

## Organisme

Centre de recherche sur les grains (CÉROM) inc.

## Auteure

Dalel Abdi, Ph.D.

## Collaborateurs

Marie Bipfubusa, Ph.D., CÉROM  
Joann K. Whalen, Ph.D., Université McGill  
Béranger Bourgeois, Ph.D., Université Laval  
Stéphanie Mathieu, agr., MAPAQ  
Sylvie Thibaudeau, agr., M.Sc., Terre à Terre agronomes conseils

## Partenaire financier

Ce projet a été cofinancé par les  
Producteurs de grains du Québec



## Introduction

Le protoxyde d'azote ( $N_2O$ ) est un puissant gaz à effet de serre qui a un potentiel réchauffant d'environ 25 fois plus que le méthane ( $CH_4$ ) et 300 fois plus le dioxyde de carbone ( $CO_2$ ). Il a également la durée de vie la plus longue dans l'atmosphère, soit 120 ans comparativement à 100 ans pour le  $CO_2$  et 12 ans pour le  $CH_4$  (PNUE, 2013\*). La plus grande source d'émissions de  $N_2O$  à l'échelle mondiale et au Québec est l'agriculture. Plus particulièrement, ces émissions proviennent du sol à partir des processus de nitrification et de dénitrification de l'azote (N), contrôlés majoritairement par les pratiques culturales telle que la fertilisation azotée et les conditions pédoclimatiques. Bien que les cultures de couverture (CC) puissent contribuer à la lutte contre les changements climatiques grâce à leur potentiel de séquestration du carbone (C) et de rétention de l'azote perdu dans le sol, leurs impacts sur les émissions de  $N_2O$  sont très variables. Quoique ces effets aient été mesurés dans différentes zones climatiques au monde, ils sont beaucoup moins documentés dans les conditions agronomiques et pédoclimatiques du Québec.

\*PNUE, 2013. Réduire le  $N_2O$  pour protéger le climat et la couche d'ozone [Drawing Down  $N_2O$  to Protect Climate and the Ozone Layer]. Rapport synthétique. Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE)

## Objectifs

### Objectif général :

L'objectif général de ce projet était de faire une revue de littérature sur l'impact des CC (dérobées, intercalaires ou de pleine saison) sur les émissions de  $N_2O$  au Québec.

### Objectifs spécifiques :

1. Documenter les connaissances actuelles en identifiant les pratiques agricoles et les facteurs influençant l'impact des CC sur les émissions de  $N_2O$  au Québec;
2. Discuter l'implication de ces résultats dans une gestion agronomique et environnementale durable dans les conditions spécifiques du Québec et identifier les lacunes dans les connaissances actuelles et le besoin en recherche dans ce domaine au Québec;
3. Établir un outil d'aide à la décision dans le choix des pratiques culturales en lien avec les CC spécifique au Québec à travers le développement ou l'évaluation d'un modèle de prédiction des émissions de  $N_2O$ .

## Méthodologie

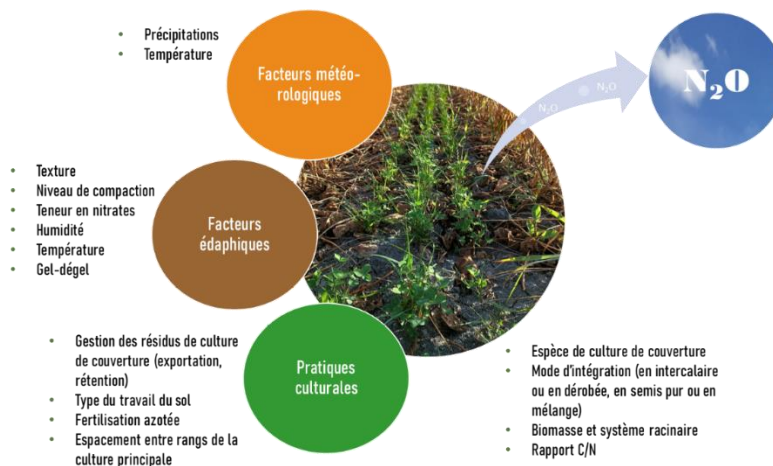
Afin de documenter l'état de connaissances sur l'impact des CC sur les émissions de  $N_2O$  au Québec, nous avons contacté plusieurs intervenants dans le secteur agricole, dont les grandes cultures et les cultures maraîchères. Plus précisément, nous avons contacté les organisations suivantes : Université Laval, Université McGill, Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique et de proximité (CETAB+), Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), Agrinova, Association des producteurs maraîchers du Québec (APMQ), Consortium de recherche sur la pomme de terre du Québec (CRPTQ) et l'Union des producteurs agricoles (UPA). Une demande de recherche bibliographique a été faite auprès de la bibliothèque Cécile-Rouleau.

Un recensement des études publiées sur cette thématique a été aussi fait au moyen des moteurs de recherche (Google et Google scholar) et des bases de données scientifiques (PubMed, Web of Science, JSTOR, CABI Digital Library, et Omni). Dans leur recherche des études, la bibliothèque Cécile-Rouleau a utilisé les bases de données suivantes : Academic Search Premier, AGRICOLA, Agri-Réseau, Agris (FAO), AgroParis Tech, CAB Abstracts, National Agricultural Library, National Agricultural Library Digital Collections, Open Access Theses and Dissertations, PubAg, PubMed, ScienceDirect, Taylor & Francis Online. Les principaux mots-clés utilisés étaient : culture de couverture, engrais vert, protoxyde d'azote, gaz à effet de serre, grandes cultures, cultures maraîchères, horticulture, Québec, climat tempéré humide. Une recherche utilisant les mêmes mots-clés traduits en anglais a été effectuée. Une recherche plus large a été menée pour les régions en climat tempéré humide (autres provinces canadiennes, États-Unis d'Amérique, Europe) pour mieux comprendre l'impact des CC sur les émissions de  $N_2O$  dans des conditions climatiques semblables à celles du Québec. Des chercheurs d'AAC, de l'Université Guelph, University of Illinois, ainsi que les Producteurs de grains de l'Ontario ont été contactés. Des chercheurs et organismes d'autres provinces canadiennes et aux États-Unis ont été contactés pour vérifier s'ils possèdent des données sur ce sujet, provenant de sites au Québec.

Afin de développer un modèle de prédiction des émissions de  $N_2O$  pour des systèmes agricoles intégrant des CC qui pourrait être utilisé au Québec, des données ont été collectées directement des auteurs ou extraites des articles scientifiques publiés à l'aide du logiciel académique WebPlotDigitizer v.4-6. Par la suite, ces données ont été classées par site, culture principale, pratiques culturales (type de CC et modes d'implantation et de destruction, travail du sol, fertilisation, rotation), texture du sol, période de mesure du  $N_2O$  (saison de croissance, hors saison de croissance), etc. Les émissions cumulées de  $N_2O$  ont été ensuite normalisées à l'aide d'une transformation logarithmique. Deux méthodes statistiques ont été utilisées afin de développer le meilleur modèle possible, soient la méthode des modèles mixtes linéaires et la méthode des arbres de régression « boostés ».

## Résultats

Dans cette revue, on a identifié uniquement quatre études au Québec qui ont quantifié les émissions directes de  $N_2O$  dans des systèmes de grandes cultures intégrant des CC, dont deux sont en cours de réalisation. L'analyse des résultats de ces études en lien avec la littérature effectuée pour les régions en climat tempéré humide a révélé des impacts divergents des CC sur les flux de  $N_2O$ , dépendamment de plusieurs facteurs (Figure 1). En général, d'importants pics de flux de  $N_2O$  se produisent au début de la saison culturale, suite à une fertilisation azotée, au début de l'automne en cas de CC en intercalaire et à la période de dégel au printemps en cas de CC en dérobée. Les CC-légumineuses émettent généralement plus de  $N_2O$  que les graminées ou autres familles à cause de leur faible pouvoir d'absorption de nitrates dans le sol, qui se transforment directement en  $N_2O$  dans des conditions favorables d'humidité du sol, ou indirectement suite au lessivage. Les légumineuses ont aussi un faible pouvoir de rétention de l'azote provenant des engrais par rapport aux graminées. À la fin de leur cycle de croissance, le faible rapport C/N de la biomasse des légumineuses facilite la décomposition microbienne des résidus ce qui stimule la production de  $N_2O$ . Par contre, les graminées ou un mélange de graminées-légumineuses sont généralement capables de prélever les nitrates libres dans le sol au début de leur cycle de croissance, ce qui réduit par conséquent les émissions directes et indirectes de  $N_2O$ . Leur potentiel dépend toutefois de l'établissement et du développement de leur biomasse et de leur système racinaire ainsi que de la texture du sol et de la quantité des précipitations reçues.



**Figure 1.** Facteurs influençant l'impact des cultures de couverture sur les émissions de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O)  
(Schéma synthétisé à partir de la littérature par Abdi. D., crédit photo : CÉROM)

Par exemple, des CC en dérobée, semées suffisamment tôt avant le premier gel, peuvent être efficaces dans la réduction de nitrates et la production de N<sub>2</sub>O pendant la saison de croissance suivante. Par contre, la minéralisation des résidus de ces CC pendant la période de dégel au printemps, surtout dans le cas où ils sont incorporés dans le sol, peut dégager des flux considérables de N<sub>2</sub>O. Dans le cas de légumineuses, la minéralisation se produit rapidement à cause du faible rapport C/N et libère ainsi de l'azote, qui est susceptible de se transformer en des flux importants de N<sub>2</sub>O en conditions d'humidité favorables. Malgré que le labour puisse accentuer le dégagement de N<sub>2</sub>O à travers la minéralisation des résidus de CC, des problèmes de compaction du sol, spécifiquement dans les sols de texture fine, peuvent aussi favoriser l'émission de N<sub>2</sub>O suite à l'accumulation des nitrates.

La fertilisation azotée est un facteur qui affecte significativement les émissions de N<sub>2</sub>O dans les systèmes intégrant les CC, spécifiquement les légumineuses. Plusieurs études confirment cet aspect et suggèrent d'optimiser les doses et le mode d'application des engrais azotés afin de réduire le risque d'émissions de N<sub>2</sub>O.

L'évaluation de la performance du modèle de processus *DeNitrification-DeComposition* (version canadienne; DNDCv.Can) dans l'estimation des émissions cumulatives de N<sub>2</sub>O dans un système intégrant des CC au Québec a révélé un potentiel prometteur à son utilisation dans le contexte agropédoclimatique du Québec. Malgré la complexité des données agronomiques et pédologiques collectées et la diversité des pratiques culturales, le développement d'un modèle empirique de prédiction de N<sub>2</sub>O, tenant compte de plusieurs éléments du système intégrant des CC, s'avère encourageant.

## Impacts et retombées du projet

Malgré les informations limitées au Québec sur l'impact des CC sur les émissions de N<sub>2</sub>O, les connaissances documentées dans cette revue pourraient guider les intervenants dans le secteur bioalimentaire dans une meilleure gestion agroenvironnementale des CC, ce qui permettra de réduire considérablement les émissions de N<sub>2</sub>O à court, moyen et long terme. Plus spécifiquement, les connaissances sur l'effet des CC-légumineuses en combinaison avec la fertilisation azotée de la culture principale, permettra d'optimiser l'application des engrais azotés et de maximiser le profit économique tout en réduisant les émissions de N<sub>2</sub>O. Plusieurs aspects méritent d'être investigués encore ou développés dans les conditions agro-pédo-climatiques du Québec.

### Début et fin du projet

03-2023 / 01-2025

### Pour information

Dalel Abdi, Ph.D., Chercheure en régie des cultures et plantes fourragères, CÉROM  
740, chemin Trudeau, Saint-Mathieu-de-Beloeil  
Québec, Canada, J3G 0E2  
Courriel : [dalel.abdi@cerom.qc.ca](mailto:dalel.abdi@cerom.qc.ca)  
Téléphone : (450) 464 2715 poste 236