



## **La perspective d'une production de riz à faible émission de carbone est-elle réaliste ? Enseignements tirés de la Chine**

Sheng Zhou et Xiangfu Song

Institut de recherche sur la protection éconvironnementale, Académie de Shanghai des sciences agricoles (SAAS), Shanghai (Chine).

Les pratiques agricoles du monde entier font l'objet d'études de plus en plus nombreuses pour tenter de définir leur contribution aux problèmes environnementaux, comme le changement climatique et la pollution aquatique. Le processus de production rizicole est une des principales causes d'émission de méthane et de consommation d'eau élevée. La production, l'oxydation et le transport de méthane dans les rizières sont influencés par de nombreux facteurs tels que le système de culture, le cultivar de riz, le régime hydrique adopté et les types d'engrais. Parallèlement, la séquestration de carbone dans le sol des rizières est une approche potentielle clé pour faire des rizières non plus une source d'émissions de gaz à effet de serre, mais un puits de carbone. Cet article résume les méthodes les plus réalistes permettant de diminuer les émissions de méthane dans la production rizicole. Il présente plusieurs études de cas sur la réduction des émissions de méthane dans les rizières, portant notamment sur la gestion de l'irrigation, l'utilisation de cultivars de riz adaptés (par exemple, de riz économe en eau et résistant à la sécheresse) et la combinaison de différents engrais. Il aborde également les perspectives d'avenir pour la production rizicole à faible émission de carbone.

### **Le défi**

Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) des Nations Unies, la température moyenne à la surface de la planète a augmenté de 0,65 degré entre 1956 et 2005, soit deux fois plus qu'au cours des 100 années précédentes (Solomon *et al.*, 2007). Les émissions de gaz à effet de serre produites par l'industrie, le transport, l'agriculture et d'autres activités humaines ont un impact direct sur le cycle du carbone de la planète. Les émissions de gaz à effet de serre générées par l'agriculture représentent 13,5 % des émissions anthropiques mondiales et consistent principalement en des émissions de méthane causées par la production rizicole et par les

ruminants, en des émissions d'oxyde nitreux issues de la fertilisation et en des émissions de méthane et d'oxyde nitreux provenant des processus de gestion des déchets. Le potentiel de réchauffement global du méthane et de l'oxyde nitreux est respectivement de 25 et 298, sur une période de 100 ans (Solomon *et al.*, 2007).

Dans le monde, près de 150 millions d'hectares de terres servent à la riziculture. Les émissions annuelles de méthane provenant des rizières sont  $20-60 \times 10^9$  kg, ce qui représente 5-10 % des  $\sim 600 \times 10^9$  kg d'émissions de gaz à effet de serre mondiales (Kirk, 2004). Ainsi, les rizières constituent l'une des principales sources anthropiques de méthane dans l'atmosphère (Cai *et al.*, 1997 ; Yan *et al.*, 2005). Pourtant, dans les rizières irriguées où l'eau est gérée de façon appropriée, les émissions d'oxyde nitreux sont relativement faibles, excepté lorsque des taux trop élevés d'engrais azotés sont appliqués. Les émissions d'oxyde nitreux dans les rizières se produisent principalement pendant et juste après les périodes de jachère, une fois que les sols ont été inondés.

### **Comment se fait la production de méthane dans une rizière ?**

Le flux de méthane dans les rizières résulte d'un déséquilibre entre les mécanismes de production, d'oxydation et de transport de méthane. La production de méthane nécessite l'afflux de carbone et d'électrons dans les populations microbiennes. Les plants de riz fournissent des substrats à la chaîne alimentaire anaérobie et donc, aux bactéries méthanogènes, sous forme des exsudats racinaires ou des produits d'autolyse des racines. La consommation de méthane dans la troposphère se produit principalement sous la forme d'une oxydation – soit par réaction chimique, soit par action microbienne – qui se passe dans la zone aérobie des sols méthanogènes (méthanotrophie) ainsi que dans les sols de plateau. Tous ces processus sont influencés par des facteurs environnementaux tels que la température, la source de carbone, le potentiel d'oxydoréduction du sol, le pH, la diversité microbienne, ainsi que le choix du cultivar de riz. Ils sont en outre affectés par les pratiques de gestion appliquées aux rizières.

### **Quelle est la quantité de méthane émise par une rizière ?**

Le méthane produit par les sols servant à la riziculture est émis dans l'atmosphère par trois voies : l'ébullition, la diffusion et le transport par le plant de riz (Dubey *et al.*, 2005). Les plants de riz servent de conduits pour l'échange de gaz, permettant au méthane de contourner les bactéries oxydantes présentes dans l'interface aérobie/anaérobie. Dans certains cas, plus de 90 % du flux de méthane émis dans l'atmosphère par les sols des rizières est transporté par les plants de riz (Banker *et al.*, 1995). Normalement, la production d'un kilogramme de grains de riz correspond à l'émission de 100 g de méthane. D'après les lignes directrices du GIEC, le facteur d'émission de méthane par défaut est de  $1,3 \text{ kg de CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ jour}^{-1}$ , pour autant qu'aucune inondation n'ait eu lieu dans les 180 jours précédant la culture du riz et que

l'irrigation ait été continue pendant toute la culture du riz sans utiliser de fertilisants organiques (GIEC, 2006).

Cependant, les facteurs d'échelle varient considérablement selon le type de fertilisant organique et la quantité appliquée (par exemple, compost, fumier, engrais vert, et paille de riz). À poids égal, plus on utilise de fertilisants contenant de grandes quantités de carbone facilement biodégradable, plus la quantité de méthane émise est élevée – et plus la quantité de fertilisant organique appliquée est importante, plus les émissions augmentent. La paille de riz est généralement incorporée dans le sol après la récolte. Lorsqu'une longue période de jachère est respectée après l'incorporation de la paille de riz, les émissions de méthane lors de la saison de culture de riz suivante seront inférieures à celles des sols dans lesquels la paille de riz a été incorporée juste avant le repiquage du riz (Fitzgerald *et al.*, 2000). Par conséquent, ce qui compte, c'est le moment où la paille de riz est appliquée : si elle est introduite au bon moment, le sol peut piéger le carbone, transformant ainsi la rizière en un puits de carbone.

### **Quelles mesures utiliser pour réduire la quantité de méthane émise par une rizière ?**

Les techniques les plus prometteuses incluent la gestion de l'eau, l'utilisation de fertilisants organiques au cours de la saison de culture, la fertilisation et l'emploi de cultivars de riz adaptés. Les deux premières sont celles qui ont le plus d'impact (Yan *et al.*, 2005). Le drainage en mi-saison, l'irrigation intermittente ou l'assèchement du champ avant récolte peuvent également réduire les flux de méthane.

Une meilleure gestion de l'eau peut potentiellement modifier l'humidité du sol et le potentiel redox du sol (Eh) et au final, influencer les émissions de méthane au cours de la saison de croissance du riz. On observe généralement une augmentation du potentiel redox du sol (Eh) et une diminution du flux de méthane dans les rizières asséchées en milieu de saison, ce qui se traduit par une nette réduction des émissions saisonnières totales de méthane par rapport aux rizières irriguées en continu (Mishra *et al.*, 1997 ; Jain *et al.*, 2000). Les pratiques de drainage à court terme peuvent également réduire de manière considérable les émissions de méthane produites par les rizières – d'environ 45 % dans les champs drainés par intermittence comparés aux champs irrigués en continu (Yagi *et al.*, 1996). Les flux moyens de méthane émis par les rizières ayant subi un ou plusieurs drainages représentent 60 % et 52 % du flux des champs irrigués en continu (Yan *et al.*, 2005). Le flux de méthane peut être réduit de 39 % en pratiquant une irrigation contrôlée et économe en eau (5 à 25 mm d'eau stagnante) plutôt qu'une irrigation en continu (30 à 50 mm d'eau stagnante ; Peng *et al.*, 2006). Le flux provenant des champs irrigués au cours de la saison précédente était égal à 1,9 fois celui des champs préalablement drainés pendant une courte période et à 2,8 fois celui des champs préalablement drainés pendant une longue période (Yan *et al.*, 2005).

Les plants de riz agissent comme un substrat méthanogène, un conduit servant au transport du méthane par le biais d'aérenchymes et un micro-habitat potentiel oxydant de méthane dans la rhizosphère en diffusant de l'oxygène (Dubey *et al.*, 2005). Les émissions de méthane sont fortement influencées par les caractéristiques génétiques des plants de riz, notamment en raison des différences de développement des aérenchymes. Les cultivars à haut rendement et à faible translocation de photosynthétat vers les racines permettent une réduction des émissions de méthane. Ainsi, le tri des variétés populaires existantes, le lancement de programmes de sélection de nouveaux cultivars ayant une faible partition de photosynthétat vers les racines et un développement limité des aérenchymes sont autant d'options prometteuses pour la réduction des émissions de méthane.

### **Étude de cas no 1 : Réduction des émissions de méthane grâce à la gestion de l'eau et au choix des cultivars de riz**

Un seul drainage en mi-saison pendant environ 5 à 10 jours – une pratique d'irrigation couramment adoptée dans les grandes régions rizicoles de Chine et du Japon – permet de réduire considérablement les émissions de méthane. Dans un cycle alternant irrigation et assèchement, l'irrigation reproduit les conditions d'inondation, un certain nombre de jours (compris entre 1 et plus de 10) après la disparition de l'eau stagnante (Bouman *et al.*, 2007). La majeure partie du gaz de méthane émis pendant le cycle s'oxyde avant d'atteindre l'interface sol/air, ce qui entraîne une réduction du flux de méthane. En outre, des valeurs Eh élevées inhibent la formation de méthane par les bactéries méthanogènes et permettent donc de réduire les émissions de méthane. Toutefois, si le cultivar de riz choisi n'est pas adapté, il est possible que les rendements de riz diminuent lorsque l'irrigation est moins importante.



Station expérimentale de Zhuanghang  
(Source : Sheng Zhou, SAAS)

Différents cultivars de riz économes en eau et résistants à la sécheresse ont été sélectionnés pour obtenir un rendement potentiel et une qualité de grains équivalents, mais avec une consommation d'eau réduite (à savoir, 50 % d'eau

utilisée) par rapport au riz actuellement produit dans les rizières pratiquant l'irrigation. Toutefois, dans les environnements où l'eau est limitée, ces cultivars offrent une meilleure résistance à la sécheresse, ce qui limite les pertes de rendement (Luo, 2010). Une expérience impliquant une irrigation normale (IN), une irrigation à 70 % (IN70 %), et une irrigation à 30 % (IN30 %) et deux variétés de riz (A et B) a été menée (en 2012/2013) à la station expérimentale de Zhuanghang de l'Académie de Shanghai des sciences agricoles (Shanghai, Chine).

Le régime hydrique du traitement IN70 % impliquait une irrigation et un assèchement alternés, similaires au cycle d'arrosage et de drainage en alternance. Le traitement IN30 % simulait un genre de sécheresse. Les émissions de méthane ont été contrôlées entre 9h00 et 10h00 une fois par semaine tout au long de la saison de culture du riz selon la méthode de la chambre statique, qui consiste en un socle en plexiglas (50 cm de long × 40 cm de large × 20 cm de haut) avec un couvercle en plexiglas (50 cm de long × 40 cm de large × 50 cm de haut) équipé d'un ventilateur de 12 V alimenté par batterie au centre de sa partie supérieure interne. En outre, d'autres socles en plexiglas ont été utilisés pour rehausser le couvercle (20, 40 ou 60 cm), en fonction de la hauteur du riz. Les socles ont été enfoncés d'environ 15 cm dans le sol, et 4 parcelles de plants de riz ont été repiquées. Un socle a été placé sur chaque parcelle. Quatre échantillons de gaz ont été prélevés dans chaque chambre à 6 minutes d'intervalle grâce à un équipement d'autoéchantillonnage de gaz fixé à quatre sacs à gaz en plastique à chaque moment d'échantillonnage. Les échantillons de gaz ont été immédiatement emmenés au laboratoire pour mesurer la teneur en méthane, les concentrations d'oxyde de carbone et d'oxyde nitreux à l'aide d'un chromatographe à gaz, après quoi les flux d'émission ont été calculés. Pour le cultivar B, les rendements de riz ont nettement diminué dans les traitements IN70 % et IN30 % par rapport aux rendements obtenus par IN. À l'inverse, les rendements de riz ne différaient pas dans les deux méthodes de gestion de l'irrigation pour le cultivar A, comparé à IN. Les résultats indiquent que le riz A est plus résistant à la sécheresse que le riz B, en termes de rendement en grains. Par contre, la réduction de l'irrigation a fait nettement diminuer l'humidité du sol et augmenter sa valeur Eh, ce qui a fait baisser les émissions totales de méthane sur une échelle saisonnière : le traitement IN30 % a réduit les émissions de méthane de 77 % pour A et de 51 % pour B, comparées aux émissions observées avec

IN. La sélection de A combinée à une irrigation moins importante pourrait permettre le maintien des rendements de riz tout en faisant baisser les émissions de méthane et la consommation d'eau.

### **Étude de cas no 2 : Réduction des émissions de méthane grâce à une combinaison d'engrais**



Le choix de l'engrais peut affecter la production et l'émission de méthane dans les rizières en agissant sur (1) la disponibilité de sources de carbone dans un champ ; (2) les taux de croissance des plants de riz ; (3) l'activité des micro-organismes méthanogènes dans le sol ; et (4) la quantité et la composition des exsudats racinaires issus des plants de riz en cours de croissance. L'ajout de matière organique fraîche à des sols irrigués fait nettement augmenter les émissions de méthane et doit être évité, tandis que le transfert de matière organique fraîche sous forme de compost ou de biochar permet de réduire les émissions et d'augmenter la teneur en carbone.

Une expérience sur le terrain à la station expérimentale de Zhuanghang (2011 à 2013) a étudié les effets de différents engrais sur le rendement de riz et sur les émissions de méthane produites par une rizière. Les traitements appliqués aux parcelles étaient les suivants : engrais chimique (CF), engrais chimique avec paille de blé (CF-WS), engrais chimique à libération lente avec paille de blé (SCF-WS), engrais chimique avec biochar (CF-BC), et engrais organique avec engrais chimique (OF-CF), chacun à des taux de  $225 \text{ kg/N ha}^{-1}$ , et enfin, pas d'engrais (Non-F) dans les parcelles témoins. Les cultivars de riz ont été soumis à tous ces traitements selon un régime hydrique classique, avec un semi-drainage en été.

Par rapport à la parcelle témoin, les émissions totales de méthane ont augmenté de manière significative – de 40 à 165 % – dans les parcelles CF-WS, SCF-WS, et OF-CF, ce qui démontre que la matière organique appliquée avec de l'engrais chimique augmente les émissions de méthane. Par contre, les émissions totales de méthane dans les parcelles CF-BC et CF étaient identiques, ce qui laisse penser que les émissions de méthane ont été inhibées lorsque la paille a été transformée en biochar avant application. Bien que les émissions de méthane dans les parcelles CF-WS, SCF-WS et

OF-CF aient augmenté, les émissions totales de méthane étaient plus faibles que les apports de carbone dans le sol sous forme de matière organique, ce qui suggère que ces trois traitements pourraient constituer un puits de carbone. À l'inverse, aucune matière organique n'a été ajoutée aux sols dans le traitement CF et le méthane émis pourrait représenter une source de carbone.

### **Perspectives d'avenir**

La production rizicole à faible émission de carbone passe par la combinaison dans un ensemble complet des différentes options de réduction disponibles. Pour recommander des stratégies de réduction appropriées, il est essentiel de connaître les communautés microbiennes du sol associées aux principaux cultivars de riz. Les protocoles doivent tenir compte des besoins de la communauté agricole. Il est nécessaire de développer des modèles de simulation pour évaluer les émissions de méthane des différentes pratiques de gestion climatique et agricole.

Outre les gaz à effet de serre dégagés par la riziculture, la production et la consommation de pesticides, d'engrais et de combustibles agricoles, la récolte des grains de riz, la transformation, le conditionnement et le transport, de même que le traitement de la paille et de l'écorce de riz après transformation génèrent eux aussi des gaz à effet de serre. Une approche exhaustive s'impose donc pour évaluer l'impact de ces opérations.

### **Bibliographie**

- Banker, B.C., Kludze, H.K., Alford, D.P., DeLaune, R.D. et Lindau, C.W. 1995.  
« Methane sources and sinks in paddy rice soils: relationship to emissions ». *Agriculture, Ecosystems & Environment* 53 (3), 243-251.
- Bouman, B.A.M., Lampayan, R.M. and Tuong, T.P. 2007. *Water Management in Irrigated Rice: Coping with Water Scarcity*. Institut international de recherche sur le riz, Los Banos, Philippines,  
[http://books.irri.org/9789712202193\\_content.pdf](http://books.irri.org/9789712202193_content.pdf)
- Cai, Zucong, Xing Guangxi, Yan, Xiaoyuan, Xu, Hua, Tsuruta, H., Yagi, K. *et al.* 1997.  
« Methane and nitrous oxide emissions from rice paddy fields as affected by nitrogen fertilisers and water management ». *Plant and Soil* 196, 7-14.
- Dubey, S.K. 2005. « Microbial ecology of methane emission in rice agroecosystem: a review ». *Applied Ecology and Environmental Research* 3.2, 1-27.  
[http://www.ecology.kee.hu/pdf/0302\\_001027.pdf](http://www.ecology.kee.hu/pdf/0302_001027.pdf)
- Fitzgerald, G.J., Scow, K.M. et Hill, J.E. 2000. « Fallow season straw and water management effects on methane emissions in California rice ». *Global Biogeochemical Cycles* 14, 767-775.
- Solomon, S.D., Quin, D., Manning, M., Chen, Z.L., Marquis, M., Averyt, K. *et al.* 2007. *IPCC Climate Change 2007: the physical science basis*. Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.

- [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg1\\_report\\_the\\_physical\\_science\\_basis.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm)
- Jain, M.C., Kumar, S., Wassmann, R., Mitra, S., Singh, S.D., Singh, J.P. *et al.* 2000. « Methane emissions from irrigated rice fields in northern India (New Delhi) ». *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 58 (1-3), 75-83.
- Kirk, G. 2004. *The biochemistry of submerged soils*. John Wiley and Sons. Chichester, West Sussex, Royaume-Uni.
- Luo, L. 2010. « Breeding for water-saving and drought-resistance rice (WDR) in China ». *Journal of Experimental Botany* 61, 3509-3517.
- Mishra, S., Rath, A.K., Adhya, T.K., Rao, V.R. et Sethunathan, N. 1997. « Effect of continuous and alternate water regimes on methane efflux from rice under greenhouse conditions ». *Biology and Fertility of Soils* 24 (4), 399-405.
- Peng ShiZhang, Li DaoXi, Jiao XiYun, He Yan et Yu JinYuan. 2006. « Effect of water-saving irrigation on the seasonal emission of CH<sub>4</sub> from paddy field ». *Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences)* 32, 546-550.
- Yagi K, Tsuruta, H., Kanda, K. et Minami, K. 1996. « Effect of water management on methane emission from a Japanese rice paddy field: automated methane monitoring ». *Global Biogeochemical Cycles* 10 (2), 255-267.
- Yan, Xiaoyuan, Yagi, K., Akiyama, H. et Akimoto, H. 2005. « Statistical analysis of the major variables controlling methane emission from rice fields ». *Global Change Biology* 11:1131-1141.

Publié par le CTA, <http://knowledge.cta.int/>

Rédactrice en chef : J.A. Francis, CTA

Citation : CTA 2014. <http://knowledge.cta.int/fr>, "auteur" consulté le "date."

Copyright CTA 2014. Les articles et documents publiés sur Connaissances pour le développement <http://knowledge.cta.int/fr> peuvent être reproduits librement, à condition que le nom des auteurs et la source soient clairement indiqués.