

TERMITES ET METHANE

Marc LABAT

LABORATOIRE DE MICROBIOLOGIE ORSTOM, BP 181, BRAZZAVILLE, CONGO

Les analyses de l'air effectuées ces dernières années ont permis de montrer que la concentration en méthane dans l'air est en augmentation régulière de l'ordre de 1 à 2 % par an. Le méthane est un gaz combustible essentiellement produit par des bactéries anaérobies : les bactéries méthanogènes. Le méthane est le composé carboné le plus réduit (CH_4). Les variations de la concentration en CH_4 peuvent influencer sur la chimie et le bilan radiatif de l'atmosphère. Le CH_4 , soit directement, soit de par son influence sur l'ozone, joue un rôle sur le bilan radiatif de la terre (gaz à effet de serre) et donc sur le climat terrestre.

Les termites sont des insectes sociaux appartenant à l'ordre des Isoptères, répartis en 6 familles dont 5 appartiennent aux termites inférieurs et qui possèdent dans leur tube digestif une faune de protozoaires flagellés spécifiques. La sixième famille, celle des termites supérieurs, est caractérisée par la perte des flagellés symbiotiques, ainsi que par une organisation sociale plus élevée.

Les termites vivent pour la plupart au sein d'une structure particulière, la termitière, qui est caractéristique de l'espèce pour la grande majorité des termites et dont la densité peut atteindre plusieurs dizaines de nids à l'hectare.

Les termites supérieurs, plus particulièrement étudiés ici, peuvent être différenciés en trois groupes selon leur régime alimentaire : les termites xylophages, humivores et champignonnistes. Les termites xylophages consomment du bois sec, plus ou moins dégradé par les champignons ou les microorganismes du sol. Les termites humivores consomment des particules organiques trouvées en décomposition dans l'humus. Les termites champignonnistes récoltent les feuilles brunes de la litière afin d'alimenter des meules à champignons élaborées à l'intérieur de leurs nids. Ces meules constituent en partie leur aliment initial.

Le méthane est un gaz émis par de nombreuses espèces de termites, seuls insectes connus capables d'émettre une telle énergie. Tout comme pour les ruminants, ce sont des bactéries méthanogènes contenues dans le tube digestif des termites qui sont responsables d'une telle émission gazeuse.

Dans la nature le méthane est principalement émis par certains sols, notamment les sols de rizières et forêts tropicales humides, les zones de toundra aux hautes latitudes, les terres cultivables utilisant l'épandage de déjections animales ainsi que par le volcanisme, les feux de brousse, la population humaine, les ruminants et les termitières. La production de méthane par les termites a été considérée par certains auteurs comme une des plus importantes sources de méthane atmosphérique, allant jusqu'à $1,5 \times 10^{14}$ g de CH_4 /an (ZIMMERMAN et al., 1982 ou $5,0 \times 10^{13}$ g de CH_4 /an (KHALIL et RASMUNSEN, 1983). Ces chiffres élevés ont été estimés en utilisant les productions de méthane obtenues en laboratoire par plusieurs

espèces de termites puis généralisés à l'échelle du globe. Des expérimentations plus récentes effectuées *in situ* sur des nids de termites en Afrique du Sud (SEILER et al., 1984) ont montré que les précédentes estimations étaient vraisemblablement très surestimées.

La forêt tropicale du Mayombe, localisée dans le sud-ouest du Congo, et qui présente un relief de type Appalachien, ainsi que la forêt inondée du nord Congo, vers Impfondo, ont été plus particulièrement étudiées, de 1986 jusqu'en fin 1989 par le laboratoire de Microbiologie et Biotechnologie ORSTOM, Brazzaville, en collaboration avec le laboratoire de Physique de l'Atmosphère de l'Université Marien N'GOUABI, Brazzaville et le laboratoire de Zoologie et Dynamique des Populations de l'Université Paris XII, Créteil.

Les diverses espèces de termites qui ont été étudiées au Congo ont montré que la production de méthane est très différente selon les régimes alimentaires de ces insectes. Les espèces xylophages n'émettent que très peu de méthane, alors que les espèces humivores se sont révélées les meilleurs producteurs de CH₄, mais de relativement faibles producteurs de CO₂. Le CO₂ est néanmoins le produit gazeux principal émis par toutes les espèces quoique le méthane atteigne, pour les espèces humivores, jusqu'à 16 % en volume du gaz total émis.

L'étude de la microflore de leur tube digestif sur 7 espèces de termites, dont 3 humivores : *Cubitermes speciosus*, *Thoracotermes macrothorax* et *Crenetermes albotarsalis*, 2 champignonnistes : *Macrotermes muelleri* et *Microtermes sp.* et 2 xylophages : *Nasutitermes lujae* et *Microcerotermes parvus*, a montré que les termites xylophages, avec une moyenne de 10⁹ bactéries/ml de tube digestif, possèdent une microflore fermentaire plus dense que celle des autres régimes alimentaires. Les espèces humivores ont une microflore fermentaire totale environ 10 fois moins nombreuses.

Les bactéries H₂ + CO₂ homoacétogènes, bactéries produisant de l'acétate à partir de H₂ + CO₂ présent dans la phase gazeuse de tubes avec milieu de croissance spécifique ne contenant aucune autre source de carbone, représentent environ 8 % de la microflore totale chez les termites xylophages, alors qu'elles apparaissent en quantité négligeable (environ 0,01 %) dans les autres régimes alimentaires considérés.

Les bactéries méthanogènes hydrogénotrophes, bactéries qui produisent du méthane à partir de H₂ + CO₂ présent dans la phase gazeuse sont globalement plus nombreuses chez les termites humivores avec une moyenne de 2.10⁷ bactéries/ml, ce qui représente 5 à 10 % de la microflore totale. Pour *M. muelleri*, termite champignonniste, elles représentent également 10 % alors qu'elles sont 5 fois moins importantes pour *M. parvus*, espèce xylophage et représentent moins de 1 % pour les autres espèces.

Les résultats de numérations bactériennes peuvent être résumés ainsi :

- **Les espèces xylophages** testées hébergent dans leur tube digestif une microflore de densité supérieure à celle des autres régimes alimentaires, associée à une présence importante de bactéries H₂ + CO₂ homoacétogènes, et une faible densité en bactéries méthanogènes hydrogénotrophes. La microflore hydrogénotrophe présente dans le tube digestif de ces termites utilise donc H₂ + CO₂ disponible pour produire plutôt de l'acétate que du méthane.

Ces résultats microbiologiques s'accordent avec l'expérimentation sur les émissions de l'insecte lui-même, montrant que ces espèces sont faiblement productrices de méthane. De plus ces résultats confirment les travaux effectués sur d'autres espèces de termites xylophages, notamment *Reticulitermes flavipes*, montrant que chez ces termites la réduction du CO₂ en

acétate donc l'homoacétogénèse y est compétitive vis-à-vis de la méthanogénèse (BREZNAK et SWITZER, 1986). Chez cette dernière espèce, la production d'acétate par la microflore du tube digestif permet de fournir de 77 à 100 % des besoins respiratoires de l'insecte (ODELSON et BREZNAK, 1983). En outre, le métabolisme digestif de ces espèces semble basé essentiellement sur la fermentation bactérienne des composés celluloseux (BRAUMAN, 1989).

- **Les espèces humivores** testées hébergent dans leur tube digestif une densité globale plus faible en bactéries, mais sont les plus riches en bactéries méthanogènes. Par contre les bactéries $H_2 + CO_2$ homoacétogènes y sont très peu nombreuses. De la même manière ces résultats microbiologiques s'accordent avec l'expérimentation sur l'insecte, ces espèces humivores étant également les plus productrices de méthane. Ces résultats sont en accord avec des travaux réalisés avec du CO_2 marqué sur un broyat de tubes digestifs de *C. speciosus*, broyat placé sous atmosphère d' H_2 (BRAUMAN, 1989), et montrant la quasi absence de fixation du $^{14}CO_2$ sous forme acétate (1%). Par contre le taux de méthane émis, qui ne dépasse pas 0,2 % du taux de fixation globale du $^{14}CO_2$ chez les espèces xylophages testées, correspond à 8 % du $^{14}CO_2$ incorporé chez cette espèce humivore *C. speciosus*. La récupération de l'hydrogène sous forme acétate serait donc un processus mineur chez les humivores et ne pourrait constituer le processus final de la fermentation, alors que les bactéries méthanogènes hydrogénotrophes paraîtraient jouer un rôle non négligeable dans le processus de piégeage de l'hydrogène. De plus il semble exister chez ces espèces une microflore capable de dégrader les composés aromatiques ingérés avec le sol (BRAUMAN et al., 1989).

- **Les 2 espèces champignonnistes** testées présentent par contre des résultats différents. Si les bactéries $H_2 + CO_2$ homoacétogènes sont pour ces 2 espèces très peu nombreuses, les bactéries méthanogènes hydrogénotrophes représentent une densité non négligeable chez *M. muelleri* mais pas chez *Microtermes sp.* Ces résultats microbiologiques se traduisent au niveau de l'insecte par une émission de CH_4 relativement importante chez *M. muelleri* et par une émission trop faible pour être quantifiable chez *Microtermes sp.* Ainsi seul *M. muelleri* semble posséder une microflore méthanogène suffisante pour justifier l'existence d'un processus fermentatif pouvant être important pour le métabolisme digestif de ce termite. Néanmoins le rôle de cette microflore dans la digestion des termites reste à établir et à justifier en multipliant les expérimentations sur de nouvelles espèces.

Ainsi s'il a été possible de déterminer les sources et les puits de méthane dans le bassin du Congo, le flux annuel étant estimé entre 1,6 et $3,2 \times 10^{12}$ g de CH_4 soit une production moyenne située entre 45 et 90 mg de $CH_4 \times m^{-2} \times jour^{-1}$ (TATHY et al., 1990), les émissions de méthane dues aux seuls termites dans cette même zone sont plus difficiles à établir.

Les émissions de CH_4 mesurées sur les termitières et rapportées à un volume d'émission par termite sont toujours plus faibles que celles mesurées à partir des termites seuls (LABAT et al., 1990, sous presse). L'existence de bactéries oxydant le méthane, les méthanotrophes, au sein même de la termitière et dans les sols, si elle reste à démontrer, pourrait expliquer les fortes différences obtenues, qui peuvent aller jusqu'à un facteur 100 pour *M. muelleri* (LABAT et al., 1990, sous presse), et ainsi relativiser les chiffres controversés d'émission globale et méthane par les termites à l'échelle du globe, en différenciant entre **émission potentielle** produite *in vitro* par les termites et **émission réelle des termitières et sols** après réoxydation *in situ* du méthane produit.

BIBLIOGRAPHIE :

- BRAUMAN, A. (1989) Etude du métabolisme bactérien de termites supérieures à régimes alimentaires différenciés, Mise en évidence d'une nouvelle voie de dégradation du benzoate et du 3-hydroxybenzoate. Thèse de Doctorat, Université de Provence, Marseille, France, 168 p.
- BRAUMAN, A., KANE, M.D. LABAT, M. et BREZNAK, J.A. (1989) Hydrogen metabolism by termite gut microbes, In : *Microbiology and Biochemistry of Strict Anaerobes Involved in Interspecific Hydrogen Transfert*, Belaich J.P., Bruschi M. et Garcia J.L. (Eds) FEMS Symposium, Marseille, France.
- BREZNAK, J.A. et SWITZER, J. (1986) Acetate synthesis from H₂ plus CO₂ by termite gut microbes, *Appl. Environ. Microbiol.* 33. 406-426.
- KHALIL, M.A.K. et RASMUSSEN, R.A. (1983) Sources, sinks and seasonal cycles of atmospheric methane, *J. Geophys. Res.*, 88, 5131-5144.
- LABAT, M., TATHY J.P. et R.A. DELMAS (1990) Preliminary results to differentiate between methane production and oxydation in termite mounds, In : *Chemistry of the Global Atmosphere*, Delmas R.J. (Eds) Symposium C.A.C.G.P., EGGP, Chamrousse, France.
- ODELSON, J.A. et BREZNAK, J.A. (1983) Volatile fatty acide production by the hindgut microbiota of xylophageous termites, *Appl. Environ. Microbiol.*, 45, 1602-1613.
- SEILER, W.R., CONRAD, R. et SCHARFFE, O. (1984) Field studies of methane emission from termite nests into the atmosphere, measurements of methane uptake by tropical soils, *J. Atm. Chem.*, 1, 171-186.
- TATHY, J.P., DELMAS R.A., MARENCO, A., CROS, B., LABAT, M. et SERVANT, J. (1990) Methane emission from flooded forest in central Africa, *J. Geophysical Res.*, Special issue DECAFE experiment (sous presse).
- ZIMMERMAN, P.R., GREENBERG, J.P., WANDIGA, S.O. et CRUTZEN P.J. (1982) Termites, a potentially large source of atmospheric methane, carbon dioxide and molecular hydrogen, *Science*, 218, 563-565.

ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

CONFÉRENCES DE L'ORSTOM
COMPTÉ ANNÉES DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE AU CONGO

HOMMES ET ENVIRONNEMENT

BRAZZAVILLE, 23 NOVEMBRE 1989

Ministère des Enseignements
Secondaire et Supérieur
Chargé de la Recherche Scientifique
République Populaire du Congo