ekern and F. Sundstol (eds), EAAP Pub. n° 29, 18-21.

Abstract

Yearly methane emissions of digestive origin by cattle in France. Variations with type and level of production.

Ruminants are sometimes accused of contributing greatly to the greenhouse effect due to their methane production of digestive origin. Daily methane emissions of most types of cattle were determined using respiration chambers. Animal methane emissions of digestive origin by dairy and beef cattle in France were calculated taking into account the various types and levels of animal production, variations in feeding regimen along the year and the number of bovines in each category in 1993.

Yearly methane emission by a dairy cow ranges from 140 to 160 m³ for milk yields ranging from 3 400 to 6 500 kg per year. Methane production decreases from 41 to 25 l/kg milk for the same range of milk yield. Yearly methane emission averages 120 m³ for a beef cow. It ranges from 56 to 78 m³ for growing dairy or beef cattle depending

on type of production and growth rate. However, methane emission per kg carcass produced decreases when body weight gain increases. It ranges from 0.32 to 0.49 m³/kg for dairy cattle and from 0.58 to 1.04 m³/kg for beef cattle when the methane production of the dam over one year is included.

Total methane emissions by cattle in France were about 1.86 10⁹ m³ in 1993, of which 38 % was produced by 4.6 million dairy cows, 6 % by dairy heifers (future breeding herd), 26 % by 4.0 million beef cows, 7 % by beef heifers (future breeding herd) and 23 % by 6.6 million growing cattle destined to meat production. Various means for reducing methane emissions by cattle and other sources are discussed.

VERMOREL M., 1995. Emissions annuelles de méthane d'origine digestive par les bovins en France. Variations selon le type d'animal et le niveau de production. INRA Prod. Anim., 8 (4), 265-272.