

Journées Horticoles et Grandes Cultures 2025
28^e édition

Impact des cultures de couverture sur les émissions de protoxyde d'azote (N_2O) : mieux comprendre pour mieux gérer

Dalel Abdi

Ph.D., Centre de recherche sur les grains (CÉROM)

Collaborateurs:

Marie Bipubusa, Ph.D., CÉROM

Joann K. Whalen, Ph.D., Université McGill

Bérenger Bourgeois, Ph.D., Université Laval

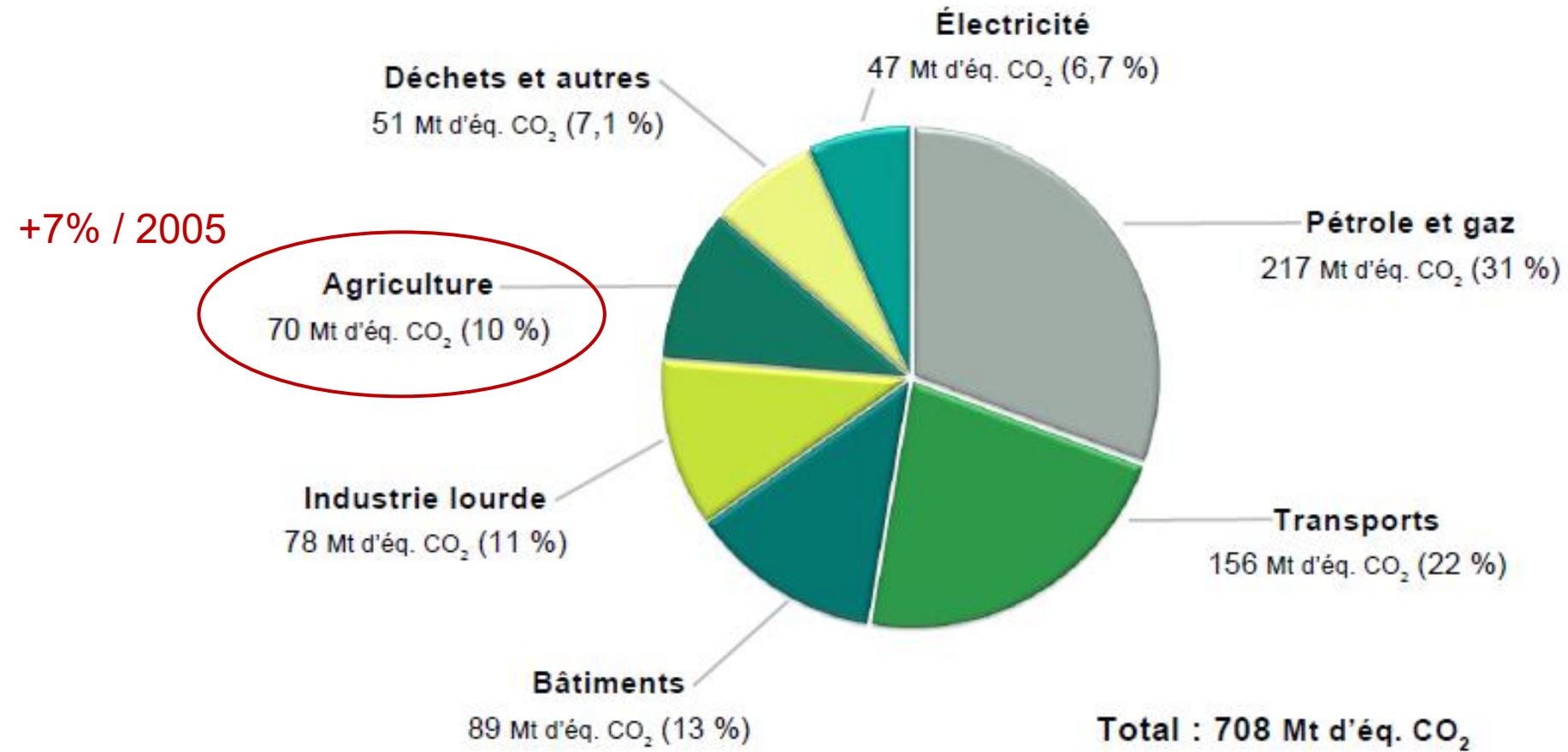
Stéphanie Mathieu, agr., MAPAQ

Sylvie Thibaudeau, agr., M.Sc., Terre à Terre agronomes conseils

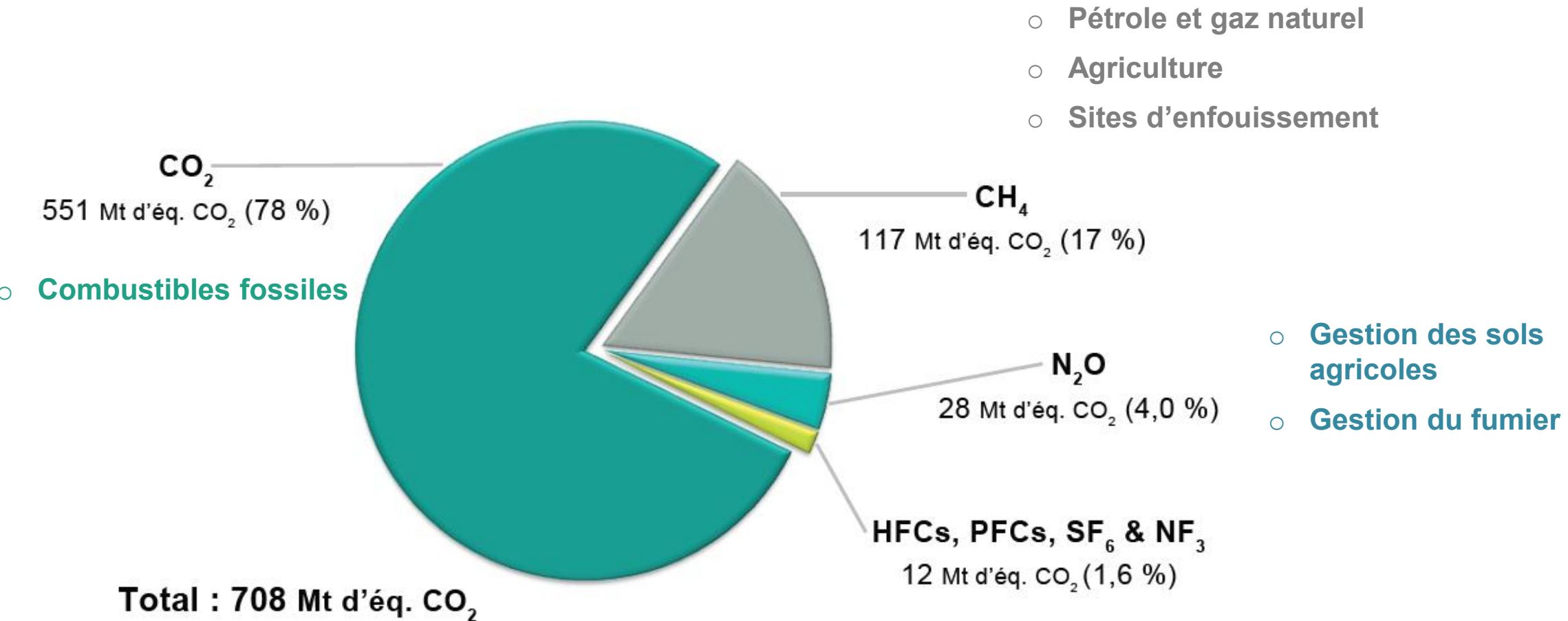
Ce projet a été réalisé grâce au soutien financier du gouvernement du Québec dans le cadre du programme d'appui à la lutte contre les changements climatiques dans le secteur bioalimentaire, qui découle du Plan pour une économie verte 2030, et cofinancé par les Producteurs de grains du Québec. www.quebec.ca/gouv/politiques-orientations/plan-economie-verte/



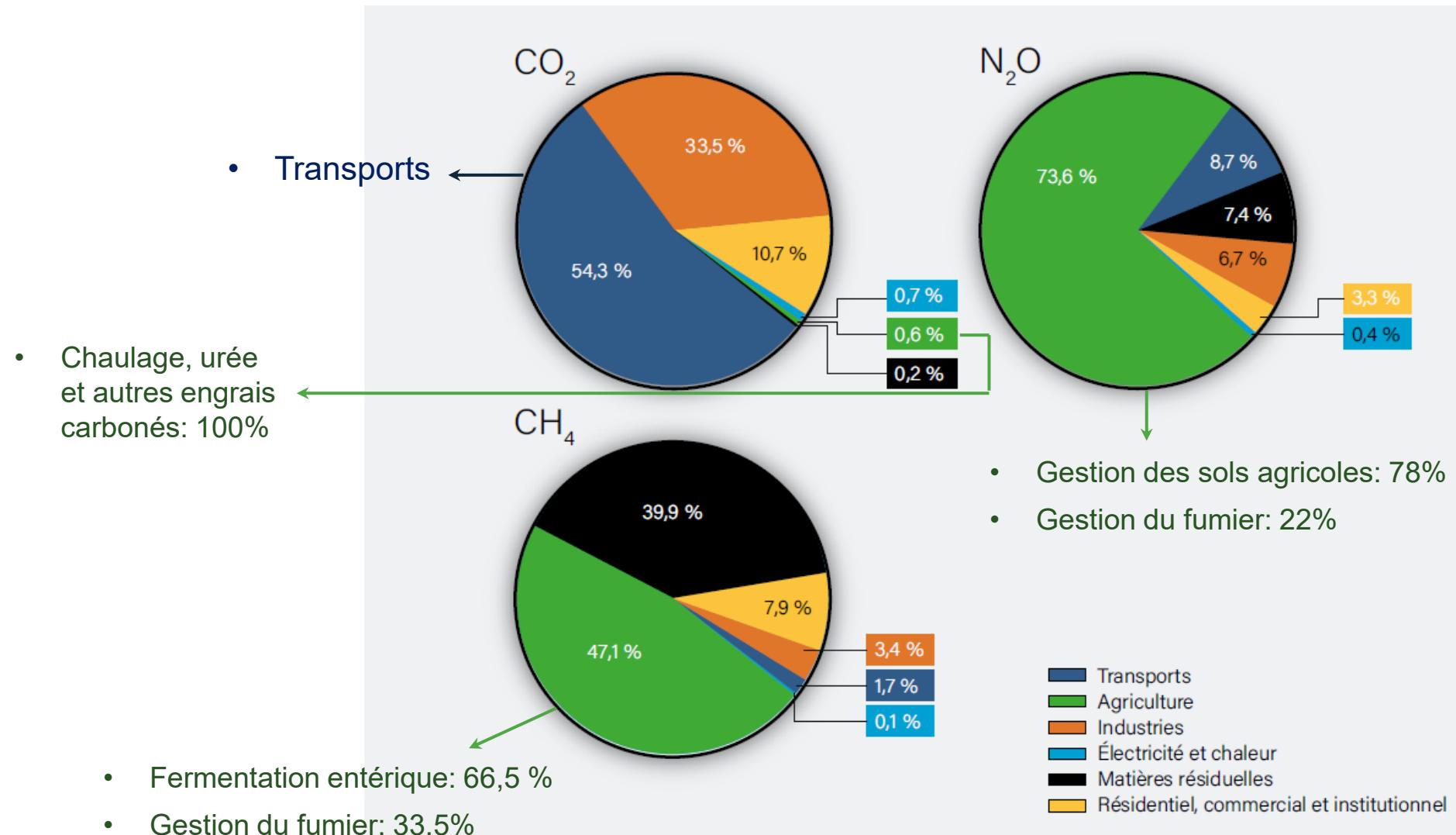
Répartition des émissions de gaz à effet de serre (GES) du Canada par secteur économique en 2022



Ventilation des émissions du Canada par GES en 2022

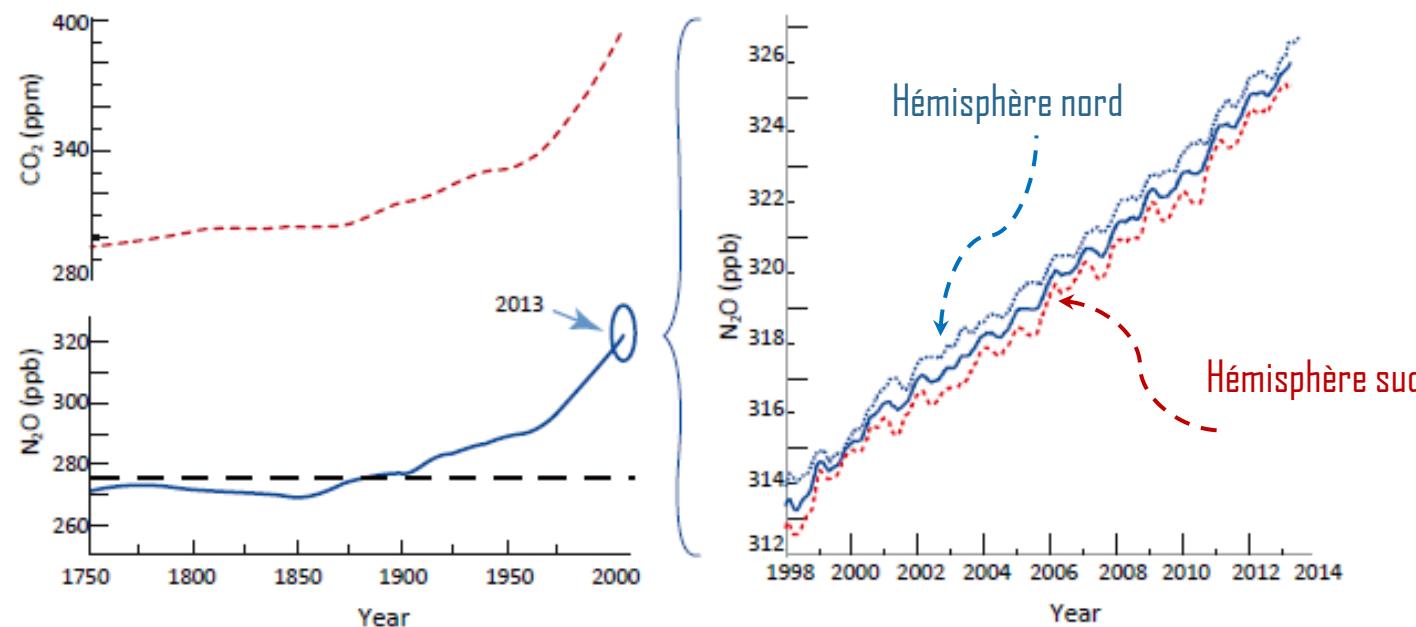


Répartition des émissions de GES au Québec par secteur d'activité en 2022



Pourquoi on s'intéresse au protoxyde d'azote (N_2O) ?

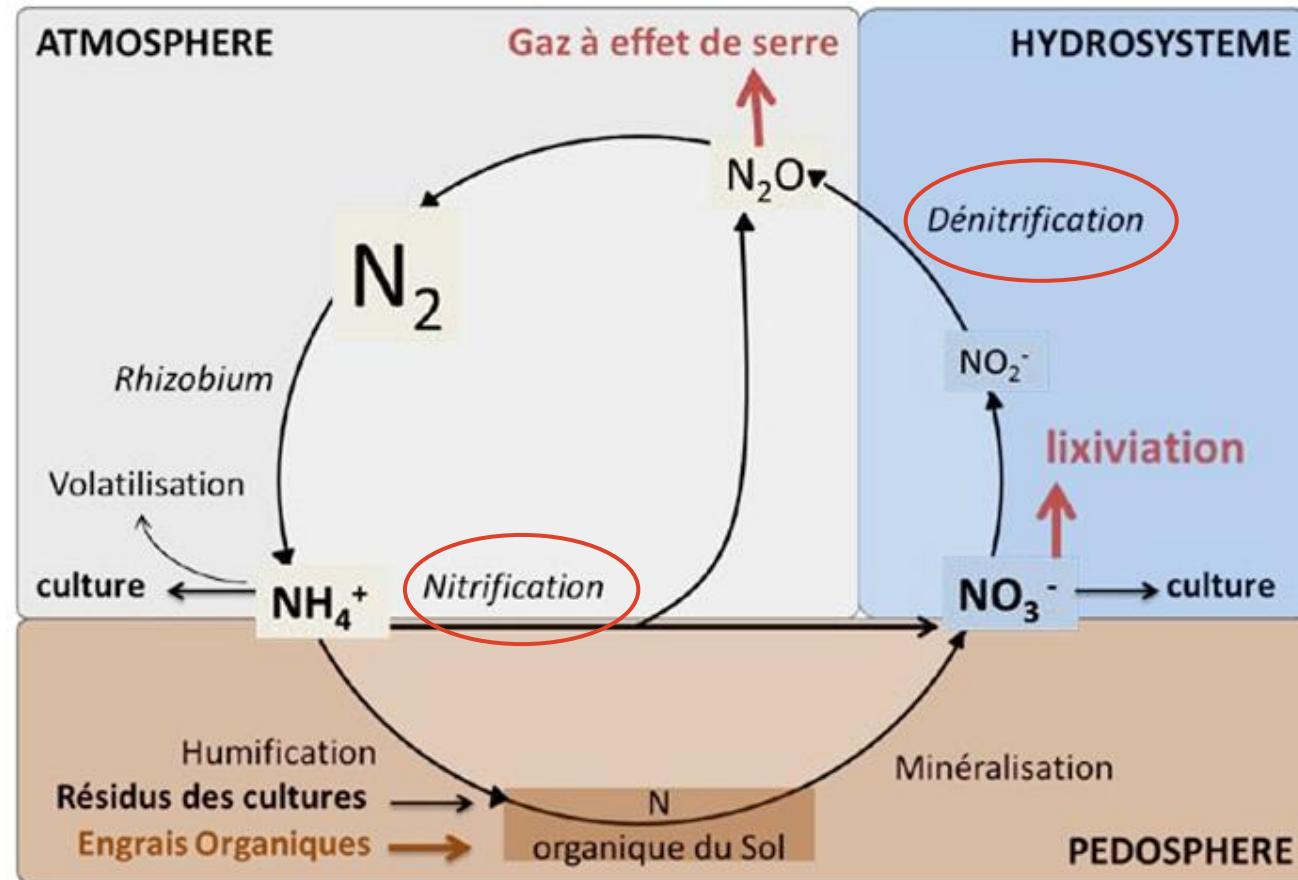
- Son potentiel de réchauffement planétaire (PRP) par rapport au CO_2 (PRP = 1) est :
 - ✓ **265** selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2013)
 - ✓ **298** selon la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC, 2014)
- Le gaz le plus responsable de la destruction de la couche d'ozone



Évolution de la concentration du N_2O dans l'atmosphère (UNEP, 2013)

- ✓ Au Québec, les émissions de N_2O sont en hausse de 4,6 % (0,2 Mt éq. CO_2) par rapport à 1990, dont une hausse de 0,7 Mt éq. CO_2 est due à l'agriculture
- ✓ Les émissions peuvent être doublées d'ici 2050

Comment est produit le N₂O en milieu agricole ?



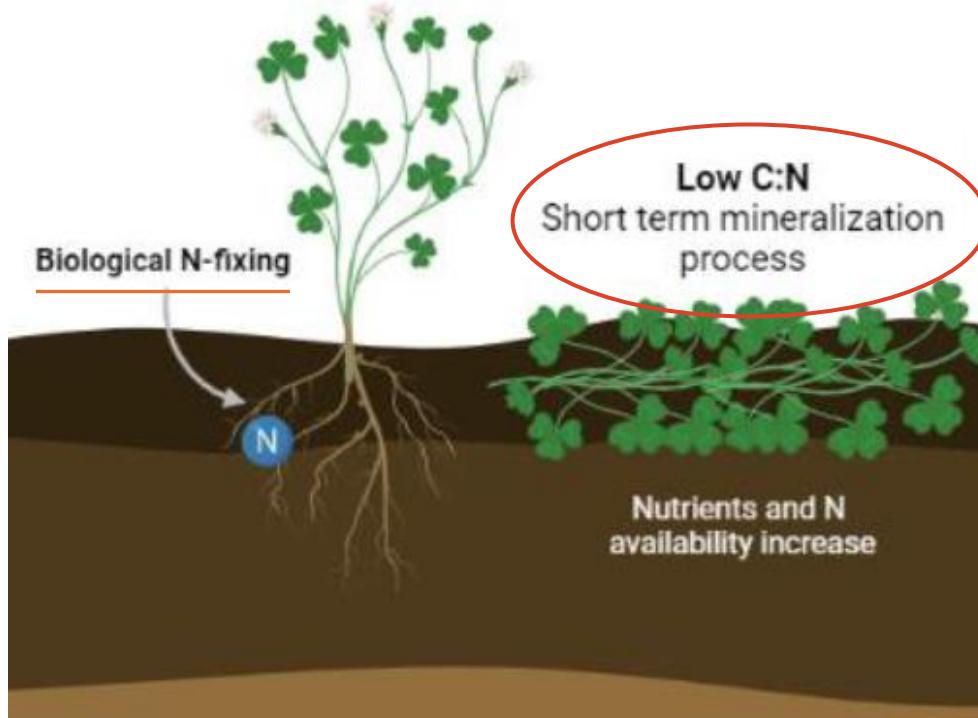
Cycle de l'azote (N) dans les sols agricoles en régie biologique

Facteurs favorisant la dénitrification:

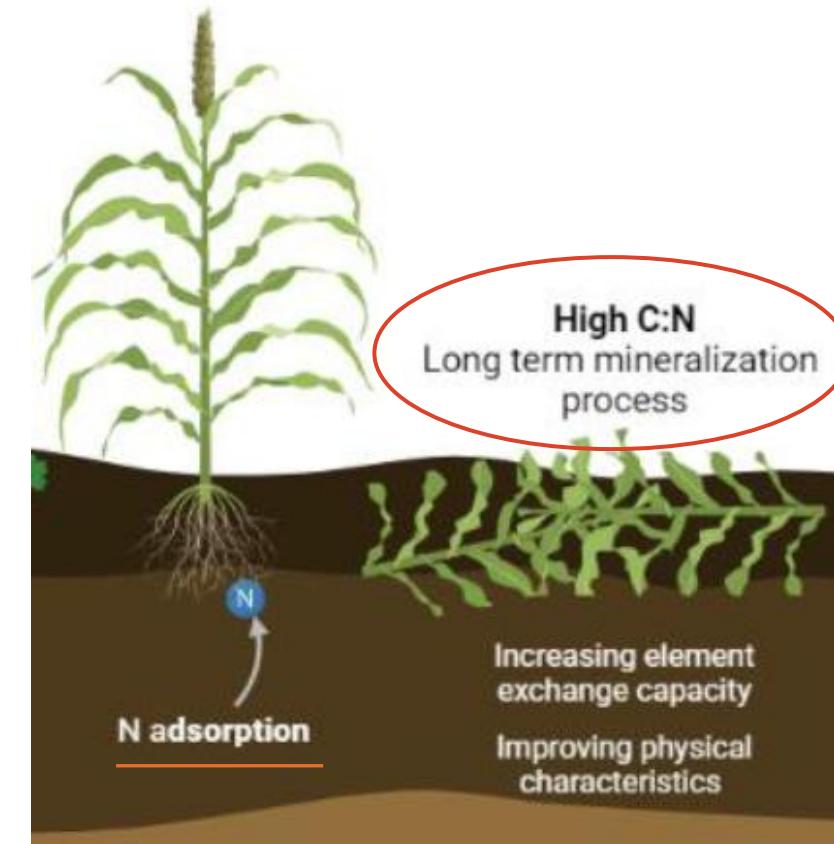
- Humidité du sol ↑
- Température du sol optimale
- Oxygène dans le sol ↓
- Concentration de NO_3^- ↑
- Bactéries dénitrifiantes
- Matière organique

Cultures de couverture (CC) et cycle d'azote (N)

Cas de légumineuses



Cas de graminées



Rôle des cultures de couverture dans le cycle d'azote dans un écosystème agricole (Quintarelli et al. 2022)

Recensement des études évaluant l'impact des CC sur les émissions de N₂O

➤ Contact des intervenants dans le secteur agricole, dont les grandes cultures et les cultures maraîchères :

- Au Québec: Université Laval, Université McGill, AAC, MAPAQ, CETAB+, IRDA, Agrinova, UPA, Association des producteurs maraîchers du Québec (APMQ), Consortium de recherche sur la pomme de terre du Québec (CRPTQ)
- Autres régions en climat tempéré humide: AAC, Université de Guelph, Producteurs de grains de l'Ontario, University of Illinois (ÉU)

➤ Bases de données : Academic Search Premier, Agri-Réseau, Agris (FAO), AgroParis Tech, CAB Abstracts, National Agricultural Library, National Agricultural Library Digital Collections, Open Access Theses and Dissertations, PubAg, PubMed, ScienceDirect, JSTOR, CABI Digital Library, Google scholar, Web of Science et Omni

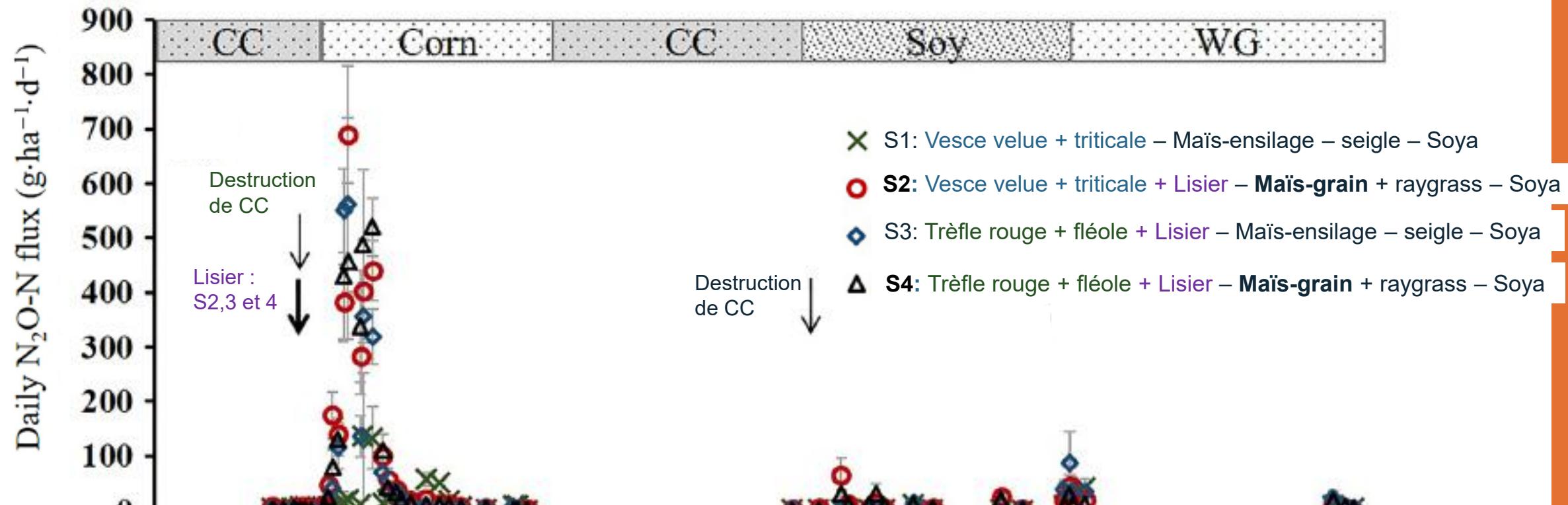
➤ Principaux mots-clés utilisés : culture de couverture (cover crops, catch crops), engrais vert (green manures), protoxyde d'azote, gaz à effet de serre, grandes cultures, cultures maraîchères, horticulture, Québec, climat tempéré humide.

Portrait des études réalisées au Québec sur l'impact des CC sur les émissions de N₂O

Référence	Période de l'essai	Région	Texture de sol	Cultures commerciales	Famille de CC	Système d'implantation de CC	Travail du sol	Type de fertilisation	Dose totale d'azote (kg/ha)	Période de mesure	N ₂ O cumulatif (g/ha)
Gagné et al. 2025	2022- 2023	Saint-Augustin-de-Desmaures	Loam sableux, loam-argileux	Maïs-grain (avec 2 espacements : 30 ou 60 po), soya	Graminée, mélange de 6 ou de 3 espèces de CC	Intercalaires	Réduit	Minérale	170	Été - automne (mai/ juin – fin octobre)	800 - 4500
AAC, 2023	2021- 2022	Lac Saint-Pierre	Textures variées	Maïs-grain	Légumineuse, graminée, mélange multi-espèces	En dérobée	-	Minérale	0 - 220	ND*	ND
D'Amours et al. 2023	2019-2020	Victoriaville	Loam sableux	Maïs, orge, soya, blé de printemps	Légumineuse	En dérobée	Labour conventionnel ou réduit	Organique	0 - 200	Printemps - automne (fin d'avril/ fin d'octobre/ début novembre)	470 - 3550
Hung et al. 2021	2018-2019	Ste-Anne-de-Bellevue	Loam sableux	Blé de printemps, orge	Graminée, légumineuse	En dérobée	Réduit	Organique	0 - 210	Printemps (mois d'avril)	0,17 - 12,64
Whalen et al. 2025**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*ND : non déterminé

**Étude en cours de réalisation, les informations ne sont pas disponibles au moment de la rédaction de ce rapport

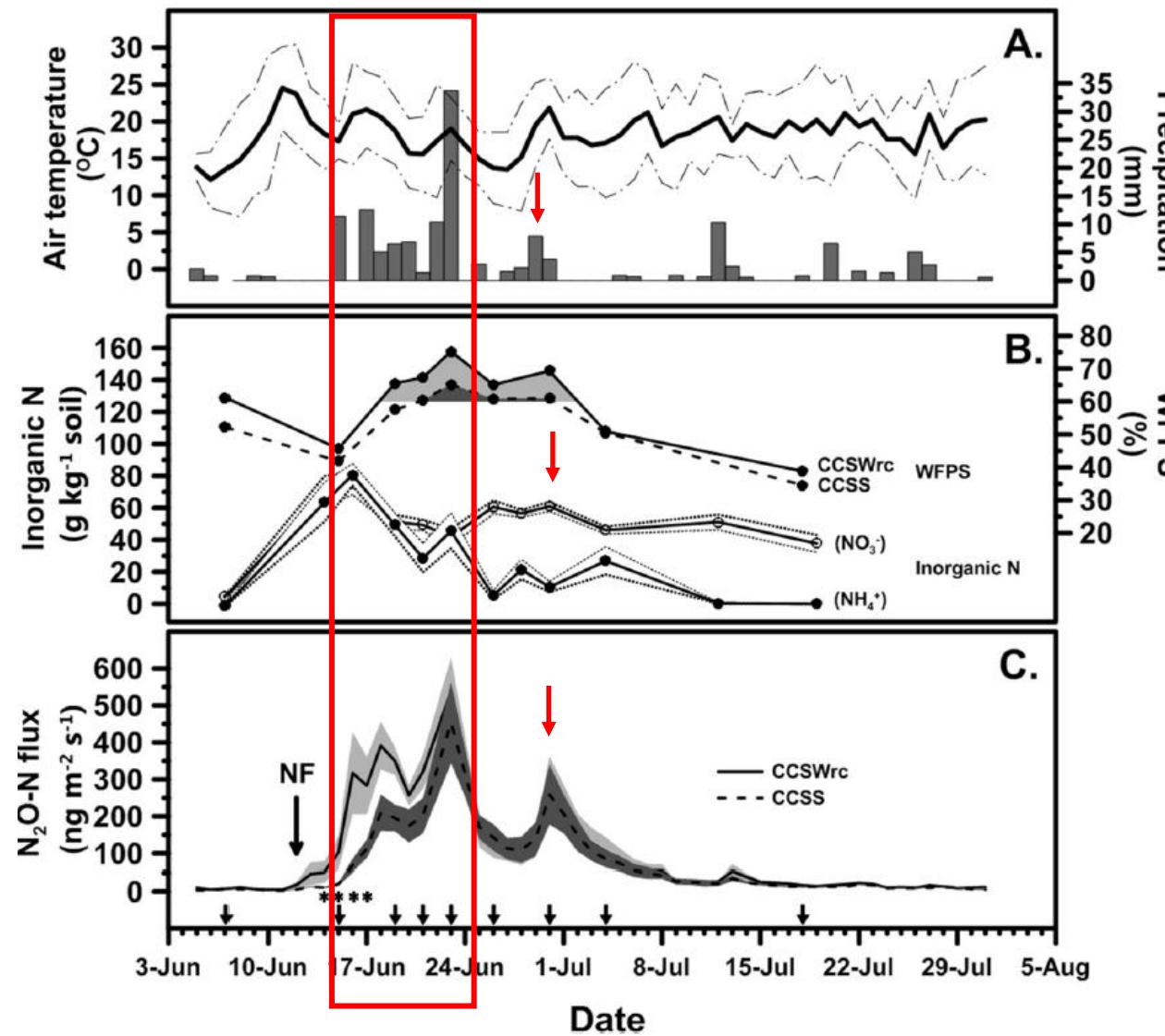


Flux journaliers de N_2O mesurés dans des rotations de grandes cultures intégrants des cultures de couverture

+C, +N: légumineuse &
lisier → $\uparrow \text{N}_2\text{O}$



Optimiser la dose et le moment
d'application de l'engrais organique



- Essai de longue durée: des rotations de 35 ans
 - R1: Maïs-grain – Maïs-grain – Soya – Soya
 - R2: Maïs-grain – Maïs-grain – Soya – Blé + trèfle rouge
 - Urée injecté au stade V6 à 150 kg N/ha
- Total d'unités d'N/rotation:
 - 332 kg N/ha dans R1
 - 434 kg N/ha dans R2
- Mesure de N_2O à la 2^{ème} année du Maïs

Optimiser les apports d'N dans les rotations intégrant des légumineuses afin de réduire les émissions de N_2O

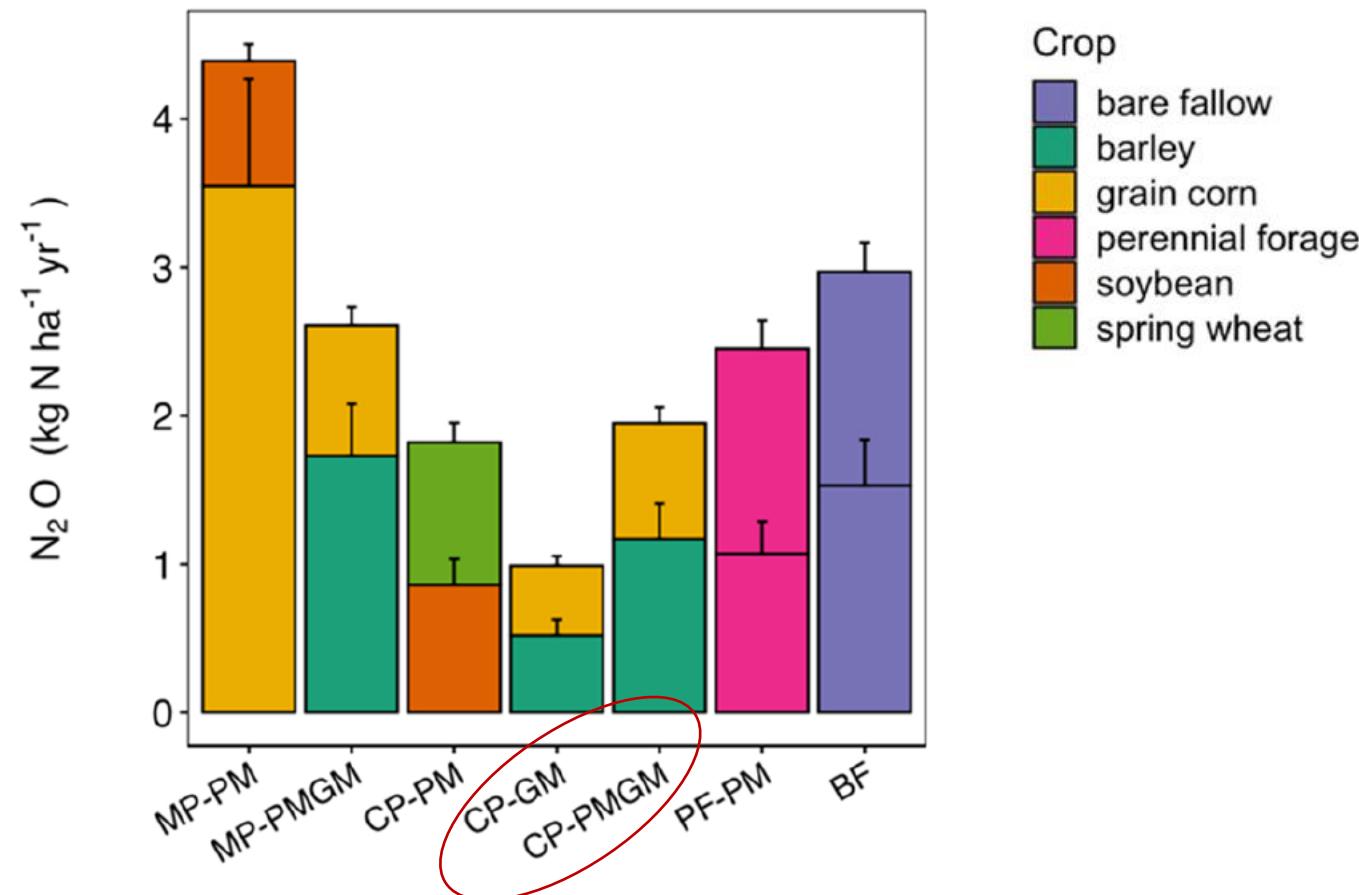
CP-GM: Orge - Pois en dérobée (2019) -- Maïs-grain + trèfle rouge en intercalaire (2020)

N-CC = 87 kg N/ha

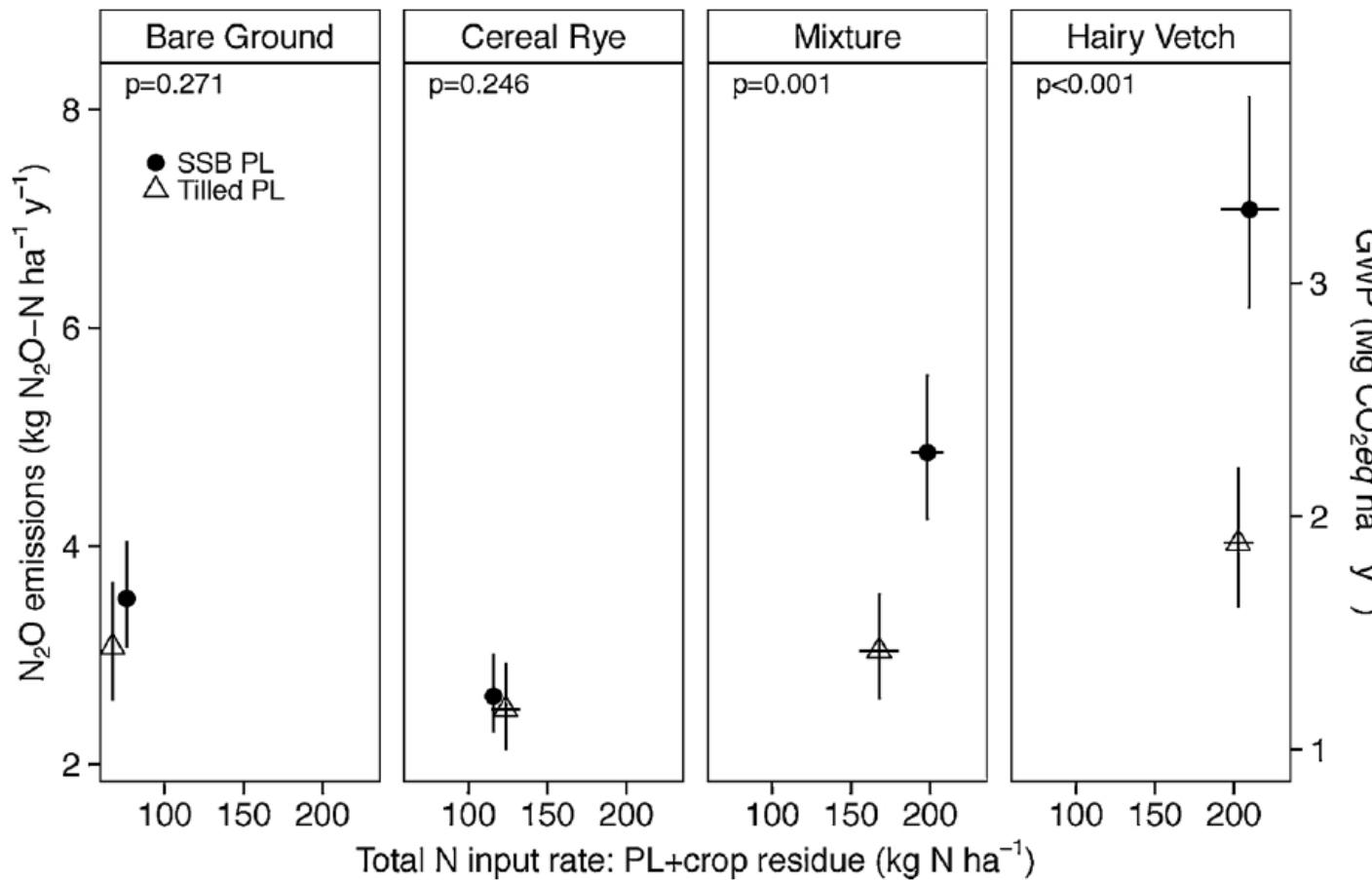
CP-PMGM: Orge - Pois en dérobée (2019) -- Maïs-grain + trèfle rouge en intercalaire (2020)
avec fumier de poule au printemps de chaque année

N-CC = 85 kg N/ha

N-Fumier = 195 kg N/ha



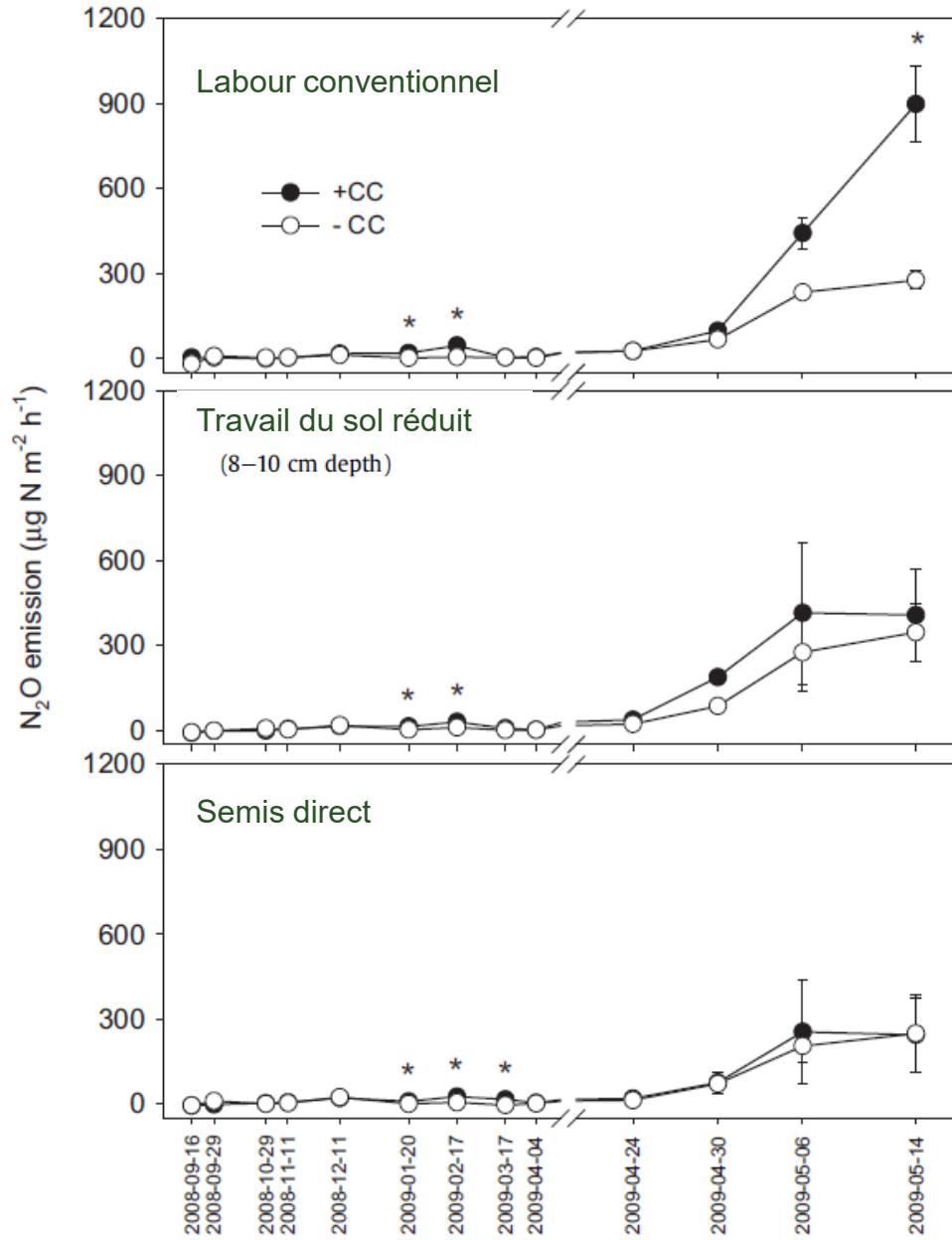
+40% de N_2O
durant la saison
de croissance du
maïs



- ❖ Les émissions de N_2O ont augmenté en fonction des apports d'azote provenant du fumier et des résidus de CC
- Interaction significative entre l'espèce de CC et le mode d'application du fumier

Application du fumier en bande + résidus de légumineuse N_2O

Émissions cumulatives moyennes de N_2O selon l'espèce de CC (en dérobée) et le mode d'application du fumier de poule dans le maïs-grain (Davis et al., 2019)



Rotation: Orge de printemps – Radis fourrager en dérobée +
Lisier au printemps – Orge de printemps

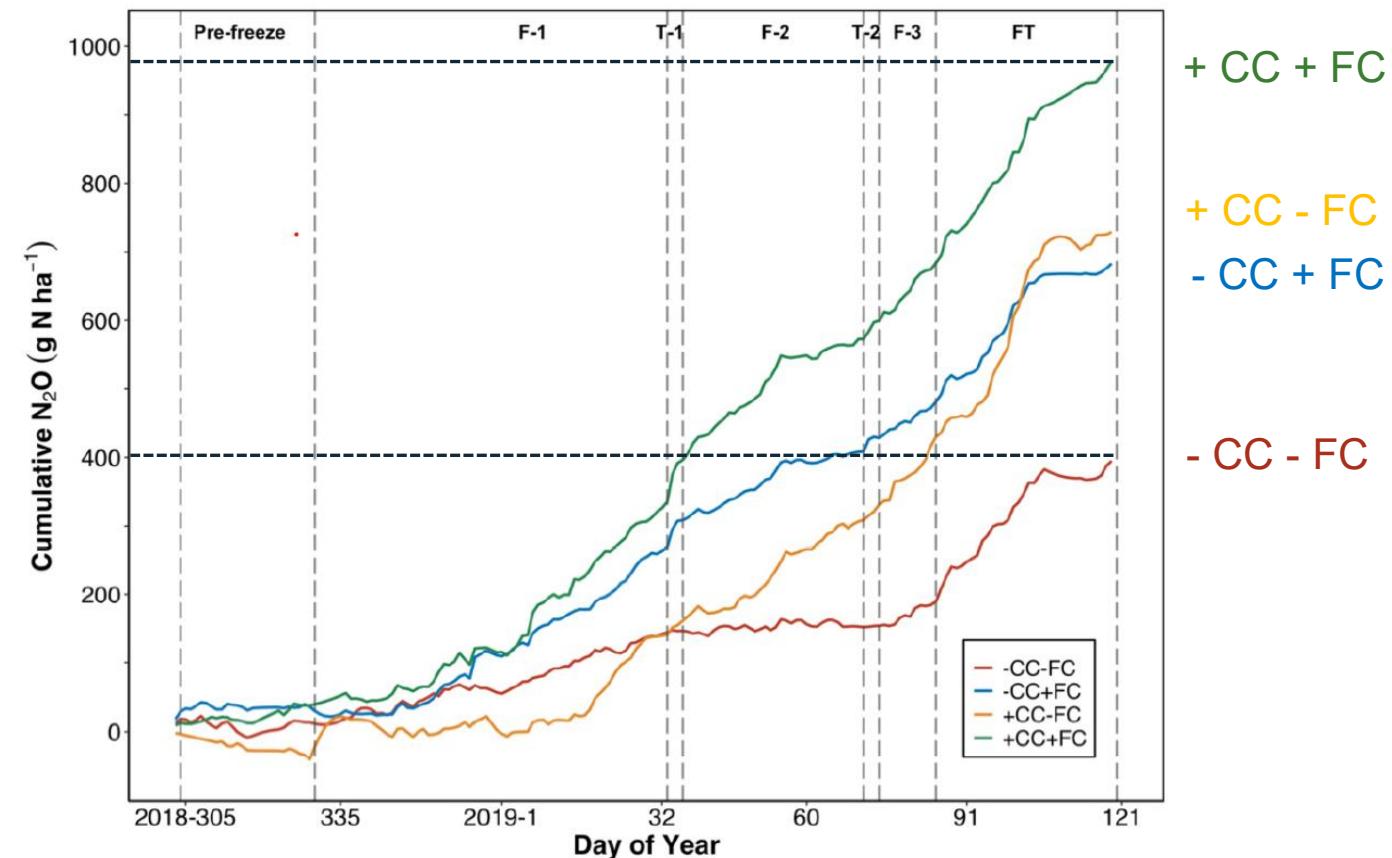
- ❖ Les résidus de CC intégrée en dérobée ont stimulé les émissions de N_2O au printemps suivant, spécifiquement avec le labour conventionnel
- ❖ Le travail réduit du sol est la meilleure pratique favorable à la réduction des émissions directes de N_2O au printemps dans ce contexte

Flux des émissions de N_2O avec (+CC) ou sans (-CC) culture de couverture (radis fourrager) entre septembre 2008 et mai 2009 par type du travail du sol (Peterson et al., 2011)

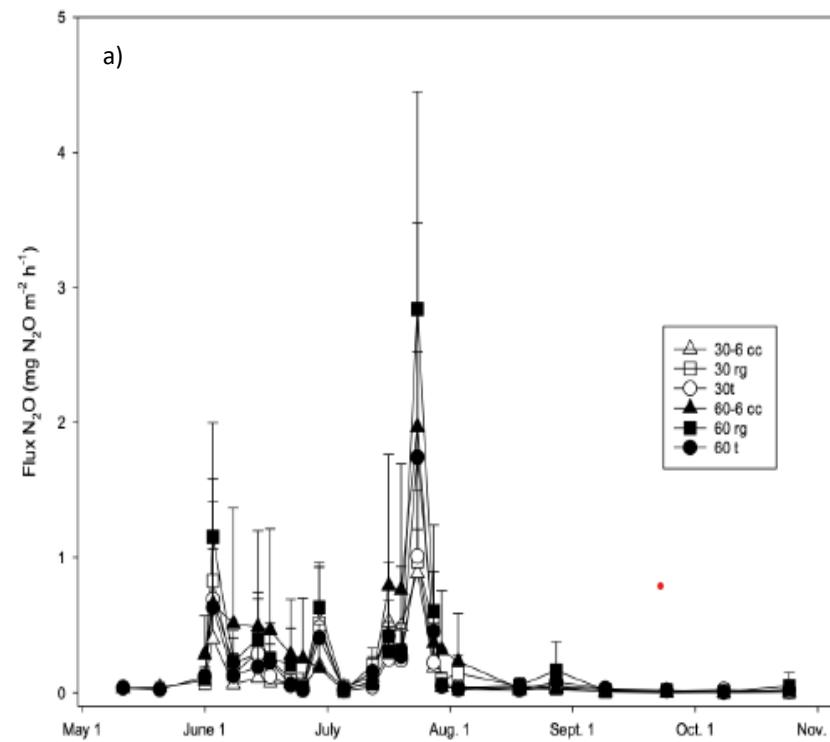
- CC: Trèfle incarnat + raygrass anglais
En intercalaire avec du maïs-grain
Enfoui / non enfoui à l'automne

- N₂O: Mesuré du novembre en avril

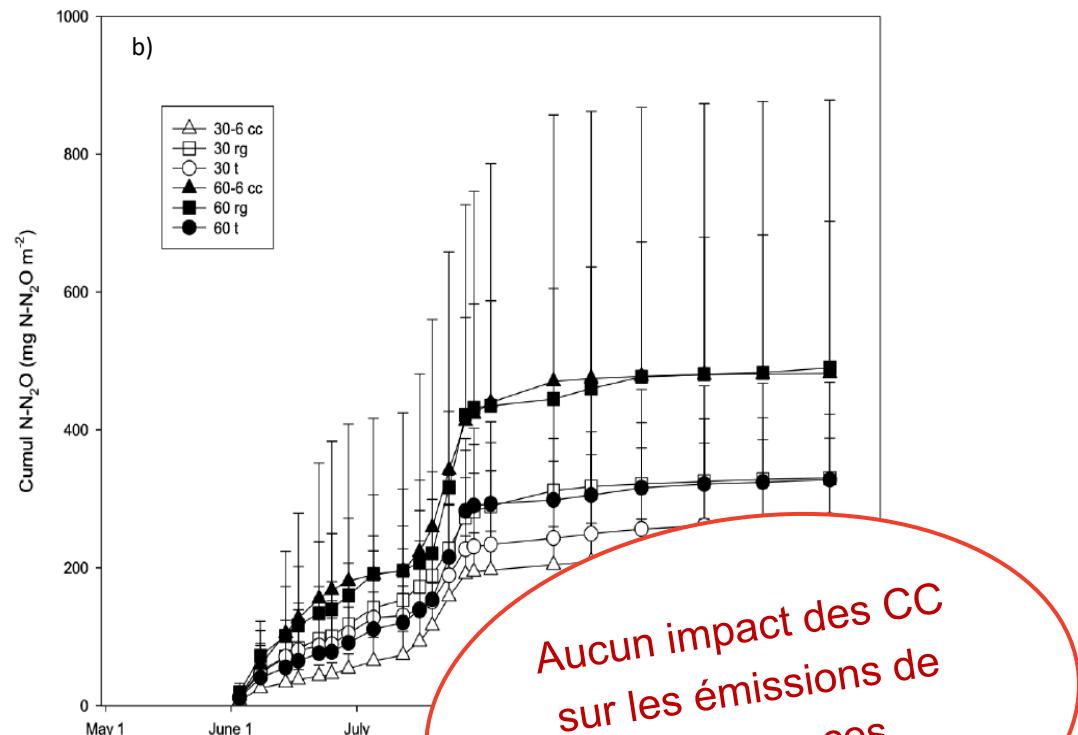
- ✓ La minéralisation de la biomasse du trèfle pendant la période du dégel aurait stimulé la production de N₂O
- ✓ Des fortes concentrations de nitrates ont été mesurées dans les 15 premiers centimètres du sol pendant cette période



Émissions cumulatives de N₂O mesurées à partir des traitements incluant (+CC) ou non des cultures de couverture (-CC) et enfouies (+FC) ou non (-FC)
(Gao et al., 2023)



Flux (a) et émissions cumulées (b) de N_2O mesurées dans le maïs-grain entre mai et novembre pour différentes espèces de cultures de couverture (CC) intercalaires et 2 espacements grain (Gagné et al., 2025)



Aucun impact des CC
sur les émissions de
 N_2O dans ces
conditions

Espacement entre rangs : * **30** : 30 pouces (76 cm); * **60** : 60 pouces (152 cm)

CC: * **30-6 cc** : mélange de 6CC avec 30 pouces, $\text{N}_2\text{O}_{\text{cum}} = 216 \text{ mg/m}^2$

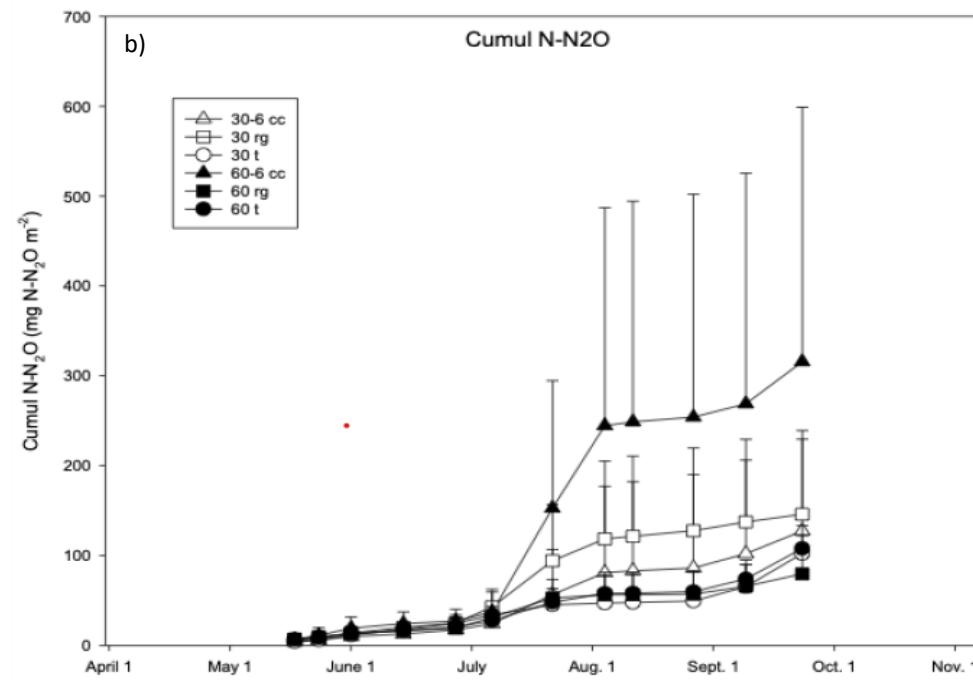
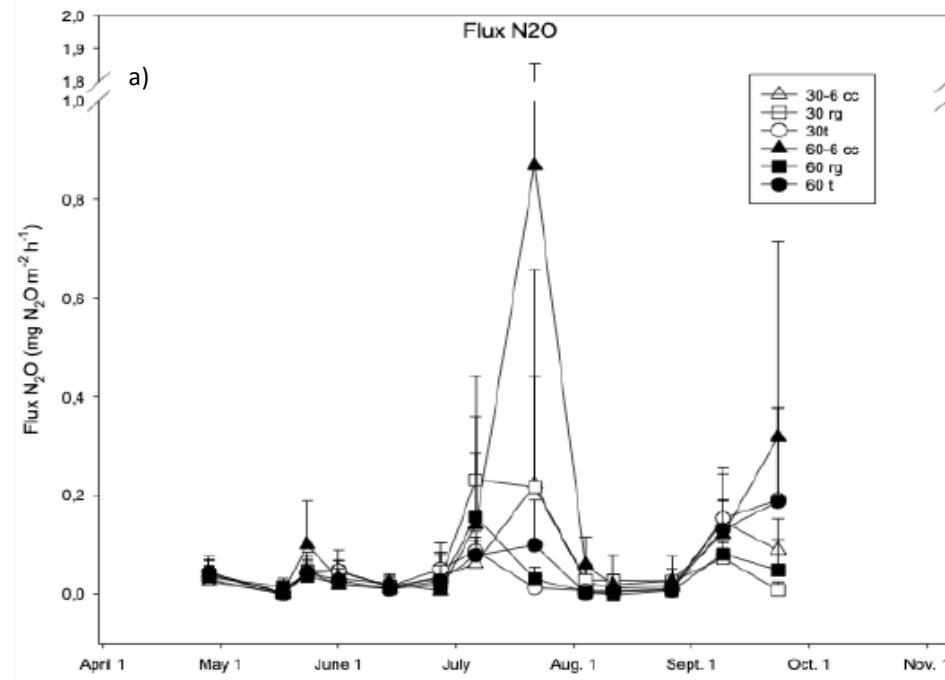
* **30-rg** : raygrass avec 30 pouces, $\text{N}_2\text{O}_{\text{cum}} = 330 \text{ mg/m}^2$

* **30t** : aucune CC avec 30 pouces, $\text{N}_2\text{O}_{\text{cum}} = 268 \text{ mg/m}^2$

* **60-6 cc** : mélange de 6CC avec 60 pouces, $\text{N}_2\text{O}_{\text{cum}} = 482 \text{ mg/m}^2$

* **60-rg** : raygrass avec 60 pouces, $\text{N}_2\text{O}_{\text{cum}} = 490 \text{ mg/m}^2$

* **60t** : aucune CC avec 60 pouces, $\text{N}_2\text{O}_{\text{cum}} = 328 \text{ mg/m}^2$



Flux (a) et émissions cumulées (b) de N_2O mesurées dans le **soya** entre mai et octobre 2023 sur un sol loam-sableux pour différentes espèces de cultures de couverture (CC) intercalaires et 2 précédents d'espacements d'entre-rangs de maïs-grain (Gagné et al., 2025)

CC: * **30-3 cc** : mélange de 3CC avec 30 pouces, $\text{N}_2\text{O}_{\text{cum}} = 127 \text{ mg/m}^2$

* **30-rg** : raygrass avec 30 pouces, $\text{N}_2\text{O}_{\text{cum}} = 146 \text{ mg/m}^2$

* **30t** : aucune CC avec 30 pouces, $\text{N}_2\text{O}_{\text{cum}} = 102 \text{ mg/m}^2$

* **60-3 cc** : mélange de 3CC avec 60 pouces, $\text{N}_2\text{O}_{\text{cum}} = 316 \text{ mg/m}^2$

* **60-rg** : raygrass avec 60 pouces, $\text{N}_2\text{O}_{\text{cum}} = 80 \text{ mg/m}^2$

* **60t** : aucune CC avec 60 pouces, $\text{N}_2\text{O}_{\text{cum}} = 108 \text{ mg/m}^2$

Conclusion :

