

STAGE DE MASTER 2 OU STAGE DE FIN D'ÉTUDE D'UN CURSUS D'INGÉNIEUR

Titre du stage : Impact d'un système agroforestier sur le bilan des gaz à effets de serre (CH₄, N₂O)

Lieu de stage : UMR SILVA Université de Lorraine, AgroParisTech, INRAE

Université de Lorraine

BP 70239

54560 Vandoeuvre les Nancy

Dates de stage: Février 2024-Juillet 2024

Encadrants : Dorine Desalme dorine.desalme@univ-lorraine.fr (Maitre de conférences, SILVA) ;

Nicolas Bras nicolas.bras@univ-lorraine.fr (ATER, LAE)

Description du stage :*Contexte scientifique*

Le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O), deux des principaux gaz à effets de serre (GES), ont un pouvoir radiatif respectivement 28 et 310 fois supérieur à celui du CO₂ sur 100 ans et contribuent à 20% du réchauffement climatique (IPCC 2022). Au niveau national, le secteur agricole est responsable de 90 % des émissions de N₂O et de 60% de celles de CH₄.

Le flux net de CH₄ à l'interface sol-atmosphère résulte de la balance entre deux flux antagonistes, la production de méthane par des archées méthanogènes dans les couches où des conditions d'anoxie prédominent et la consommation de méthane par des bactéries méthanotrophes dans les horizons oxygènes du sol (Le Mer and Roger, 2001). **La production de N₂O** dans le sol résulte de 2 voies de production différentes, lors de la nitrification ou de la dénitrification suivant les conditions d'oxygénation du milieu. Du N₂O peut également être consommé lors du processus de dénitrification.

Les sols agricoles sont des puits de CH₄ mais les sols forestiers sont de meilleurs puits de CH₄ et émettent moins de N₂O que les sols agricoles (Dutaur and Verchot, 2007; Lage Filho et al 2022). Toutefois, l'influence **du mode d'usage des sols** (agroforesterie vs agricole), de la **saisonnalité** et des **associations d'espèces** (notamment l'introduction **d'espèces fixatrices d'azote**) sur **les flux nets de N₂O et de CH₄** et leur **dynamique dans le sol est assez mal caractérisé**.

L'introduction d'arbre en agroforesterie, en modifiant la porosité, la teneur en eau du sol et donc la diffusion des gaz dans le sol, pourrait faciliter le transfert de l'oxygène et améliorer le puits de CH₄ des sols (Epron et al., 2017). Les flux de GES dépendent également de l'abondance, l'activité et la diversité des communautés méthanotrophes, méthanogènes, nitrifiantes et dénitrifiantes (Kharitonov et al., 2021; Zhang et al., 2019). L'activité et la diversité de ces microorganismes sont liées à la disponibilité de leur substrat (quantité et qualité de la matière organique, du carbone organique dissous et des teneurs et formes d'azote disponible, ...) et aux caractéristiques physico-chimiques du sol. Par exemple, il a été montré que la présence de certains phénols pouvait inhiber l'activité des méthanogènes et du nitrate celle des méthanotrophes (Bodelier and Laanbroek, 2004; Li et al., 2020). Les plantes, par les composés qu'elles émettent ou leur besoin en nutriments, pourront également modifier les flux de GES (Bras, 2022; Plain et al., 2019).

L'introduction de plantes fixatrices d'azote peut également permettre de limiter les émissions de GES en agriculture en réduisant l'utilisation d'énergie fossile (carburant, engrais) et la dépendance aux intrants azotés de synthèse. Cependant, ces plantes peuvent modifier la quantité et la forme d'azote inorganique disponible dans le sol (NO₃⁻/NO₂⁻ ou NH₄⁺) et pourraient ainsi influencer négativement les émissions de méthane et de N₂O.

Problématique et objectifs du stage

Le travail de l'étudiant recruté en stage s'insèrera dans le projet de recherche Fourages qui vise à **déterminer comment et dans quelles proportions le mode d'usage des sols (agroforesterie vs agricole), la saisonnalité et les associations d'espèces notamment l'introduction d'espèces fixatrices d'azote (aulne ou trèfle/luzerne) influencent les flux nets de N₂O et de CH₄ et leur dynamique dans le sol.**

L'étudiant recruté devra estimer si un système agroforestier implanté depuis 2014 (associations trèfle / peuplier et prairie temporaire / aulne) en Lorraine a un effet sur les émissions de gaz à effets de serre (CH₄, N₂O) du sol par rapport aux systèmes équivalents en monoculture agricole. Il devra également estimer quels sont les facteurs pilotant les variations temporelles de flux entre les différents traitements, en couplant les variations de flux entre traitement et leur dynamique :

- aux variations météorologiques mesurées sur le site depuis février 2021,
- aux changements d'abondance de certains groupes fonctionnels (bactéries méthanotrophes, nitrifiantes, dénitrifiantes et archées méthanogènes),
- et aux modifications des caractéristiques physico-chimiques du sol (porosité en air, pH, teneur en carbone et azote organique, minéralisation de l'azote, nitrification et les concentrations en nitrite et nitrate et en ammonium).

Manipulations prévues

Le site d'étude sera la **parcelle agroforestière de la Bouzule** (20 km à l'est de Nancy) mise en place depuis 2014 et soumise à des épisodes d'engorgement temporaire. La parcelle de 3 ha se divise en 3 blocs et dans chaque bloc sont présents les 4 traitements (2 systèmes agricoles cultivés en pur (espèce herbacée fixatrice d'azote (trèfle ou luzerne) ; mélange de graminées (fétuque et raygrass)) et 2 systèmes agroforestiers (herbacée fixatrice d'azote + peupliers ; graminées + aulnes).

L'étudiant effectuera les **campagnes de terrain d'échantillonnage de sol** (deux campagnes prévues : en mars et en juin) et les **incubations au laboratoire** afin d'estimer les variations spatiales des flux de GES (mesures des concentrations en CH₄ et N₂O à l'aide d'un analyseur de gaz à infrarouge). Sur les sols incubés, il effectuera des mesures complémentaires (pH, azote minéral, porosité en air, etc.) afin d'estimer l'effet de ces facteurs sur les variations éventuelles des flux observées entre les différents types de culture. Il pourra participer aux mesures d'abondance des différents groupes fonctionnels du sol.

Profil du candidat

Niveau master 2 en biologie végétale, sciences de l'environnement, écologie fonctionnelle ou géosciences

- Intérêt pour l'expérimentation de terrain et en laboratoire.
- Intérêt pour l'analyse de données et le traitement statistique (utilisation de R).

Pour postuler : Envoyer CV et lettre de motivation à dorine.desalme@univ-lorraine.fr et à nicolas.bras@univ-lorraine.fr

Références :

- Bodelier, P.L.E., Laanbroek, H.J., 2004. Nitrogen as a regulatory factor of methane oxidation in soils and sediments. *FEMS Microbiol. Ecol.* 47, 265–277. [https://doi.org/10.1016/S0168-6496\(03\)00304-0](https://doi.org/10.1016/S0168-6496(03)00304-0)
- Bras, N., 2022. Consommation de méthane par les sols forestiers : variabilité spatiale des processus physiques et biotiques impliqués à l'échelle du massif forestier (Thèse de doctorat). Université de Lorraine (UL).
- Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Mintenbeck, n.d. IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. 3056.
- Dutaur, L., Verchot, L.V., 2007. A global inventory of the soil CH₄ sink. *Glob. Biogeochem. Cycles* 21, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1029/2006GB002734>
- Epron, D., Plain, C., Lerch, T., Ranger, J., 2017. Les sols forestiers, puits de méthane : un service écosystémique méconnu. *Rev. For. Fr.* 313. <https://doi.org/10.4267/2042/62129>
- Kharitonov, S., Semenov, M., Sabrekov, A., Kotsyurbenko, O., Zhelezova, A., Schegolkova, N., 2021. Microbial Communities in Methane Cycle: Modern Molecular Methods Gain Insights into Their Global Ecology. *Environments* 8. <https://doi.org/10.3390/environments8020016>
- Le Mer, J., Roger, P., 2001. Production, oxidation, emission and consumption of methane by soils: a review. *Eur. J. Soil Biol.* 37, 25–50. [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(01\)01067-6](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(01)01067-6)
- Li, H.-L., Zhang, X.-M., Deng, F.-D., Han, X.-G., Xiao, C.-W., Han, S.-J., Wang, Z.-P., 2020. Microbial methane production is affected by secondary metabolites in the heartwood of living trees in upland forests. *Trees* 34, 243–254. <https://doi.org/10.1007/s00468-019-01914-6>
- Plain, C., Ndiaye, F.-K., Bonnaud, P., Ranger, J., Epron, D., 2019. Impact of vegetation on the methane budget of a temperate forest. *New Phytol.* 221, 1447–1456. <https://doi.org/10.1111/nph.15452>
- Zhang, Y., Cui, M., Duan, J., Zhuang, X., Zhuang, G., Ma, A., 2019. Abundance, rather than composition, of methane-cycling microbes mainly affects methane emissions from different vegetation soils in the Zoige alpine wetland. *MicrobiologyOpen* 8, e00699. <https://doi.org/10.1002/mbo3.699>