

Emissions annuelles de méthane d'origine digestive par les ovins, les caprins et les équins en France

Chez les herbivores, la digestion des végétaux conduit à la production de méthane. Les quantités produites sont variables selon le site de la digestion microbienne, ruminale ou intestinale, l'espèce animale, le type de production (lait, viande ...), le stade physiologique de l'animal et la nature des aliments consommés.

Les quantités de méthane émises par les bovins en France ont déjà été évaluées et fait l'objet d'un article publié dans cette revue en octobre 1995. Cet article complète le précédent en faisant le bilan des quantités de méthane émises par les autres espèces d'herbivores numériquement importantes en France.

La mise en évidence de l'augmentation de l'effet de serre par les physiciens de la biosphère au cours des dernières décennies, puis la prise de conscience de ce phénomène par le grand public au cours des dernières années ont jeté la suspicion sur les ruminants, producteurs de méthane, même si l'on sait qu'au niveau mondial le méthane ne participerait

que pour 15 % à l'augmentation de l'effet de serre (Joussaume 1993).

Une première étude a permis d'évaluer avec précision les émissions annuelles de méthane d'origine digestive par les bovins en France et les variations selon le type d'animal et le niveau de production (Vermorel 1995a). Il était nécessaire d'évaluer également les émis-

Résumé

Les résultats des mesures de production journalière de méthane des principaux types d'herbivores à l'aide de chambres respiratoires ont permis de modéliser les émissions de méthane selon l'espèce, le stade physiologique, la composition du régime et le niveau d'alimentation. Après l'évaluation des quantités annuelles de méthane émises par les bovins en France, présentée dans un article précédent, celles émises par les ovins, les caprins et les équins ont été calculées pour chaque type d'animal à partir des apports alimentaires recommandés en tenant compte de la nature des fourrages et de la composition des régimes ingérés à chaque période de l'année.

Les émissions annuelles moyennes de méthane d'une brebis allaitante (16,7 m³) et d'une brebis laitière (17,8 m³) sont voisines de celle d'une chèvre (22,9 m³). Elles représentent respectivement 13 % de celles d'une vache allaitante ou d'une vache laitière. Celles d'une agnelle et d'une chevrette d'élevage (8 m³) sont voisines. Celle d'un agneau de boucherie élevé en bergerie avec un régime riche en aliments concentrés est le tiers de celle (2,9 m³) d'un agneau de boucherie élevé à l'herbe.

L'émission de méthane par kg de lait produit est en moyenne de 77 litres pour une brebis, 38 litres pour une chèvre et 30 litres pour une vache laitière. Par kg de carcasse produit, l'émission de méthane est en moyenne de 60 litres pour les agneaux des races laitières sevrés précocement et de 1 160 litres pour les agneaux élevés sous la mère, contre 300, 580 et 1 040 litres pour les taurillons des races laitières, des races à viande et les bœufs de 40 mois (y compris la production de méthane de la mère dans le cas des races à viande).

Par kg d'aliment consommé, la production de méthane des équins est 3 à 4 fois plus faible que celle des ruminants. C'est pourquoi leurs émissions annuelles de méthane sont en moyenne de 23 à 27 m³ pour les chevaux de sport et de loisir, de 42 m³ pour les juments de trait reproductrices et de 14 à 20 m³ pour les poneys et ponettes.

Ainsi, les émissions totales annuelles de méthane par les herbivores s'élèvent à un peu plus de 2 milliards de m³, dont 91 % par les bovins, 7 % par les ovins, 1 % par les caprins et 0,6 % par les équins.

sions de méthane par les ovins (16 millions de têtes), les caprins (plus d'un million de têtes) et par les équins, en raison de leur taille, voisine de celle des bovins, et de leur nombre (plus de 500 000). Cet article rapporte les résultats de cette étude et les comparaisons des émissions de méthane par espèce, par type de production, par stade physiologique et par unité de produit (lait ou viande) commercialisé.

1 / Émissions de méthane par les ovins et les caprins

1.1 / Variations des émissions journalières

De nombreuses données ont été obtenues à l'aide des chambres respiratoires sur les émissions de méthane par les ovins adultes (moutons castrés), à l'entretien ou à l'engraissement, recevant divers types d'aliments ou de régimes (Blaxter et Clapperton 1965). Ces résultats ont permis d'établir les lois de variation des émissions de méthane d'origine digestive selon la nature, la composition chimique et le mode de présentation des aliments ou des régimes et le niveau d'alimentation des animaux (Giger-Reverdin *et al* 1996). En revanche, les données relatives aux brebis allaitantes et aux agneaux de boucherie sont en nombre très limité. C'est pourquoi nous avons utilisé, pour l'évaluation des émissions de méthane par ces animaux, les résultats obtenus dans notre laboratoire sur brebis en

lactation (Vermorel *et al* 1985) et sur agneaux de boucherie (Degez *et al* 1974, Bouvier et Vermorel 1975).

Les données sur les caprins sont très limitées car cette espèce a été peu utilisée pour les études de nutrition énergétique, en particulier en chambre respiratoire. Les émissions de méthane par les caprins ont été évaluées à partir des données obtenues sur des chèvres à l'entretien ou en lactation recevant du foin seul ou des régimes mixtes (Aguilera et Prieto 1991).

En valeur relative, les pertes d'énergie sous forme de méthane sont comparables (en moyenne 6,5 % de l'énergie brute et 10,5 % de l'énergie digestible (ED) de l'aliment) chez les brebis, les chèvres et les vaches en lactation recevant des régimes comportant 65 % de fourrages et 35 % d'aliment concentré. En revanche, les pertes relatives sont plus faibles chez les agneaux de boucherie que chez les moutons adultes ou les bovins en croissance, en particulier chez les agneaux engraisés en bergerie avec des régimes comportant de l'ordre de 80 % d'aliments concentrés à base de céréales (tableau 1). Faute d'information, les pertes relatives d'énergie sous forme de méthane (ECH₄ % ED) des chevrettes ont été estimées égales à celles des agnelles. Quelques exemples d'émission journalière de méthane par les principaux types d'ovins et de caprins élevés en France sont présentés dans le tableau 1. A poids égal, les valeurs sont proches pour les chèvres et les brebis (40 litres par jour pour une femelle tarie ou en début de gestation, 50 à 85 litres par jour en lactation) d'une part, et pour les chevrettes et

Tableau 1. Exemples d'émission de méthane et de pertes d'énergie sous forme de méthane par les ovins et les caprins pour divers types de production.

Type d'animal	Poids (kg)	Production ⁽¹⁾ (kg/j)	Régime ⁽²⁾	ECH ₄ % ED ⁽³⁾	Méthane (l/j)
Ovins					
Bélier	110	-	F ou H	13,2	57
Brebis à l'entretien	60	0	F ou H	13,2	36
Brebis allaitante (2 ^e mois)	70	2,6	2/3 F + 1/3 C	10,3	76
Brebis laitière (3 ^e mois)	70	1,8	2/3 F + 1/3 C	10,3	72
Agneau de bergerie	27	0,30	20 % F + 80 % C	3,7	14
	37	0,30	20 % F + 80 % C	3,7	17
Agneau d'herbe	27	0,25	72 % H + 28 % C	8,0	31
	37	0,25	72 % H + 28 % C	8,5	42
Agnelle d'élevage	27	0,15	H	11	23
	37	0,10	H	12	34
Caprins					
Bouc	100	-	F ou H	13,2	67
Chèvre à l'entretien	60	0	F ou H	13,2	40
Chèvre en lactation					
1er mois	60	3,2	60 % F + 40 % C	10,3	54
3e mois	60	3,2	70 % F + 30 % C	10,9	87
7e mois	60	1,6	85 % F + 15 % C	12,0	71
Chevrette					
5e mois	25	0,12	75 % F + 25 % C	11,0	25
1 an	45	0,05	90 % F + 10 % C	12,0	34

⁽¹⁾ lait ou gain de poids vif ; ⁽²⁾ F : foin, H : herbe, C : aliment concentré ; ⁽³⁾ énergie du méthane produit en % de l'énergie digestible ingérée.

les agnelles d'autre part (25 à 35 l par jour). En revanche, à poids égal et à vitesses de croissance voisines, les émissions de méthane par les agneaux de bergerie, qui reçoivent des régimes très riches en aliments concentrés, sont environ 40 % de celles des agneaux d'herbe recevant une complémentation en aliment concentré (tableau 1). Par ailleurs, les cinétiques journalières d'émission de méthane par les agneaux ont été décrites pour divers types de régimes (Vermorel 1995b).

Les variations des émissions journalières de méthane par les principaux types d'ovins et de caprins au cours de l'année ont été calculées en tenant compte d'une part des apports alimentaires recommandés selon le stade physiologique et le niveau de production (Bocquier *et al* 1988, Morand-Fehr et Sauvant 1988), d'autre part de l'évolution de la composition du régime, du niveau d'alimentation et de la proportion d'énergie perdue sous forme de méthane (ECH_4 % ED). Les figures 1 et 2 illustrent l'évolution des émissions moyennes de méthane par la brebis allaitante, la brebis laitière et la chèvre au cours du cycle de reproduction, celles d'agnelles et de chevrettes d'élevage et celles d'agneaux de boucherie élevés à l'herbe sous la mère ou sevrés et engraisés en bergerie. Si les émissions de méthane sont voisines au pic de lactation, la diminution au cours de la lactation est plus lente chez les chèvres que chez les brebis en raison d'un taux de persistance supérieur de la lactation.

1.2 / Emissions annuelles de méthane par les ovins et les caprins

La production de lait moyenne pondérée des brebis laitières prise en compte pour ces évaluations est de 200 litres par lactation : 270 litres pour les brebis Lacaune, 85 litres pour les brebis des Pyrénées et 100 litres pour les brebis Corses (Barillet et Bocquier 1993, Frayssé *et al* 1996). Celle des chèvres a été évaluée à 600 litres par animal et par an (P. Morand-Fehr, communication personnelle).

L'émission annuelle de méthane d'une brebis allaitante de 60 kg est en moyenne de 16,7 m^3 , soit 14 % de celle d'une vache allaitante (Vermorel 1995a). Celle d'une brebis laitière Lacaune de 70 kg s'élève en moyenne à 20,8 m^3 pour une production laitière de 270 l ; elle varie de 19,6 à 22,1 m^3 quand la production laitière passe de 220 à 320 l par an. L'émission annuelle de méthane d'une chèvre est du même ordre : 22,9 m^3 par an en moyenne pour une production laitière de 600 l. Elle varie de 24,0 à 25,3 m^3 par an quand la production laitière passe de 500 l (chèvres de parcours) à 760 l (chèvres inscrites au Flock book). Elle représente 13 % de l'émission annuelle de méthane d'une vache laitière produisant 5 500 kg de lait par an (Vermorel 1995a).

L'émission annuelle de méthane par un bélier, d'un poids moyen de 110 kg, est voisine de celle d'une brebis laitière. Celle d'une agnelle d'élevage est approximativement la

Figure 1. Variations des émissions journalières de méthane par les ovins sur un cycle de production (un agnelage par an).

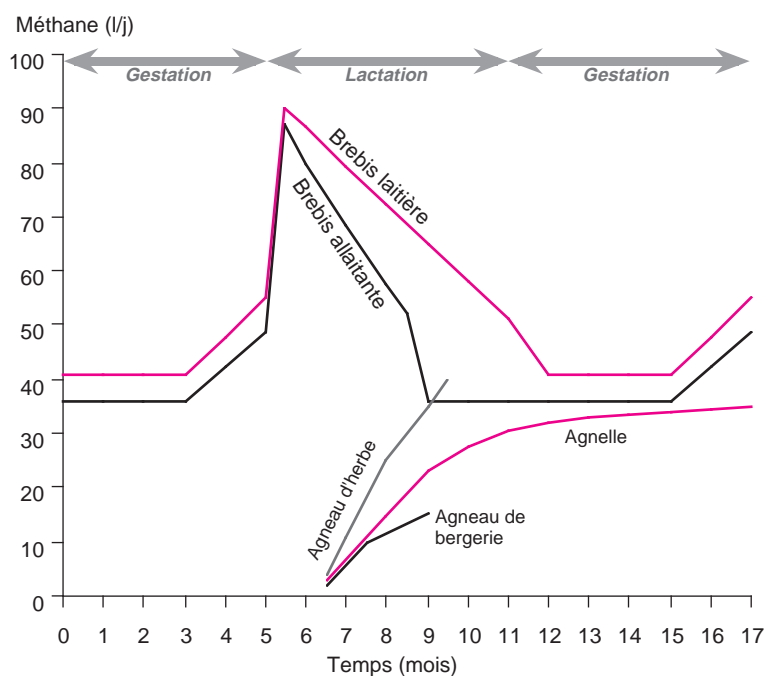
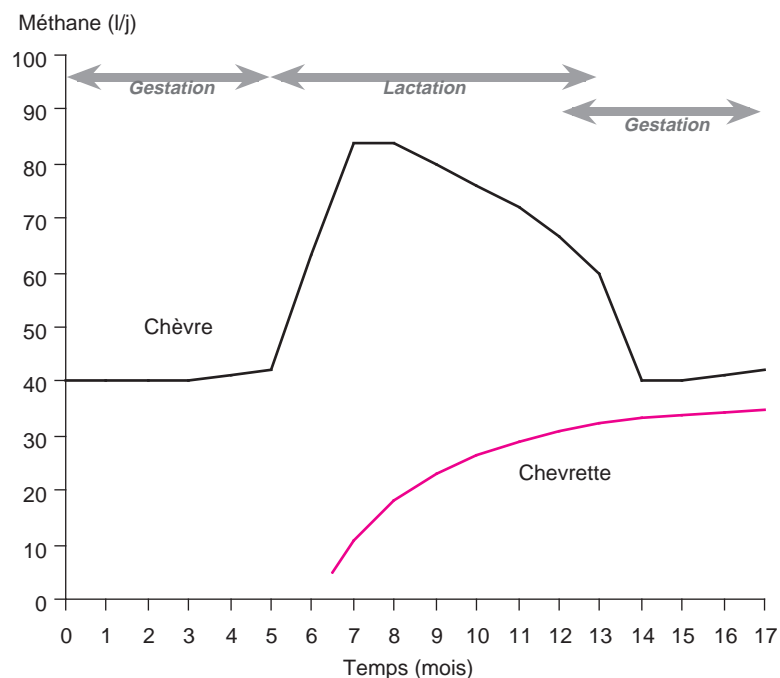


Figure 2. Variations des émissions journalières de méthane par une chèvre et une chevrette d'élevage sur un cycle de production.



moitié de celle d'une brebis allaitante. En ce qui concerne les agneaux de boucherie, il faut distinguer le cas des agneaux engraisés en bergerie avec des régimes riches en aliments concentrés et celui des agneaux élevés à l'herbe sous la mère avec une complémentation en concentrés et qui sont abattus plus tardivement. L'émission de méthane d'un agneau de bergerie abattu au poids de 38 kg est en moyenne de 1,00 m^3 pour un gain de poids de 300 g/j. Elle varie de 1,32 à 0,78 m^3 pour des gains de poids moyens de 250 et 350 g/j (abattage aux âges de 150 et 114 jours res-

pectivement). Dans le cas des agneaux d'herbe présentant des gains de poids moyens de 200, 225 et 270 g/j (abattage aux âges de 167, 155 et 138 jours et au poids de 38 kg), l'émission de méthane varie de 3,87 à 2,94 et 2,33 m³ ; elle est en moyenne 3 fois plus élevée que pour les agneaux engraisés en bergerie.

Les effectifs d'ovins et de caprins utilisés pour l'évaluation des émissions de méthane en France sont ceux publiés par l'Institut de l'élevage (1995) pour l'année 1994 (tableau 2). Les brebis allaitantes et les brebis laitières représentent respectivement 36,0 % et 8,1 % de l'effectif total des ovins (15,9 millions de têtes), les agnelles destinées au renouvellement du troupeau 7,1 % et les agneaux exportés au sevrage 6,1 %. Parmi les agneaux de boucherie, qui constituent 42 % de l'effectif ovin, 60 % sont élevés à l'herbe sous la mère et 40 % sont engraisés en bergerie. Enfin, l'effectif des béliers (200 000) a été estimé sur la base d'un bélier pour 35 brebis. L'effectif des chèvres représente 10 % de celui de l'ensemble des brebis et 56 % de celui des brebis traitées (tableau 2). L'effectif des chevrettes a été évalué à 280 000 têtes sur la base d'un taux de renouvellement de 35 %, et celui des boucs à 40 000 têtes (P. Morand-Fehr, communication personnelle).

L'émission totale de méthane d'origine digestive par les ovins et les caprins en France (tableau 2) s'élève à 165 millions de m³, soit 8,8 % de celle des bovins (Vermorel 1995a). Les brebis allaitantes, les brebis laitières et les chèvres contribuent respectivement pour 57, 14 et 10 % à cette émission totale de méthane ; les agnelles et les chevrettes pour 5,6 % et 1,5 % respectivement. La contribution des agneaux produits à l'herbe, bien que faible, est 4 fois plus élevée que celle des agneaux produits en bergerie, en raison, en particulier, des faibles quantités de méthane émises par les agneaux recevant des régimes comportant 80 à 85 % d'aliments

concentrés (Degez *et al* 1974), de leur vitesse de croissance généralement plus élevée, et de leur effectif supérieur.

2 / Evaluation des émissions de méthane par kg de produit commercialisé ou consommable

Il est intéressant de connaître les quantités de méthane d'origine digestive émises par kg de lait, de carcasse ou de muscles produits par les ovins et les caprins et de les comparer aux valeurs obtenues pour les bovins (Vermorel 1995a). Pour les femelles laitières, les émissions annuelles de méthane ont été divisées par les quantités de lait produites. Pour les animaux de boucherie, l'émission de méthane cumulée de la naissance à l'abattage a été divisée par le poids moyen de la carcasse commercialisée. Dans le cas des agneaux élevés à l'herbe sous la mère et des bovins de races à viande, les émissions de méthane de la mère pendant une année ont été ajoutées à celle de l'animal abattu puisque la mère n'a pas d'autre produit à valoriser. En revanche, dans le cas des animaux des races laitières, on a considéré que les émissions de méthane de la mère étaient prises en compte avec la production laitière. Pour les brebis de réforme, comme pour les vaches de réforme, l'émission de méthane prise en compte correspond à la période d'élevage (de la naissance à la première mise bas) et à un mois de remise en état avant l'abattage.

L'émission de méthane par kg de lait de chèvre est en moyenne de 38 l et varie de 48 à 33 l quand la production laitière passe de 500 l (chèvres de parcours) à 760 l par an (chèvres inscrites au Flock book). Comme dans le cas des vaches, elle diminue lorsque la production laitière augmente mais reste en moyenne

En France, les ovins et les caprins émettent annuellement 165 millions de m³ de méthane, dont 57 % sont produits par les brebis allaitantes.

Tableau 2. Evaluation des émissions annuelles de méthane par les ovins et les caprins en France.

Espèce et type d'animal	Effectif ⁽¹⁾ (milliers)	Méthane produit par an	
		(m ³ /animal)	Total (millions m ³)
Ovins			
Béliers	200	21,0	4,2
Brebis allaitantes ⁽²⁾	5 677	16,7	94,7
Brebis laitières ⁽³⁾	1 285	17,8	22,9
Agnelles	1 121	8,2	9,2
Agneaux d'herbe	3 971	2,9	11,5
Agneaux de bergerie	2 648	1,0	2,6
Agneaux exportés au sevrage	969	0	0
Total	15 871		145
Caprins			
Boucs	40	24,6	1,0
Chèvres	725	22,9	16,6
Chevrettes et jeunes boucs	290	8,6	2,5
Total	1 055 ⁽⁴⁾		20

⁽¹⁾ Institut de l'Élevage 1995 ; ⁽²⁾ taux de renouvellement de 15 % ; ⁽³⁾ taux de renouvellement de 20 % ; ⁽⁴⁾ sans les chevreaux de boucherie.

Tableau 3. Evaluation des émissions de méthane par les bovins, les ovins et les caprins par kg de lait ou de viande commercialisé et/ou consommable : moyennes et fourchettes.

Espèce, production	l/kg lait	m ³ /kg carcasse	m ³ /kg muscle	m ³ /kg protéines
Production de lait (kg/an)				
Vaches laitières : 5 100 (4 500-6 500)	30 (33-25)			0,94 (1,00-0,80)
Chèvres laitières : 600 (500-760)	38 (48-33)			1,30 (1,63-1,12)
Brebis laitières : 270 (220-320)	77 (89-69)			1,44 (1,67-1,29)
Production de viande				
Bovins de races laitières				
Vache de réforme		0,44	0,67	3,6
Taurillons (19 mois)		0,32	0,48	2,6
Taureaux (2 ans)		0,35	0,51	2,8
Génisses (30 mois)		0,49	0,75	4,0
Bovins de races à viande ⁽¹⁾				
Vaches de réforme		0,87	1,28	6,9
Taurillons (19 mois)		0,58	0,82	4,4
Taureaux (2 ans)		0,65	0,96	5,2
Génisses (30 mois)		0,78	1,12	6,0
Bœufs (40 mois)		1,04	1,53	8,3
Ovins				
Brebis de réforme		0,39	0,67	3,75
Agneaux de race laitière		0,06	0,10	0,5
Agneaux d'herbe ⁽¹⁾		1,16	1,90	10,3

⁽¹⁾ Evaluation faite en tenant compte des émissions de méthane de la mère pendant un an.

supérieure de 25 à 30 % chez les chèvres (tableau 3). Chez la brebis laitière qui produit un lait riche en matières grasses et en protéines, elle est en moyenne 2 fois plus élevée que chez la chèvre et 2,5 à 3 fois plus élevée que chez la vache laitière (tableau 3).

Par kg de carcasse commercialisée, l'émission de méthane des agneaux élevés à l'herbe sous la mère (1,16 m³) est comparable à celle des bœufs de 40 mois, en raison de la part prépondérante des émissions de méthane de la brebis pendant un an. Elle est double de celle évaluée dans le cas des taurillons de races à viande et est inversement proportionnelle à la productivité numérique. En revanche, l'émission de méthane est très faible (0,06 m³/kg) dans le cas des agneaux de races laitières sevrés précocement et engraisés en bergerie puisqu'elle n'inclut pas la production de méthane de la mère.

L'émission de méthane par kg de muscles commercialisables varie comme la quantité émise par kg de carcasse puisque les muscles représentent environ 60 % du poids de la carcasse (tableau 3). Elle est également très faible (0,1 m³/kg) pour les agneaux de races laitières engraisés en bergerie, mais presque 20 fois plus élevée pour les agneaux élevés à l'herbe sous la mère.

La comparaison entre les animaux laitiers et les animaux à viande peut se faire sur la base des émissions de méthane par kg de protéines consommables (tableau 3). Les résultats sont en faveur des animaux de races laitières dont les émissions de méthane sont réparties entre les productions de lait et de viande. Par ailleurs, l'émission de méthane par kg de protéines consommables est plus

faible pour la production de lait que pour la production de viande. Elle est en moyenne comparable chez la chèvre et la brebis laitière et correspond à celle d'une vache qui produirait 3 000 kg de lait par an.

3 / Emissions de méthane par les équins

En raison de leur taille et de leur nombre (plus de 500 000 en France), les équins peuvent émettre des quantités importantes de méthane. Les données bibliographiques sont très limitées et font apparaître une variabilité inter-individuelle élevée. C'est pourquoi, pour cette évaluation, nous avons utilisé les données obtenues dans notre laboratoire avec des chevaux de selle (6 à 8 par traitement) qui ont reçu 12 régimes différents (Vermorel *et al* 1997a) et des poneys (6 par traitement) qui ont reçu 7 régimes différents (Vermorel et Vernet 1991, Vermorel *et al* 1997b). Des relations de prédiction des émissions de méthane à partir de la composition chimique des aliments ont été établies et utilisées pour les différents types d'équins selon leur alimentation.

3.1 / Variations de l'émission journalière de méthane

Les pertes d'énergie sous forme de méthane représentent en moyenne 3,5 % de l'énergie digestible des aliments chez les chevaux de sport et de loisir, contre 10 à 13 % chez les ruminants adultes. Ces pertes, 3 à 4 fois plus faibles chez les chevaux que chez les ruminants, s'expliquent par des différences

d'ordre anatomique et digestif. L'intestin grêle étant placé avant les réservoirs fermentaires (caecum et côlon) chez les chevaux, les constituants cytoplasmiques (glucides solubles dans l'eau, amidon, matières azotées, matières grasses) des végétaux sont digérés par voie enzymatique dans l'intestin grêle, sans production de méthane. De plus, la dégradation fermentaire des parois végétales est plus faible chez les chevaux que chez les ruminants (Martin-Rosset *et al* 1984). Enfin, les bactéries méthanogènes sont présentes en quantité beaucoup plus faible dans le contenu de caecum du cheval que dans le contenu de rumen (Morvan *et al* 1996). Les pertes d'énergie sous forme de méthane sont, en valeur relative, 40 à 50 % plus élevées chez les poneys que chez les chevaux de sport et de loisir : en moyenne 5,0 contre 3,5 % de l'énergie digestible (Vermorel *et al* 1997b). Cette différence peut résulter en partie d'une digestibilité plus élevée des parois des fourrages liée à une mastication plus longue et une réduction de l'aliment en particules plus fines et à un temps de séjour plus long dans le gros intestin.

La production de méthane par kg d'aliment consommé est 3 à 4 fois plus faible chez les équins que chez les ruminants.

Quelques exemples d'émission journalière de méthane par les équins sont présentés dans le tableau 4. Un cheval de centre équestre effectuant un travail léger et une jument de trait à l'entretien produisent en moyenne 4 fois moins de méthane qu'une vache à l'entretien, et pas plus qu'une brebis en lactation. Une jument de trait (725 kg) en lactation produit en moyenne 2,5 fois moins de méthane qu'une vache allaitante et seulement 2 fois plus qu'une brebis de 60 ou 70 kg en lactation.

Comme pour les ovins et les caprins, les variations des émissions journalières de méthane des principaux types d'équins ont été calculées en tenant compte d'une part des apports alimentaires recommandés selon le stade physiologique et le niveau de production (INRA 1990), d'autre part de la nature et de la composition du régime, du niveau d'alimentation et de la proportion d'énergie perdue sous forme de méthane. L'émission de méthane par les juments double entre la fin de la gestation et la fin du premier mois de lactation puis diminue progressivement

Figure 3. Variations des émissions journalières de méthane par des juments au cours d'un cycle de production.

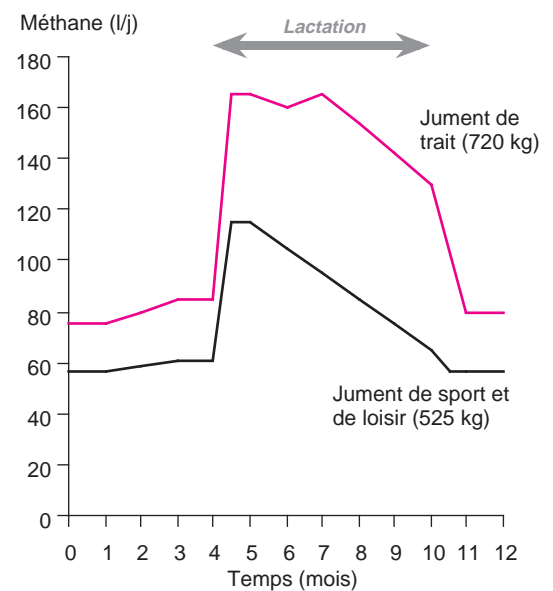
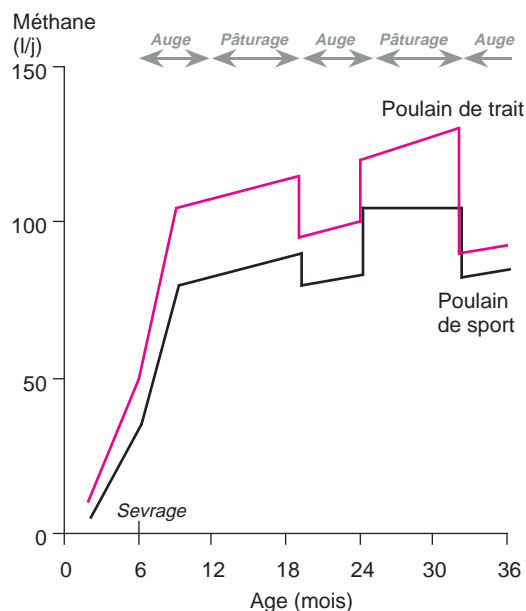


Tableau 4. Exemples d'émissions de méthane et de pertes d'énergie sous forme de méthane par les équins pour divers types de production.

Type d'animal	Poids (kg)	Production ⁽¹⁾ (kg/j)	Régime ⁽²⁾	ECH ₄ %ED ⁽³⁾ (l/j)	Méthane
Chevaux de sport					
Etalons	600	-	F ou H	3,4	73
Juments et hongres	525	travail léger	40 % F, 30 % C, 30 % P	3,1	64
Juments en gestation (10 ^e mois)	550	-	80 % F + 20 % C	3,3	57
Juments en lactation (2 ^e mois)	510	16	70 % F + 30 % C	3,3	98
Poulains de 16 mois	360	0,60	H	4,1	85
Poulains de 22 mois	420	0,05	90 % F + 10 % C	3,3	79
Chevaux de trait					
Etalons	850	-	H	4,1	80
Juments à l'entretien	730	-	H	4,1	74
Juments en gestation (10 ^e mois)	760	-	90 % F + 10 % C	3,4	80
Juments en lactation (2 ^e mois)	690	25	H	4,1	165
Poulains de 15 mois	500	0,80	H	4,1	115
Poulains de 27 mois	620	0,54	H	4,1	123
Poneys					
Ponettes et hongres, entretien	220	-	H ou F	4,5	38
Ponette en lactation (2 ^e mois)	210	10	H	4,5	78

⁽¹⁾ lait ou gain de poids vif ; ⁽²⁾ F : foin, H : herbe, P : paille, C : aliment concentré ; ⁽³⁾ énergie du méthane produit en % de l'énergie digestible ingérée.

Figure 4. Variations des émissions journalières de méthane par des poulains au cours des trois premières années.



(figure 3). Celle des poulains est également doublée au moment du sevrage (à l'âge de 6-8 mois) et fluctue ensuite selon la vitesse de

croissance et la nature du régime (figure 4). Enfin, faute d'information, les émissions de méthane des ânes ont été estimées égales à celles des poneys.

3.2 / Emissions annuelles de méthane par les équins

L'émission annuelle moyenne de méthane d'une jument de selle reproductrice (27 m³) représente environ 18 % de celle d'une vache laitière, et celle d'une jument de trait reproductrice 36 % de celle d'une vache allaitante (tableau 5). L'émission annuelle de méthane de 4 à 5 chevaux de sport et de loisir est équivalente à celle d'une vache allaitante. Enfin, celle d'un poulain de boucherie abattu à l'âge de 15 mois (au poids de 510 kg) représente 20 % de celle d'un taurillon de race à viande. Celle d'un poulain de boucherie abattu à l'âge de 30 mois et au poids de 700 kg représente 30 % de celle d'un bœuf de 40 mois abattu au même poids.

Les effectifs d'équins en France sont proches de 500 000 selon les dernières statistiques (RGA 1988). Si les effectifs d'étalons de chaque type en activité et de poulinières saillies chaque année sont parfaitement connus, le taux de fertilité et le taux de renouvellement des reproducteurs sont en revanche

Tableau 5. Evaluation des émissions annuelles de méthane par les équins en France.

Type d'animal	Effectif	Méthane produit par an	
		(m ³ /animal)	Total (millions m ³)
Chevaux de sport			
Etalons	2 947	26,6	0,08
Juments gestantes puis nourrices	31 880	26,7	0,85
Juments non fécondées	21 253	20,6	0,44
Poulains en croissance de 0 à 3 ans	95 600	26,3	2,51
Hongres et juments non saillies	221 650	23,2	5,14
Total	373 330		9,02
Chevaux de trait			
Etalons	1 667	33,7	0,06
Juments gestantes puis nourrices	16 783	42,7	0,72
Juments non fécondées	11 188	23,7	0,27
Renouvellement des reproducteurs	9 000	32,3	0,29
Poulains exportés à 8 mois	11 000	5,5	0,06
Poulains abattus à 15 mois	3 000	23,1	0,07
Total	52 638		1,46
Poneys			
Etalons	865	16,1	0,01
Ponettes gestantes puis nourrices	6 000	20,5	0,12
Ponettes non fécondées	4 000	14,0	0,06
Poneys en croissance de 0 à 3 ans	18 000	17,8	0,32
Poneys castrés et ponettes non saillies	42 350	14,0	0,59
Total	71 215		1,11
Anes			
Etalons	102	16,1	0,002
Anesses saillies puis nourrices	600	20,5	0,012
Anesses non fécondées	379	14,0	0,005
Anons en croissance de 0 à 3 ans	1 800	17,8	0,032
Total	2 881		0,05
Total Équins	500 064		11,6

Tableau 6. Evaluation et répartition des émissions totales annuelles de méthane d'origine digestive par les herbivores en France.

Espèces	Effectif ⁽¹⁾ (millions)	Emission de méthane	
		millions de m ³	%
Bovins	20,75	1 862	91,3
Ovins	15,87	145	7,1
Caprins	1,06	20	1,0
Equins	0,50	12	0,6
Total	37,2	2 039	100

⁽¹⁾ sans les veaux et les chevreaux de boucherie, qui ne produisent pas de méthane.

Compte tenu des effectifs des différentes espèces, 90 % du méthane émis par les herbivores en France est produit par les bovins.

beaucoup moins précis. Les effectifs des différentes catégories d'équins (tableau 5) ont été affinés avec l'aide de N. Baudoin (Institut du Cheval) et H. Dubrœucq (INRA).

L'émission totale de méthane d'origine digestive par les équins en France s'élève à près de 12 millions de m³ par an, soit 63 % de celle des caprins, 8 % de celle des ovins et 0,6 % de celle des bovins. Les chevaux de sport et de loisir contribuent à hauteur de 78 % aux émissions de méthane par les équins, les chevaux de trait pour 12 %, les poneys pour près de 10 % et la contribution des ânes est négligeable.

Conclusion

Compte tenu des évaluations faites antérieurement dans le cas des bovins (Vermorel 1995a), les émissions de méthane d'origine digestive par les herbivores de rente en France s'élèvent à un peu plus de 2 milliards de m³ par an. Plus de 90 % de ces volumes émis sont produits par les bovins (dont 40 % par les vaches laitières et les génisses futures reproductrices et 60 % par les bovins destinés à la production de viande), 7 % par les ovins, moins de 1 % par les caprins et 0,6 % par les équins (tableau 6).

Ces évaluations détaillées sont les plus précises et les plus fiables que l'on puisse faire actuellement car elles prennent en compte toutes les connaissances sur les variations de

la production de méthane selon le type d'animal, son stade physiologique, son niveau de production, ainsi que la nature et la composition chimique des aliments et les interactions digestives des aliments au sein d'un régime. Les données de base les moins précises concernent les caprins et les équins dont les émissions de méthane représentent moins de 2 % du total.

L'examen des émissions de méthane par kg de produit animal (lait ou viande) commercialisé ou consommable fait ressortir la supériorité des animaux des races laitières sur les animaux des races à viande et l'intérêt de l'intensification des productions. Cependant, d'un point de vue économique et politique, il faut nuancer ce résultat en rappelant que les animaux des races à viande valorisent l'herbe et les fourrages conservés et l'azote non protéique, alors que les animaux des races laitières (femelles fortes productrices et animaux à l'engrais) ingèrent des quantités importantes d'aliments concentrés. Ils se trouvent, de ce fait, en concurrence avec les porcs et la volaille qui valorisent beaucoup mieux qu'eux ces aliments pour la production de viande. Dans le cas des ovins allaitants, l'émission de méthane par kg de viande produite peut être réduite essentiellement par un accroissement de la productivité numérique et de la vitesse de croissance des agneaux.

Enfin, il faut rappeler ou souligner que si les émissions de méthane par les herbivores, les bovins en particulier, sont impressionnantes en valeur absolue, les estimations faites au niveau mondial indiquent que la production de méthane des herbivores contribuerait pour moins de 3 % à l'augmentation de l'effet de serre (Johnson *et al* 1991, Vermorel 1995a).

Remerciements

Ces travaux ont bénéficié du soutien financier du Ministère de l'Environnement. L'auteur remercie également N. Baudoin (Institut du Cheval), F. Barillet, A. Brelurut, H. Dubrœucq, W. Martin-Rosset, P. Morand-Fehr et M. Thériez (INRA) pour les renseignements aimablement fournis sur les effectifs et les productions (lait, carcasse) des différentes catégories d'animaux.

Références bibliographiques

Aguilera J.F., Prieto C., 1991. Methane production in goats given diets based on lucerne hay and barley. *Arch. Anim. Nutr.*, 41, 77-82.

Barillet F., Bocquier F., 1993. Le contexte de production des ovins laitiers en France : principaux objectifs de recherche-développement et conditions de leur mise en œuvre. *INRA Prod. Anim.*, 6, 17-24.

Blaxter K.L., Clapperton J.L., 1965. Prediction of the amount of methane produced by ruminant. *Br. J. Nutr.*, 19, 511-521.

Bocquier F., Thériez M., Prache S., Brelurut A., 1988. Alimentation des ovins. In : R. Jarrige (ed), *Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins*, 249-279. INRA, Paris.

Bouvier J.C., Vermorel M., 1975. Utilisation énergétique et azotée d'une même ration par le mouton adulte à l'engraissement et l'agneau en croissance. *Ann. Zootech.*, 24, 697-710.

Degez P., Bouvier J.C., Vermorel M., 1974. Influence du conditionnement du fourrage et de l'apport d'aliment concentré (maïs + soja) sur l'utilisation digestive, énergétique et azotée de la ration par l'agneau. Mémoire de fin d'études, ENITA de Dijon.

Fraysse J., Lagriffoul G., Bocquier F., Barillet F., 1996. Brebis laitières : impact de la structure du troupeau et autres facteurs d'élevage sur la composition chimique du lait livré. *INRA Prod. Anim.*, 9, 201-210.

- Giger-Reverdin S., Tregaro Y., Sauvant D., 1996. Quantification de la production de méthane par les ruminants. INRA Laboratoire de Nutrition et Alimentation de l'INA-PG, Paris, 47 p.
- INRA, 1990. L'alimentation des chevaux. W. Martin-Rosset (ed), INRA, Paris, 232 p.
- Institut de l'Élevage-CNE, 1995. L'année économique ovine et caprine 1994. Le dossier du GEB Filières, numéro spécial n° 235, mars 1995. Institut de l'Élevage, Paris.
- Johnson D.E., Branine M., Ward G.M., Carmean B., Lodman D., 1991. Beef Program Report. Anim. Sci. Dept., Colorado State University (USA), 8 p.
- Joussaume S., 1993. Climat d'hier à aujourd'hui. Collection Sciences au Présent, CNRS Edition, 143 pages, Paris.
- Martin-Rosset W., Andrieu J., Vermorel M., Dulphy J.P., 1984. Valeur nutritive des aliments pour le cheval. In : R. Jarrige et W. Martin-Rosset (eds), Le Cheval, Reproduction, Sélection, Alimentation, Exploitation, 208-238. INRA, Paris.
- Morand-Fehr P., Sauvant D., 1988. Alimentation des Caprins. In : R. Jarrige (ed), Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins, 281-304. INRA, Paris.
- Morvan B., Bonnemoy F., Fonty C., Gouet Ph., 1996. Quantitative determination of H₂-utilizing acetogenic and sulfate-reducing bacteria and methanogenic Archaea from digestive tract of different mammals. Current Microbiology, 32, 129-133.
- RGA, 1988. Recensement général de l'agriculture. Agreste, Ministère de l'Agriculture, Paris.
- Vermorel M., 1995a. 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, 265-272.
- Vermorel M., 1995b. Pertes gazeuses et thermiques résultant des fermentations digestives. In : R. Jarrige, Y. Ruckebusch, C. Demarquilly, M.H. Farce, M. Journet (eds), Nutrition des Ruminants Domestiques, 649-670. INRA, Paris.
- Vermorel M., Vernet J., 1991. Energy utilization of digestion end-products for maintenance in ponies. In : C. Wenk and M. Böessinger (eds), Energy Metabolism of Farm Animals, 433-436, EAAP Publ. n° 58. Institut für Nutztierwissenschaften, ETH Zentrum, CH-8092 Zürich.
- Vermorel M., Bocquier F., Vernet J., Brelurut A., 1985. Mobilization and reconstitution of body reserves in dairy ewes studied by indirect calorimetry and D₂O dilution technique. In : P.W. Moe, H.F. Tyrrell, P.J. Reynolds (eds), Energy Metabolism of Farm Animals, 34-37. Rowman and Littlefield, Beltsville, Maryland, USA.
- Vermorel M., Martin-Rosset W., Vernet J., 1997a. Energy utilization of twelve forages or mixed diets for maintenance by sport horses. Livest. Prod. Sci., 47, 157-167.
- Vermorel M., Vernet J., Martin-Rosset W., 1997b. Digestive and energy utilization of two diets by ponies and horses. Livest. Prod. Sci. (Soumis pour publication).

Abstract

Yearly methane emissions of digestive origin by sheep, goats and equines in France. Variations with physiological stage and production type.

Daily methane emissions by herbivorous according to species, physiological stage, diet composition and feeding level could be predicted from the results of methane production determined using respiration chambers. Yearly methane emissions by sheep, goats and equines in France were calculated, as for cattle, from recommended energy allowances, taking into account the various types and levels of animal production, variations in feeding regimen along the year and the number of animals of each category in 1994.

Mean yearly methane emissions of a suckling ewe (16.7 m³) or a dairy ewe (17.8 m³) are close to that of a dairy goat (22.9 m³). They amount to 13 % of those of a suckling cow and a dairy cow, respectively. Methane emission of a ewe lamb is similar to that of a young goat (8 m³/year). However, it is three times higher for a grazing lamb (2.9 m³/year) than for an indoor fattened early-weaned lamb.

Methane emissions per kg milk average 77, 38 and 30 l in dairy ewes, goats and cows, respectively. They average 60 and 1 160 l per kg cold carcass from indoor fattened and grass lambs, respectively, and 300, 580 and 1 040 l/kg for dairy and beef bullocks and 40 month-old beef steers, respectively, including methane production of the dam for meat breeds.

Methane production per kg feed is 3 to 4 times smaller in equines than in ruminants. Yearly methane emissions from equines average 23 to 27 m³ for saddle horses, 42 m³ for draught studes and 14 to 20 m³ for ponies.

Total methane emissions by herbivorous in France amount to slightly more than 2 thousand millions m³ per year, of which 91 % from cattle, 7 % from sheep, 1 % from goats and 0.5 % from equines.

Vermorel M., 1997. Emissions annuelles de méthane d'origine digestive par les ovins, les caprins et les équins en France. INRA Prod. Anim., 10 (2), 153-161.