

# la production de méthane dans la biosphère : le rôle des animaux d'élevage

par Daniel Sauvant

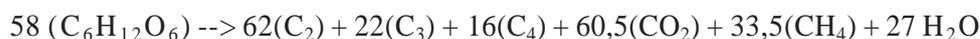
Station de Nutrition et Alimentation INRA  
 Institut national agronomique : 16, rue Claude-Bernard, 75231 Paris cedex 05

Le méthane a été identifié comme une molécule susceptible de contribuer aux effets de serre et aux conséquences climatiques qui en découlent. Une partie de ce méthane est d'origine agricole, en particulier liée à la production animale. Ce bref document a pour objet de rassembler les principales informations sur ce dernier aspect en se limitant aux émissions attribuables aux organismes animaux, leurs déchets étant exclus.

## 1. L'origine du méthane produit par les animaux

La production de méthane (CH<sub>4</sub>) par les animaux est d'origine digestive, plus précisément elle est inhérente à la dégradation en anaérobiose de la biomasse végétale ingérée par les micro-organismes présents dans certaines cavités du tube digestif : le gros intestin et le coecum, d'une part, et le réticulorumen, d'autre part. Il convient de signaler que c'est uniquement grâce à ces populations de micro-organismes digestifs que les animaux sont capables de tirer un profit nutritionnel de l'énorme biomasse renouvelable constituée par les glucides des parois végétales.

La relation stoechiométrique de base de la méthanogénèse est établie à partir de la fermentation des molécules glucidiques par les micropopulations digestives :



avec C<sub>2</sub> : acide acétique ; C<sub>3</sub> : acide propionique ; C<sub>4</sub>, acide butyrique.

D'une façon générale, on considère que la dégradation d'1 kg de matière organique par les micro-organismes du tube digestif aboutit à la formation des quantités d'acides gras volatils et de gaz dont la liste figure ci-dessous. Ces relations stoechiométriques sont susceptibles de varier selon la nature du substrat ; ainsi des substrats tels que les aliments concentrés, favorables aux fermentations propioniques, utilisatrices de plus d'H<sub>2</sub>, entraînent une méthanogénèse moindre.

Produits terminaux formés lors de la fermentation ruminale de 1 kg de matière organique

6,5 moles ou	0,39 kg de C <sub>2</sub>
3 "	0,22 kg de C <sub>3</sub>
1 "	0,09 kg de C <sub>4</sub>
2,6 moles de CH <sub>4</sub>	(65 l ou 41,6 g)
6 moles de CO <sub>2</sub>	(152 l)

## 2. Données statistiques générales

Plusieurs estimations de la production de CH<sub>4</sub> par les animaux ont déjà été publiées (certaines d'entre elles sont rappelées au tableau I). Les deux points essentiels à retenir sont :

- que les populations animales produisent de l'ordre de 110 millions de tonnes de méthane/an. Les espèces domestiques en produisent de l'ordre de 70 à 75 millions de tonnes, soit environ 1/5 de la production de CH<sub>4</sub> de la biosphère ;
- les populations bovines domestiques produiraient de l'ordre de 75% de la production identifiable évoquée ci-dessus.

Cette production de méthane augmenterait de l'ordre de 0,5 à 1%/an et une estimation de Crutzen *et al.* (1986) indique que, dans le dernier siècle, cette production de CH<sub>4</sub> aurait été multipliée par plus de 4.

Tableau I. Estimations de la production de CH<sub>4</sub> par les animaux : valeurs globales publiées

Référence	Production en 10 <sup>6</sup> t/an	Population animale	Commentaires
Hutchinson (1949)	45	gros herbivores	
Eihhalt (1974)	100	ruminants domestiques	20 à 35% de CH <sub>4</sub>
Crutzen (1983)	60	ruminants	
Seiler (1984)	70-100	ruminants	
Crutzen <i>et al.</i> (1986)	78	toutes populations	15 à 25% du CH <sub>4</sub> formé par an total : 300 à 500.10 <sup>6</sup> t/an dont : 75% bovins domestiques 20% autres herbivores domestiques 4% ruminants sauvages 1% Homme
	30	autres faunes (Rongeurs, Insectes, etc.)	

## 3. Les facteurs de variation de la production de CH<sub>4</sub>

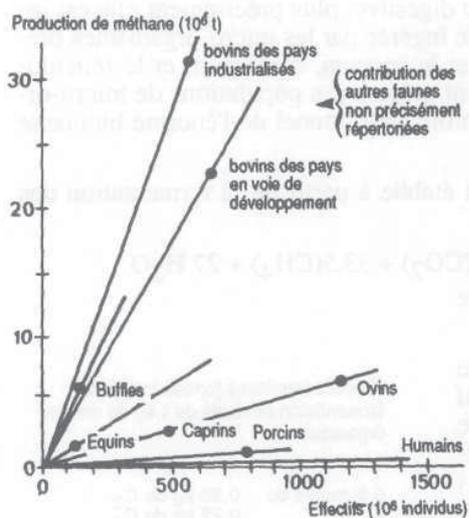


Figure 1. Évaluation de la production terrestre de CH<sub>4</sub> par différentes espèces animales (d'après Crutzen, 1986)

Les différentes espèces animales terrestres présentent des contributions très inégales à la production de CH<sub>4</sub> dans la biosphère, comme le résume la figure 1. Mis à part un rôle évident des effectifs, il apparaît des potentialités individuelles extrêmement variables (*cf.* les pentes y/x de la figure 1). Il convient donc d'expliquer ces différences et d'analyser les principaux facteurs de variation intraspécifiques de la production de CH<sub>4</sub> pour envisager d'éventuels moyens de réduction.

### 3.1. Les différences entre les espèces animales

Les deux éléments déterminants sont, pour un animal, d'une part, le gabarit et le niveau de production qui déterminent la biomasse ingérée et, d'autre part, la proportion de la digestion de cette biomasse attribuable aux micro-organismes du tube digestif. Ce dernier aspect amène à distinguer les animaux ruminants des monogastriques.

**Tableau II. Estimation de la production annuelle de méthane par les ruminants en kg/an (Crutzen et al., 1986)**

vache laitière intensive	90
bovins en croissance intensive	65
bovins en production extensive	54
bovins en survie	35
bovins de 450 à 600 kg de poids vif	65
bovins de 6 à 24 mois (PV = 340 kg)	51
ovins, caprins extensifs	05
ovins, caprins intensif	08
ovins, caprins extensifs	05

**Les animaux ruminants**

Leur volume digestif est représenté aux 2/3 ou aux 3/4 par le réticulo-rumen, cavité où prolifèrent des milliards de micro-organismes qui fermentent la biomasse ingérée selon une loi stoechiométrique moyenne proche de celle qui est indiquée en 2. De ce fait, de 4 à 10 % de l'énergie brute (EB) ingérée par les animaux ruminants est perdue sous forme de CH<sub>4</sub>. Différentes estimations de production annuelle de CH<sub>4</sub> ont été faites pour ces animaux, le tableau II regroupe les plus récentes d'entre elles.

**Les animaux monogastriques**

Les monogastriques herbivores (cheval, lapin, éléphant, etc.) perdent de 2 à 3% de l'EB sous forme de méthane, ce qui aboutit, par exemple pour un cheval, à une production annuelle de 18 kg de CH<sub>4</sub>, soit plus que les petits ruminants (tab. II). Pour les porcs, cette production varie de 0,5 à 2% de l'EB, soit une production annuelle de CH<sub>4</sub> de l'ordre de 1 kg. Pour les autres monogastriques tels que les volailles ou les primates, la production de CH<sub>4</sub> est plus faible et souvent négligée (moins de 100 g/an).

**3.2. Les causes de variation de la production de CH<sub>4</sub> par les ruminants**

Certaines causes de variation de la production de CH<sub>4</sub> par les monogastriques sont connues, même pour un animal peu méthanogène comme le porc (Noblet *et al.*, 1989). Cependant, pour aller à l'essentiel, seuls les ruminants sont présentement considérés. La prise en compte en pratique des variations de la perte énergétique de CH<sub>4</sub> n'est d'ailleurs actuellement effectuée que pour les animaux ruminants (Vermorel *et al.*, 1987).

**La dégradabilité de la biomasse ingérée**

Plus une ration ou un aliment est digestible, c'est à dire plus sa matière organique ou son énergie brute (EB) disparaît entre l'ingéré et l'excrétion fécale, plus il libère une proportion importante de son EB sous forme de CH<sub>4</sub>. La figure 2 traduit l'étroitesse de cette relation et indique que plus de 10% de l'EB des aliments à forte digestibilité est perdue sous forme de CH<sub>4</sub>. A partir de la compilation de 2 000 mesures expérimentales de rations, Blaxter et Clapperton (1965) avaient établi la relation :

$$E_{CH_4} \text{ (en \% de EB)} = 3,67 + 0,062 \text{ dE (\%)} \text{ avec dE = digestibilité de l'énergie.}$$

Cette relation est valable pour les animaux alimentés au niveau de l'entretien, elle accorde légèrement moins de poids aux variations de la digestibilité de l'énergie vis-à-vis de la méthanogénèse que la figure 2.

Il est à ce niveau utile de rappeler qu'une digestibilité élevée va de pair avec une valeur énergétique importante qui est indispensable à l'obtention d'un niveau de performances élevé et à une transformation efficace de la biomasse ingérée.

**Tableau III. Influence de molécules additives sur les fermentations ruminales résultats moyens de la bibliographie (Chalupa, 1979)**

	Monensine	Dérivés halogénés de CH <sub>4</sub>	Avoparoline
dégradation de la matière organique	-	0	-
production de méthane	-	-	-
d'hydrogène	0	+	0
d'acétate	-	-	-
de propionate	+	+	+
de butyrate	-	+	0
de lactate	-	-	-

### Le niveau alimentaire

Blaxter et Gapperton (*loc. cit.*) ont également montré que le rapport ECH<sub>4</sub>/EB diminuait significativement avec un accroissement du niveau alimentaire (NA, fig. 3), c'est-à-dire du niveau de production et de la vitesse de passage des particules dans les biofermentateurs digestifs. Ceci veut dire qu'à régime comparable, le ruminant à haut niveau de production dérive une proportion plus faible de la biomasse qu'il ingère en CH<sub>4</sub>.

### L'interaction entre la digestibilité du régime et le niveau alimentaire

Ces deux paramètres ne sont en pratique pas indépendants puisque les animaux à niveau de production et d'ingestion élevé ingèrent des rations de digestibilité élevée. Blaxter et Clapperton (1965) ont exprimé l'interaction entre ces deux facteurs vis-à-vis de la méthana-

$$\text{CH}_4 \text{ (en \% de EB)} = 1,30 + 0,112 \text{ DE} + \text{NA} (\%) (2,37 - 0,05 \text{ DE} (\%))$$

La figure 4 montre les conséquences de cette interaction sur la production probable de CH<sub>4</sub> d'une vache laitière en fonction de son niveau de production et la qualité de sa ration : la production de CH<sub>4</sub> par animal croît en fonction du niveau de performance, ce qui confirme des données du tableau II. Cependant, la relation n'est pas linéaire, et la part de l'énergie ingérée déviée en CH<sub>4</sub> passe par un maximum pour un niveau de production de 11 à 12 kg de lait. Axelsson (1949) avait déjà évoqué cette tendance.

L'interprétation de cette figure indique qu'une production animale intensive ne doit pas être systématiquement associée à une méthanogénèse accrue ; c'est même l'inverse qui apparaît lorsque la production de CH<sub>4</sub> est rapportée à l'unité de produit élaboré. Ainsi, un élevage laitier possédant un quota de 240 000 l de lait/an peut le réaliser avec des combinaisons différentes du nombre d'animaux et de leur niveau de production. Par exemple, le quota évoqué peut être atteint par :

- solution A : 60 vaches à 4 000 kg de lait/an
- solution B : 24 vaches à 10 000 kg de lait/an

Dans la solution A, une vache du troupeau produit annuellement 109 kg de CH<sub>4</sub> et le troupeau 6 570 kg, alors que dans la solution B, une vache produit 146 kg de CH<sub>4</sub> mais le troupeau 3 504 kg seulement.

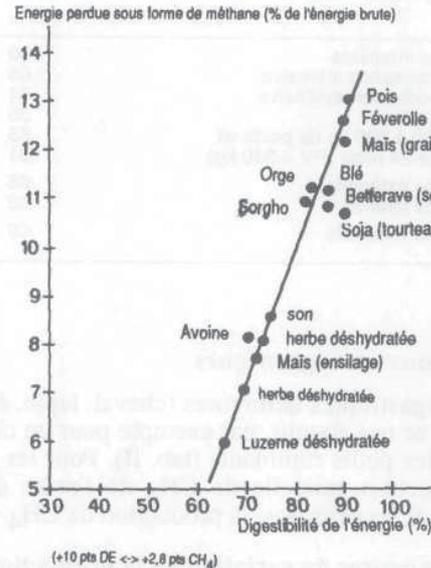


Figure 2. Relation entre la digestibilité de l'énergie et les pertes d'énergie sous forme de méthane (Rowell Res. Inst.)

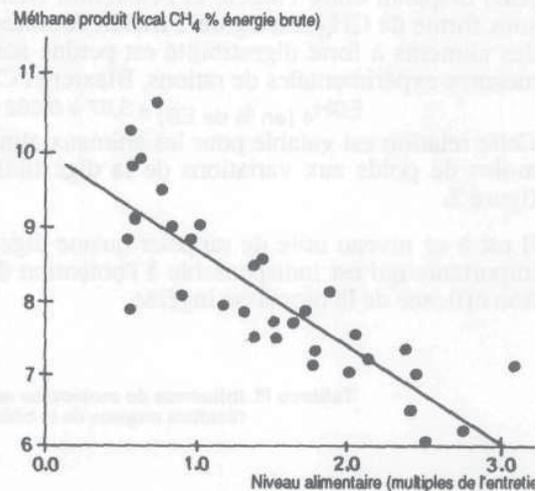


Figure 3. Influence des variations du niveau alimentaire sur la perte d'énergie sous forme de méthane (Blaxter, 1962)

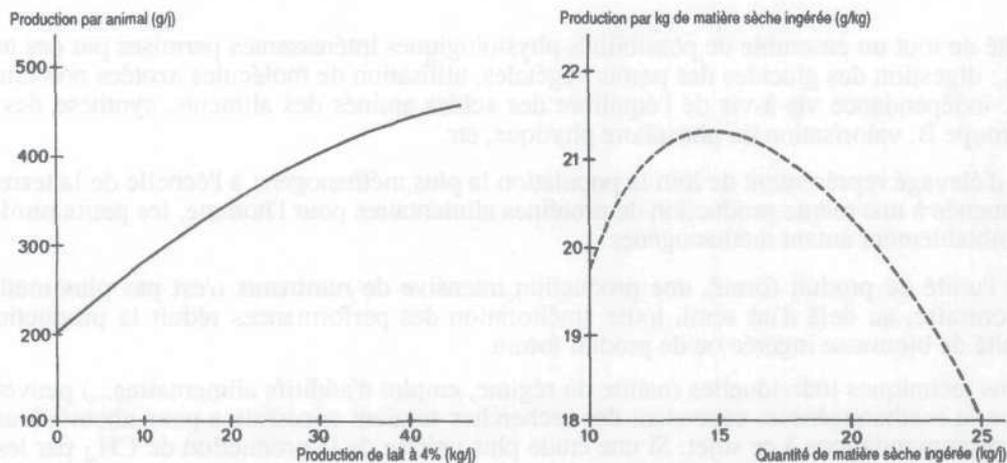


Figure 4. Variation de la production de méthane pour une vache laitière en fonction de ses niveaux de production et d'ingestion

**Influence de certaines caractéristiques des rations**

A digestibilité égale de l'énergie, certaines caractéristiques des rations sont susceptibles d'influencer la méthanogénèse. Ainsi Blaxter et Clapperton (1965) ont indiqué, qu'à même dE, des rations moins fibreuses aboutissaient à une légère baisse (10%) de la production de méthane. La supplémentation des aliments en matières grasses réduit la méthanogénèse (Giger-Reverdin *et al.*, 1989) ; d'autre part, certains amidons ou certaines protéines peuvent naturellement, ou suite à un traitement technologique adéquat, échapper en partie à la digestion ruminale pour être plus largement digérés dans l'intestin grêle. Il est difficile d'évaluer simplement la baisse de production de CH<sub>4</sub> qui pourrait être obtenue par l'application de ces principes.

**Influence de l'âge des animaux**

Les animaux ruminants présentent, après le sevrage, un développement, à allométrie supérieure à 1, de leur digestion microbienne et donc un accroissement relatif de la production de CH<sub>4</sub>. Ainsi un taurillon de 100 à 150 jours perd de l'ordre de 3% de l'EB ingérée sous forme de CH<sub>4</sub> ; cette valeur s'accroît ultérieurement pour atteindre 7% à 300 jours (Jentsen *et al.*, 1976).

**Les substances additives**

L'efficacité de certains additifs alimentaires des ruminants repose en partie sur leur rôle inhibiteur pour les micro-organismes méthanogènes du rumen (tab. III). D'autres molécules sont connues pour leur effet inhibiteur spécifique de ces microbes méthanogènes ; elles présentent cependant l'inconvénient d'être en général simultanément toxiques pour l'ensemble des populations microbiennes digestives : elles ne sont actuellement pas autorisées. Il existe des recherches finalisées sur la réduction de la méthanogénèse ruminale. En particulier, un programme animé par J.-P. Jouany (Theix) est actuellement engagé sur ce sujet à l'INRA.

**4. Conclusions**

On connaît aujourd'hui suffisamment bien la production de CH<sub>4</sub> par les différentes espèces animales pour pouvoir estimer leur contribution probable à la production totale de ce gaz dans la biosphère. A ce propos, les aspects essentiels à retenir sont :

Les animaux herbivores, en particulier les ruminants, sont nettement plus méthanogènes que les autres en raison du développement des micro-organismes de leur rumen. Cette production de CH<sub>4</sub> est le

mauvais côté de tout un ensemble de possibilités physiologiques intéressantes permises par ces micro-organismes : digestion des glucides des parois végétales, utilisation de molécules azotées non aminées (urée, etc.), indépendance vis-à-vis de l'équilibre des acides aminés des aliments, synthèse des vitamines du groupe B, valorisation du phosphore phytique, etc.

Les bovins d'élevage représentent de loin la population la plus méthanogène à l'échelle de la terre ; cependant, ramenés à une même production de protéines alimentaires pour l'homme, les petits ruminants sont vraisemblablement autant méthanogènes.

Ramenée à l'unité de produit formé, une production intensive de ruminants n'est pas plus méthanogène ; au contraire, au delà d'un seuil, toute amélioration des performances réduit la production de CH<sub>4</sub> par unité de biomasse ingérée ou de produit formé.

Des solutions techniques individuelles (nature du régime, emploi d'additifs alimentaires...) peuvent aider à réduire la méthanogénèse, cependant des recherches seraient nécessaires pour aboutir à un ensemble de recommandations à ce sujet. Si une étude plus précise de la production de CH<sub>4</sub> par les animaux s'avérait nécessaire, il faudrait procéder à une analyse dynamique des populations animales domestiques en intégrant ses principaux facteurs d'évolution (demande en protéines animales, besoins de traction, quotas de production...) de manière à pouvoir, d'une part, reconstituer l'évolution passée de la contribution de ces populations animales à la production de CH<sub>4</sub> et, d'autre part, simuler l'impact de différentes décisions qui pourraient être prises pour réduire cette production de méthane.

Il faut enfin garder à l'esprit que la réduction de la production de CH<sub>4</sub> par les populations animales constitue un problème extrêmement complexe. D'autre part, les espèces ne sont pas substituables. Ainsi la production animale permet, par l'intermédiaire des animaux ruminants, d'exploiter des conditions de milieu et des sous-produits mal valorisables par d'autres voies et n'est, de ce fait, pas en concurrence alimentaire avec l'homme. Il faut donc se méfier des solutions hâtives ou naïves qui négligeraient le rôle indispensable de telle ou telle espèce animale dans la chaîne alimentaire et les activités des hommes •

## Références bibliographiques

- AXELSSON J., 1949. *K. Lantbr. Hogsk. Anulr.* 16,404.
- BLAXTERK L., CLAPPERTON J. L., 1965. *Br. J. Nutr.*, 19,511-522.
- CHALUPA W., 1979. *Digestive physiology and metabolism in ruminant*. Ed. MJP.
- CRUTZEN P., ASELMANN I., SEILER W., 1986. *Tellus*, 38 B, 271-284.
- EHHALT D. H., 1974. *Tellus*, 26,58-69.
- GIGER-REVERDUN S., VERMORER M., SAUVANT D., 1990. *Rep. Nutr. Dev.* (sous presse)
- HUTCMANSON G. E., 1949. *Am. J. Sci.*, 247,27,32
- JENTSCH W., WITTENBURG H., SCHEMANN R., 1976. *Arch. Tierenahr.*, 26,575-585.
- NOBLET J., FORUNE H., DUBOIS S., HENRY Y. 1989. INRA-Editions, Versailles.
- SEILER W., 1984. *In Current perspectives in microbial ecology*. Ed. Klug.