

CHERCHEURS

- Richard Hogue, Ph.D. biologiste, IRDA, responsable scientifique du projet, coordination du travail, analyse des résultats, rédaction du rapport et diffusion des résultats.
- Marc Lucotte, Ph.D., UQAM, coordination des analyses en lien avec le glyphosate et l'AMPA, analyse des résultats, rédaction de rapports et diffusion des résultats.

ÉQUIPE DE COMPILATION DES RÉSULTATS

- Joël D'Astous- Pagé, M.Sc., professionnel de recherche, IRDA.
- Thomas Jeanne, M.Sc. professionnel de recherche, IRDA.
- William Overbeek, Étudiant 3e cycle, UQAM.
- Mathieu Moingt, Ph.D., agent de recherche et professeur associé, UQAM

PARTENAIRES

Huit entreprises agricoles localisées dans les régions de la Montérégie-Est et du Centre du Québec.

SOURCE D'INFORMATION

Les lecteurs qui souhaitent obtenir plus d'information sur le projet peuvent s'adresser à :

Richard Hogue

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8

Téléphone : 418 643-2380, poste 420

Courriel : richard.hogue@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada. Nous remercions également tous les producteurs agricoles qui ont participé au projet

La Fiche synthèse du projet sera disponible au printemps 2023 sur le site du MAPAQ à l'adresse suivante:

[MAPAQ - Projets de recherche et développement \(R-D\) et d'innovation soutenus par les programmes \(gouv.qc.ca\)](https://www.mapaq.gouv.qc.ca/Projets-de-recherche-et-developpement-(R-D)-et-d-innovation-soutenus-par-les-programmes)

Cultivons l'avenir 2
Une initiative fédérale-provinciale-territoriale

Canada

Québec

PROGRAMME
**INNOV'
ACTION**
AGROALIMENTAIRE

irda INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
EN AGROENVIRONNEMENT

UQÀM
Université du Québec à Montréal

PROBLÉMATIQUE ET SOLUTION PROPOSÉE

La régie du semis direct de plus en plus répandue dans les grandes cultures au Québec s'accompagne le plus souvent de l'utilisation soutenue d'herbicides à base de glyphosate (HBG). Mais la compaction des sols et la difficulté croissante d'éliminer les mauvaises herbes causent une réduction de la santé des sols et des rendements. Le glyphosate et son principal dérivé de dégradation l'acide aminométhylphosphonique (AMPA) posent un risque de contamination des sols et des cours d'eau. Des stratégies prometteuses d'atténuation de la dégradation des sols et des impacts des HBG se basent sur l'usage de cultures intercalaires ou des plantes de couverture pour réduire la pression des mauvaises herbes, restaurer la diversité biologique des sols et accroître la santé des sols. Mais, les connaissances actuelles ne peuvent prédire l'impact de ces stratégies selon les caractéristiques des sols traités et leur historique de systèmes culturaux et de pratiques agronomiques.

Le programme Innov'Action a financé, entre 2019 et 2022, le projet *Stratégies d'atténuation de la dégradation des sols de grandes cultures en semis direct qui ciblent une réduction des applications d'herbicides et l'augmentation de la qualité des sols et des rendements* (IA119049). Ce projet visait à quantifier l'impact des régies d'atténuation en combinant aux indicateurs actuels de la qualité des sols, la mesure des teneurs en glyphosate et en AMPA du sol et celle de la diversité (richesse, composition et fonctions) des microorganismes du sol à l'aide des analyses du microbiome des sols. Le but de ce projet vise à développer un modèle prédictif et quantitatif des impacts des régies d'atténuation. Cela pour aider les producteurs à sélectionner la stratégie optimale pour réduire les applications d'herbicides et la compaction du sol et pour accroître le contrôle des mauvaises herbes et la diversité microbienne bénéfique aux sols et au rendement des cultures.

Le projet a regroupé l'équipe de recherche du Laboratoire d'écologie microbienne de l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) dirigée par Dr Richard Hogue et celle du professeur Marc Lucotte du Département des sciences de la Terre et de l'atmosphère de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), de même que la précieuse collaboration de huit entreprises agricoles localisées dans les régions de la Montérégie-Est et du Centre du Québec.

MÉTHODOLOGIE UTILISÉE

Les sites cultivés en semis direct ont été sélectionnés pour obtenir une gamme de systèmes de deux à trois cultures en rotation intégrant ou non des cultures de couverture (CC), quatre niveaux d'intensité du travail de sol, trois types de fertilisation et quatre taux d'application cumulée de HBG. (Figure 1). Les sites ont été échantillonnés pour les années 2019 en maïs et 2020 en soya. Les producteurs ont été consultés pour recueillir leur historique de système et de pratiques de culture. Le rendement et l'indice de végétalisation NDVI liés aux sites de prélèvement ont été mesurés. Plusieurs paramètres ont été évalués pour deux horizons de sol (0-20 cm et 20-40 cm) : *Biochimiques* : Teneurs en glyphosate et en AMPA ; *Chimiques* : pH, ISP, C et N total, macro et micro-éléments ; *Physiques* : granulométrie, texture. Les *Analyses du microbiome* des horizons de sol ont permis de mesurer : la quantité de bactéries et de champignons, les indices de diversité et de composition des communautés des bactéries, des champignons et de la microfaune, le potentiel fonctionnel de la diversité microbienne lié aux

métabolismes du carbone, de l'azote et du soufre et finalement, le potentiel fonctionnel associé aux gènes microbiens impliqués dans la dégradation du glyphosate.

FAITS SAILLANTS DU PROJET

Ce projet a accru nos connaissances de l'impact des systèmes de grandes cultures et des pratiques agricoles en semis direct sur des variables agronomiques et des propriétés physico-chimiques et biologiques des sols. L'analyse de séquençage haut débit de la diversité, en richesse et en composition, des communautés bactériennes, fongiques et microfauniques a démontré un grand potentiel d'utiliser la composition pour déterminer des indices de balance d'espèces microbiennes et pour sélectionner des indices de fonctions microbiennes. Ces indices facilitent l'interprétation des effets des systèmes culturaux et des pratiques agricoles sur les variables agronomiques et les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols.

Les doses d'herbicide à base de glyphosate (HBG) appliquées ne se sont pas avérées proportionnelles aux teneurs de glyphosate et de son dérivé AMPA détectées dans les sols (Figure 2). Le glyphosate se dissipait rapidement dans l'horizon 0-5cm du sol dans les 28 jours suivant l'application. Un modèle d'interprétation de la gamme des valeurs de 13 indices calculés à partir des variables mesurées a permis d'ordonner les sites cultivés en grandes cultures selon l'efficacité des systèmes culturaux et des pratiques à atténuer la dégradation des sols, à augmenter la productivité des cultures et à réduire les teneurs en glyphosate et AMPA dans les sols.

Les résultats du projet ont ainsi permis le développement d'un modèle quantitatif d'interprétation qui aidera les producteurs de grains à sélectionner des régies d'atténuations et à interpréter leurs effets pour viser une exploitation favorable à la santé des sols et profitable aux systèmes culturaux de leur entreprise.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR LE SECTEUR DES GRANDES CULTURES

Dans ce projet, nous avons utilisé des données observationnelles chez les producteurs pour calculer des indices de balance d'espèces microbiennes et de fonctions microbiennes. Ces nouveaux indices s'ajoutent aux variables indicatrices utilisées pour développer des outils d'aide à la décision pour les producteurs ce qui démontre l'utilité des données issues du microbiome des sols. Nous visons à accroître les contextes pédoclimatiques et à impliquer un plus grand nombre de producteurs en grandes cultures. L'accompagnement des utilisateurs par un suivi analytique entre l'état initial du sol et l'état observé à chaque cycle du système de cultures promeut le processus d'implantation d'une pratique agricole d'atténuation. L'obtention de ces données références d'une vaste gamme de sols améliorerait la qualité des outils d'aide à la décision. Le Laboratoire d'écologie microbienne de l'IRDA vise à recruter des producteurs et des agronomes-conseils désireux d'en apprendre davantage sur l'impact de leurs systèmes culturaux et de leurs pratiques sur la biologie et la santé de leur sol. Ainsi ils obtiendront des informations essentielles à leur processus de décisions concernant les pratiques à adopter pour leurs cultures

PRINCIPAUX RÉSULTATS

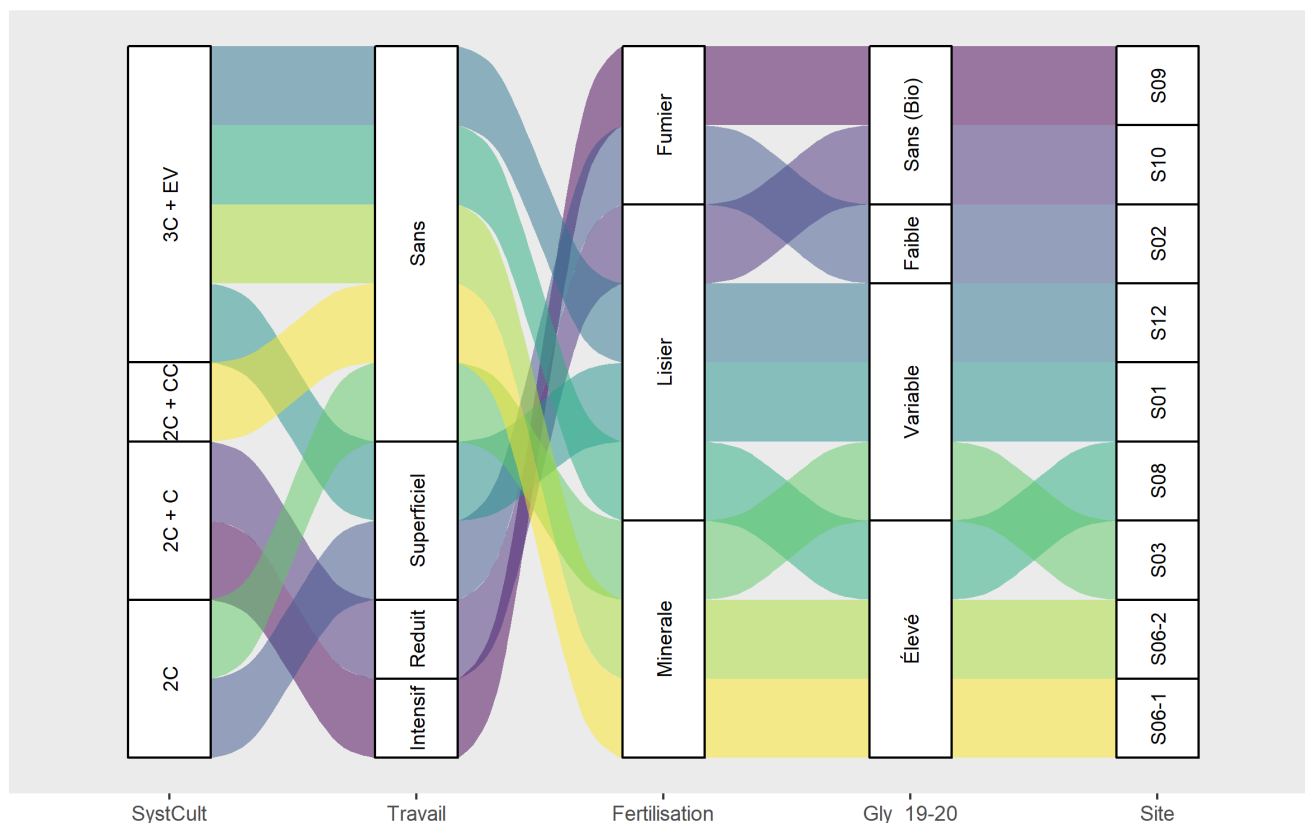


Figure 1. Diagramme fluvial permettant d'ordonner les sites sélectionnés selon la gamme des régies de culture appliquées : Les systèmes culturaux (SystCult), l'intensité du travail de sol, le type de fertilisation et selon l'historique des taux d'application de glyphosate en 2019 et 2020 (Gly_19-20). CC=culture de couverture; EV=engrais vert.

Le groupe 1 représente les sites (S09 et S10) avec un système de culture en régie biologique (2C+C) ayant à la base une rotation maïs-soya et, en troisième année, une céréale avec trèfle intercalaire. Le travail mécanique des sols est fréquent, il y a utilisation de fertilisants organiques et aucune application d'HBG. Le groupe 2 représente le site (S02) en rotation maïs-soya (2C) et les sites (S12, S01) en cycles maïs-soya et, à tous les deux cycles suivant le soya, un mélange céréales, radis fourrager et pois en engrais vert (3C+EV). Il n'y a aucun travail du sol ou un travail superficiel, une fertilisation organique et avec moins de 2.75 kg/ha de glyphosate en cumul d'applications en trois ans (S2) ou en cumul variable de moins ou de plus de 2.75 kg/ha (S01 et S12). Le groupe 3 représente quatre sites ayant des rotations simples à complexes, soit le site (S03) avec une rotation de base maïs-soya (2C), le site (S06-1) en maïs-soya et après la récolte une couverture de seigle l'automne est implantée (2C+CC), et les deux sites (S06-2 et S08) cultivés en système cultural 3C+EV. Les sites du groupe 3 sont en régie de fertilisation minérale exclusivement sauf le site S08 qui reçoit du lisier. Le cumul des applications d'HBG en trois ans est variable (S03) ou toujours de plus 2.75 kg/ha de glyphosate (S06-1, S06-2 et S08).

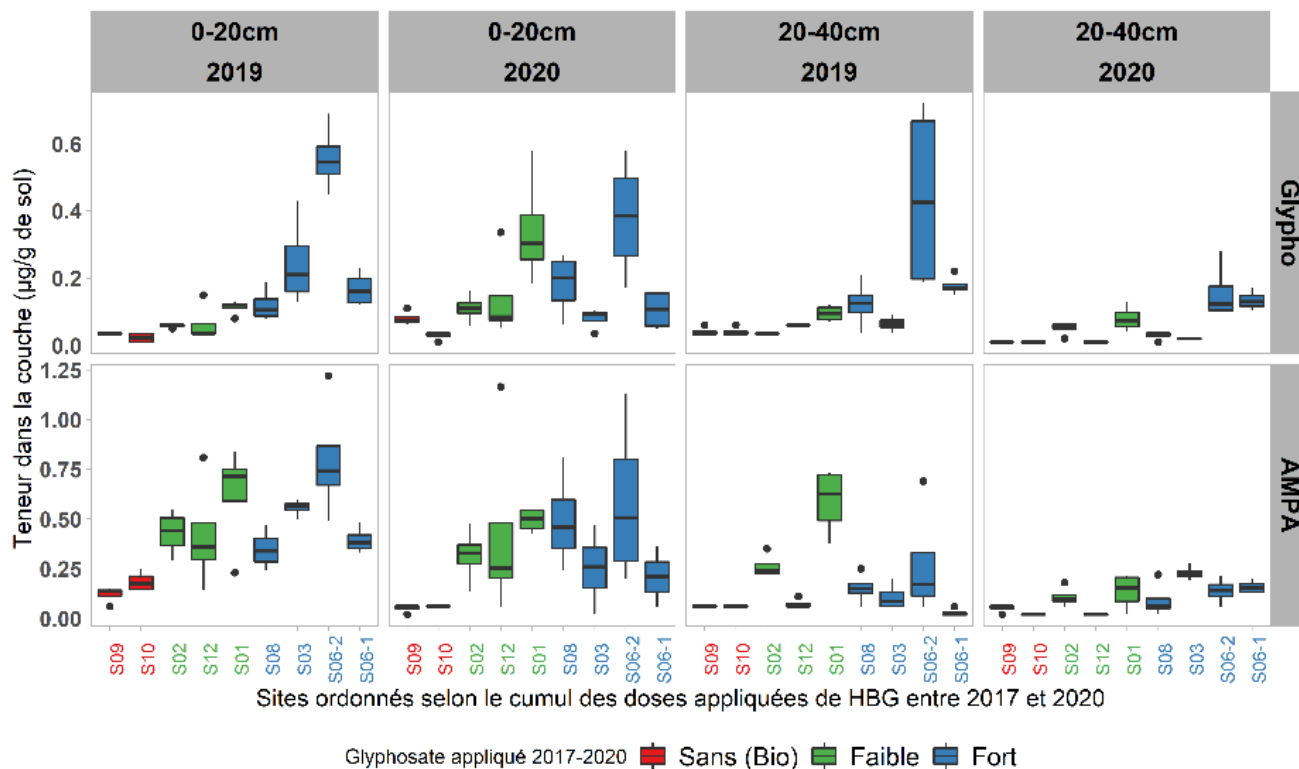


Figure 2. Teneurs de glyphosate et d'AMPA détectées à l'automne 2019 et 2020 dans les horizons 0-20 cm et 20-40 cm du sol des sites ordonnés selon le cumul des doses de glyphosate (ingrédient actif) dans les HBG appliqués entre 2017 et 2020.

Les sites ayant le cumul des taux d'application d'HBG les plus élevés (les sites bleus) ne sont pas nécessairement les sites pour lesquels les teneurs de glyphosate et d'AMPA dans les horizons de sol sont les plus élevées. Les sites ayant un cumul d'application d'HBG faible (les sites verts) en 2020 dans la couche 0-20 cm du sol ont des teneurs de glyphosate aussi élevées que ce qui est mesuré pour les sols ayant un cumul d'HBG élevé. Par ailleurs, les teneurs d'AMPA détectées dans les sols de la couche 0-20 cm sont similaires pour les sites ayant un cumul d'application d'HBG faible ou élevé (Figure 2).

Le rapport de recherche et la fiche synthèse présentent les résultats détaillés de la diversité, en richesse et en composition, des communautés bactériennes, fongiques et microfauniques du microbiome des sols des 9 sites. L'analyse de la composition du microbiome des sols a permis de développer un indice de composition des procaryotes (bactéries), des champignons et des eucaryotes, de même qu'un indice lié aux fonctions de dégradation microbienne du glyphosate et de l'AMPA, et un indice des fonctions microbiennes liées au cycle du carbone. Les indices de balances d'espèces (IBE) ont été développés en identifiant les diversités positivement et négativement corrélées avec les variables exprimant 1) le potentiel de dissipation ou dégradation des composés associés au glyphosate et 2) l'indice de végétalisation (NDVI) qui peut être associé au rendement des cultures. Ces indices contribuent à classer les sites selon leur système de cultures et leurs régions et deviennent des facteurs qui peuvent expliquer les variations des teneurs de glyphosate et d'AMPA mesurées dans les sols des sites