



Résumé analytique à l'intention des groupes cibles

Numéro du projet	406840_143137
Titre du projet	Influences de l'utilisation des sols sur les micro-organismes du sol qui émettent et décomposent le gaz hilarant
Directeur du projet	Andreas Gattinger, FiBL – Institut de recherche de l'agriculture biologique
Autres responsables	Cecile Thonar, FiBL – Institut de recherche de l'agriculture biologique Paul Mäder, FiBL – Institut de recherche de l'agriculture biologique

Contribution à la synthèse thématique :

<input type="checkbox"/> Sol et production alimentaire	<input checked="" type="checkbox"/> Sol et environnement	<input type="checkbox"/> Développement du territoire	<input type="checkbox"/> Informations sur le sol, méthodes et instruments	<input type="checkbox"/> Politique du sol
--	--	--	---	---

Date, lieu : Frick, le 1^{er} septembre 2016

Contexte

Le gaz hilarant (N₂O) est un important gaz à effet de serre qui contribue également à la dégradation de la couche d'ozone dans la stratosphère. Environ 60% des émissions de gaz hilarant liées à l'activité humaine proviennent de l'agriculture. Les émissions des sols à usage agricole jouent par conséquent un rôle capital.

Le développement de pratiques agricoles favorables au climat, qui contribuent à réduire les émissions de gaz hilarant en provenance du sol, constitue un défi de taille pour l'agriculture. Il convient pour ce faire d'acquérir une compréhension approfondie des processus et des mécanismes qui amplifient ou atténuent les émissions de gaz hilarant. La manière dont les différents paramètres pédologiques (état d'aération, pH, disponibilité du carbone et de l'azote) influencent les émissions de gaz hilarant est déjà bien connue. A l'inverse, il n'apparaît pas encore clairement quels effets les stratégies complexes d'exploitation des sols exercent sur les émissions de gaz hilarant. La réduction du gaz hilarant en azote dépendant en grande partie de l'activité des micro-organismes, il est essentiel de comprendre l'influence des stratégies d'exploitation des sols sur l'activité et la structure des communautés microbiennes qui participent à cette réaction.

En fonction de l'état d'aération du sol, du gaz hilarant peut être émis ou décomposé par le biais de différents processus. Dans les sols bien aérés, du gaz hilarant se forme par nitrification ; dans les sols mal aérés, la production de gaz hilarant est principalement due à la dénitrification. La formation de gaz hilarant lors de la dénitrification est inévitable. Le gaz hilarant peut néanmoins à nouveau se décomposer par réduction.

But

Le but de ce projet était de combler les lacunes existant quant à l'influence que les micro-organismes exercent sur les émissions de gaz hilarant en fonction de différentes stratégies d'exploitation du sol. Trois stratégies d'exploitation du sol, auxquelles la recherche agricole s'intéresse actuellement, ont été étudiées dans le cadre de trois essais à long terme. Dans l'essai de terrain à long terme de Frick, l'accent a été placé sur *un travail du sol réduit*. L'essai DOK, l'expérimentation la plus longue menée à ce jour sur le terrain, a permis d'étudier l'influence des *systèmes d'exploitation* biologiques et conventionnels. L'apport de *charbon végétal* a constitué la troisième stratégie d'exploitation analysée lors d'un essai de terrain nouvellement établi à l'Agroscope Reckenholz.

Résultats

Résultats observés suite à un travail du sol réduit lors de l'incubation en conditions contrôlées :

- L'influence du travail du sol sur les émissions de gaz hilarant dépend de la forme de l'azote introduit lors de la fertilisation.
- Les émissions de gaz hilarant les plus élevées en provenance du sous-sol ont été constatées lors de la fertilisation à l'ammonium avec un travail du sol réduit.

- Les émissions les plus élevées en provenance des couches supérieures du sol ont été enregistrées – indépendamment du travail du sol – après l’apport d’engrais à base de nitrate.
- Présence accrue (abondance) de micro-organismes nitrifiants si le travail du sol est réduit.
- Abondance accrue de micro-organismes réduisant le gaz hilarant après l’apport d’engrais organiques.

Résultats observés suite à l’utilisation de charbon végétal lors de l’expérience de terrain :

- Après une période de végétation, l’apport de charbon végétal en plein champ a conduit à une réduction de 55% des émissions de gaz hilarant par rapport à la zone de contrôle non traitée.
- Une variance élevée a été observée dans le champ de contrôle traité à la chaux. Un effet de chaulage du traitement à base de charbon végétal n’a ce faisant pas complètement pu être exclu en tant que cause possible.
- L’abondance accrue de micro-organismes typiques réduisant le gaz hilarant (dotés du gène *nosZ*) constatée après la fertilisation au charbon végétal suggère que la baisse des émissions de gaz hilarant est consécutive à la réduction plus élevée du gaz hilarant induite par l’apport de charbon végétal.
- Après la fertilisation au charbon végétal, il s’amorce entre les procédures une différenciation de la communauté microbienne de réducteurs de gaz hilarant spécialisés (dotés du gène *nosZ-II*) qui reste efficace jusqu’à la fin de la période de végétation.

Comparaison des systèmes d’exploitation lors de l’incubation en conditions contrôlées :

- Dans les sols exploités de manière biologique, des activités de dénitrification et des émissions de gaz hilarant légèrement plus élevées ont été enregistrées.
- L’abondance relative des micro-organismes dénitrifiants et de ceux réduisant le gaz hilarant est restée stable pendant toute la durée d’incubation.
- Dans les sols exploités de manière conventionnelle, une activité plus élevée (ARNm) des micro-organismes typiques réduisant le gaz hilarant a été observée. Ces sols présentaient le plus faible rapport $N_2O/(N_2O+N_2)$.
- Faute de chaulage, quasiment aucune réduction de gaz hilarant n’a été constatée dans la zone de contrôle non traitée. Cela suggère que la réduction du gaz hilarant est limitée en raison de la faible valeur du pH (< 6).

Résultats observés lors de l’essai de terrain :

- Le système d’exploitation agricole modifie la structure de la communauté microbienne des micro-organismes typiques et spécialisés réduisant le gaz hilarant.

Implications pour la recherche

Charbon végétal

Le charbon végétal dispose d'un net potentiel d'atténuation des émissions de gaz hilarant en provenance des sols. Néanmoins, avant que l'utilisation du charbon végétal puisse être recommandée à cette fin dans la pratique agricole, différentes questions doivent être éclaircies. L'essai sur le terrain ayant été mis en œuvre durant l'année précédant l'expérimentation, il est pour l'instant impossible de déterminer si l'effet d'atténuation des émissions de gaz hilarant restera stable dans le temps. Différents résultats de recherche suggèrent que le charbon végétal agit comme un catalyseur de processus hétérotrophes. Cela signifie que la dénitrification et, par suite, les pertes d'azote gazeux en provenance du sol peuvent s'accroître. L'effet que celles-ci pourraient avoir sur le lessivage des nitrates et l'efficacité des nutriments de l'écosystème agricole est tout aussi incertain à l'heure actuelle. De nombreux éléments tendent par ailleurs à indiquer que le gaz hilarant retenu dans le sol pourrait être à l'origine de l'atténuation des émissions de gaz hilarant observées. Un séjour prolongé dans le sol induit à son tour une réduction renforcée du gaz hilarant et une activité accrue des micro-organismes réduisant le gaz hilarant.

Quantification des gènes fonctionnels

L'analyse des gènes fonctionnels au niveau de l'ARNm est nettement plus significative que les analyses d'ADN ou affiche du moins une corrélation plus étroite avec les taux de procédures. Une analyse de l'ARNm se révèle néanmoins très difficile à mettre en œuvre dans le cadre des essais de terrain. En raison de la variabilité spatio-temporelle élevée de ce paramètre, les essais de terrain n'ont pas permis de générer des données ARNm fiables présentant une résolution temporelle élevée bien que plusieurs tentatives aient été effectuées. La quantification de l'ARNm exige par ailleurs de recourir à une méthodologie délicate et source d'erreurs. Afin de pouvoir mesurer avec fiabilité l'activité microbienne des différents groupes fonctionnels sur le terrain, il serait souhaitable de développer une méthodologie plus robuste.

Influence des communautés microbiennes sur les émissions de gaz hilarant

Indépendamment du système d'exploitation du sol utilisé, il est apparu qu'il existait une étroite corrélation entre l'activité ou l'abondance de la communauté fonctionnelle des micro-organismes réduisant le gaz hilarant et les émissions de gaz hilarant mesurées. Cette observation confirme le rôle essentiel que joue cette communauté fonctionnelle dans l'atténuation des émissions de gaz hilarant en provenance du sol. La stimulation ciblée de ce groupe de micro-organismes semble constituer une stratégie très prometteuse pour minimiser les émissions de gaz hilarant. Elle devrait faire l'objet de futures activités de recherche.

Implications pour la pratique

Les résultats du projet « Gaz hilarant » font apparaître que, si une pratique agricole a pour objectif de réduire les émissions de gaz hilarant, il est important de surveiller le pH du sol. En effet, lorsque celui-ci est inférieur à 6, la réduction du gaz hilarant en azote est nettement entravée. Afin d'assurer une protection durable du sol et du climat, il convient d'envisager de recourir à des mesures comme le chaulage lorsque le sol est trop acide afin de pouvoir

pleinement utiliser les fonctions écologiques qu'il exerce dans le cycle de l'azote et la régulation climatique.

Recommandations

Les mesures à long terme effectuées dans le cadre des trois essais de terrain démontrent que l'apport de charbon végétal constitue le moyen potentiellement le plus efficace de diminuer les émissions de gaz hilarant en provenance des sols agricoles. Un des grands avantages de cette mesure est qu'elle peut être combinée à d'autres stratégies d'exploitation et qu'elle induit une légère augmentation du pH du sol. Il semble néanmoins prématuré de recommander son adoption en tant que pratique agricole réduisant les émissions de gaz hilarant et favorable au climat tant que les questions susmentionnées n'auront pas été suffisamment clarifiées.

Par comparaison avec le charbon végétal, les différents systèmes d'exploitation ne semblent exercer qu'une faible influence sur les émissions de gaz hilarant. Dans des conditions simulées, un potentiel de dénitrification légèrement plus élevé a certes été observé dans les sols exploités de manière biologique. Toutefois, dans la mesure où le taux de fertilisation est nettement plus faible dans l'agriculture biologique, on ne peut s'attendre à ce que, sur le terrain, ce facteur influe notablement sur les flux de gaz hilarant. Étant donné que l'expérience réalisée se focalisait principalement sur la compréhension du processus de dénitrification et de réduction du gaz hilarant, des conditions ne pouvant se manifester que très brièvement sur le terrain avaient été retenues. Une méta-étude récemment publiée a démontré qu'à surface égale, les sols exploités de manière biologique émettaient moins de gaz hilarant que les sols exploités de manière traditionnelle.