

Mai 2025

Le choix d'un maraîcher : Adoption de pratiques de conservation des sols

Un rapport *Recherche* préparé pour
l'ICPA par Dislène Senan Sossou



Rapport
Recherche



Institut canadien des politiques agro-alimentaires
960, avenue Carling, bâtiment 60 du CEF
Ottawa, ON K1A 0C6
capi-icpa.ca

L'Institut canadien des politiques agro-alimentaires a pour mission de diriger l'élaboration des politiques, de collaborer avec ses partenaires et de faire progresser les solutions politiques dans le domaine de l'agriculture et de l'alimentation.



Ce rapport est soutenu en partie par RBC Fondation par le biais de RBC Tech for Nature dans le cadre de l'initiative environnementale plus large de l'ICPA, Fer de lance des solutions durables.

L'ICPA remercie son groupe de pairs évaluateurs et le Comité consultatif pour leurs commentaires sur les versions antérieures de ce rapport. Les résultats, interprétations et conclusions de ce rapport n'engagent que son auteur.

Note de l'ICPA

L'ICPA reconnaît l'importance de favoriser et d'encadrer la prochaine génération de leaders d'opinion issus de programmes de doctorat partout au Canada, qui travaillent dans des domaines multidisciplinaires. Grâce à son programme de boursiers de doctorat, l'ICPA offre à un petit groupe innovateur de jeunes étudiants l'occasion d'appliquer leurs connaissances et leur expertise à certains des enjeux politiques les plus importants en agriculture.

La quatrième cohorte de boursiers doctoraux de l'ICPA (2024-2025) a été chargée d'axer ses recherches sur les politiques nécessaires pour répondre aux pressions exercées sur les terres et les ressources naturelles du Canada par la production agricole face au changement climatique, à la perte de biodiversité, à la croissance de la population mondiale et aux préoccupations en matière de sécurité alimentaire. Ce document est le résultat final du programme, mettant en évidence la nature interdisciplinaire de la recherche des boursiers en ce qui concerne les processus de prise de décision des producteurs de légumes canadiens dans l'adoption de pratiques de conservation des sols sur les terres agricoles.

Cette bourse est soutenue en partie par RBC Fondation par le biais de RBC Tech for Nature dans le cadre de l'initiative environnementale plus large de l'ICPA, les Politiques sur l'utilisation des terres, l'agriculture et la nature (PLAN).

L'ICPA et les boursiers de doctorat aimeraient souligner la contribution des quatre membres du Comité consultatif d'experts qui ont fourni de précieux commentaires lors de la préparation de ce rapport – Dr. **Marie-Élise Samson**, Université Laval, Dr. **Tom Nudds**, Université de Guelph, **Peter Sykanda**, Fédération de l'agriculture de l'Ontario, et **Anatoliy Oginsky**, ministère de l'Agriculture et des Forêts de l'Alberta.

Points saillants

- **Les cultures de couverture et les cultures multiples fonctionnent ensemble.** Au Canada, les producteurs de légumes associent souvent des pratiques durables telles que les cultures de couverture à des cultures multiples, tandis que le travail réduit du sol et les cultures multiples se substituent l'un à l'autre.
- **La fertilité des sols conditionne les décisions en matière de conservation et de culture.** Les producteurs donnent souvent la priorité à la santé des sols dans le choix des cultures maraîchères et des pratiques de conservation des sols.
- **Les producteurs choisissent les cultures avant de décider de la superficie des terres à planter.** En ce qui concerne l'affectation des terres aux cultures légumières, les agriculteurs décident des types de cultures légumières à cultiver avant de déterminer la quantité de terres à affecter à chacune d'entre elles.
- **L'adoption de pratiques de conservation des sols suit différents schémas.** Les décisions des agriculteurs concernant l'adoption de pratiques de conservation des sols et la sélection de cultures maraîchères sont parfois séquentielles, tandis que d'autres décisions ont lieu en même temps. La compréhension du processus de décision permettra aux décideurs politiques de concevoir des programmes d'incitation qui concilient les avantages environnementaux, l'utilisation optimale des terres et la durabilité économique.
- **Les objectifs économiques et environnementaux ne sont pas toujours alignés sur l'exploitation.** Il existe une tension potentielle entre la durabilité économique (via les plans de relèvement) et la durabilité environnementale (via les plans environnementaux de la ferme (PEF)), ce qui suggère que les décideurs politiques ou les conseillers peuvent avoir besoin d'équilibrer les deux objectifs lors de la conception des programmes de conservation.

Liste des acronymes

RCA : Recensement canadien de l'agriculture

PEF : plan environnemental de la ferme

EGA : Enquête sur la gestion des exploitations agricoles

LEN : Légume exigeant en nutriments

PCS : Pratiques de conservation des sols

Table des matières

NOTE DE L'ICPA	3
PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS	3
LISTE DES ACRONYMES	4
TABLE DES MATIÈRES	4
INTRODUCTION	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
CONTEXTE	6
MÉTHODOLOGIE	8
RÉSULTATS	8
Aperçu de la production de légumes	9
Adoption des CPD régionaux	9
Quels sont les principaux déterminants de l'adoption des CPD ?	10
Évaluer les complémentarités des CPD	11
L'adoption de modes de consommation durables et le choix de types de légumes sont-ils des décisions séquentielles ou simultanées ?	11
La sélection des types de légumes et l'affectation des superficies qui leur sont consacrées sont-elles des décisions séquentielles ou simultanées ?	12
IMPLICATIONS POLITIQUES	13
ACCUSÉ DE RÉCEPTION	14
RÉFÉRENCES	15
ANNEXE	18

Introduction

Ces dernières années, la production de légumes au Canada a connu une augmentation significative pour répondre à la demande croissante des consommateurs et pour réduire la dépendance aux importations (AAC, 2024) . Cette demande croissante de légumes de plein champ souligne leur importance dans le maintien d'une alimentation saine. Si l'expansion de la production de légumes contribue à une plus grande autonomie alimentaire et améliore la sécurité alimentaire, elle soulève également des préoccupations environnementales, notamment en ce qui concerne la durabilité des écosystèmes agricoles. La production de légumes, qui implique l'utilisation intensive d'intrants chimiques et la mécanisation agricole, est l'une des principales sources de dégradation des sols par l'érosion, le compactage et la perte de nutriments (Lu, Powlson, Liang, Chadwick, et al., 2021 ; Lu, Powlson, Liang, Yao, et al., 2021 ; Marshall et al., 2021) .

Les agriculteurs canadiens sont depuis longtemps confrontés à l'érosion des sols, un processus par lequel les forces naturelles (vent, eau) enlèvent et transportent la couche supérieure du sol. Il s'agit d'un problème critique qui entraîne des coûts environnementaux et économiques au niveau de l'exploitation. La perte continue de la couche arable réduit la profondeur du sol et affecte négativement ses propriétés physiques et chimiques nécessaires à la croissance des plantes, réduisant ainsi la productivité du sol (Duan et al., 2011). Cette dégradation peut entraîner une baisse des rendements agricoles et de la rentabilité des exploitations (Badreldin & Lobb, 2023; Ives & et Shaykewich, 1987). L'érosion des sols contribue également à la sédimentation des cours d'eau, ce qui réduit la qualité de l'eau. La recherche et les politiques ont été conçues pour répondre à ces problèmes et ont donc encouragé les pratiques agro-environnementales, en particulier les pratiques de conservation des sols (PCS),

Les pratiques de conservation des sols protègent les sols contre l'érosion et la perte d'éléments nutritifs tout en améliorant leurs propriétés physicochimiques, leur productivité et la production globale des cultures. En termes de rentabilité, ces pratiques peuvent conduire à des rendements plus élevés et à des retours sur investissement positifs. L'adoption de pratiques de conservation des sols, telles que le semis direct, peut entraîner une réduction des coûts de production grâce à la diminution de la demande de main-d'œuvre, de l'utilisation d'herbicides et d'engrais chimiques et des dépenses liées aux machines (Awada et al., 2016). Les PCS sont donc importantes pour la durabilité de l'environnement ainsi que pour la productivité et la rentabilité de l'agriculture. Afin de promouvoir l'adoption des PCS par les agriculteurs, les gouvernements fédéral et provinciaux canadiens ont récemment mis en place divers programmes agro-environnementaux de partage des coûts. Le programme le plus répandu est le Plan environnemental de la ferme (PEF) (Rudd et al., 2023). Bien que ces programmes soient efficaces pour encourager les PCS, les agriculteurs et les producteurs restent réticents à les adopter pleinement. Selon la région et la spécification de la culture, certaines pratiques ont des taux d'adoption élevés, tandis que d'autres sont moins adoptées (Shah et al., 2022). Les principaux obstacles à leur adoption sont les contraintes financières, les difficultés de mise en œuvre, l'accès à l'information, l'accès au marché, le soutien non ciblé et les perceptions des agriculteurs (Potter et al., 2024 ; Shah et al., 2022 ; Wandel & Smithers, 2000) .

Compte tenu de l'importance de la production de légumes pour la sécurité alimentaire mondiale et de son effet sur la dégradation des sols, cette étude examine ce qui pousse les producteurs de légumes à adopter des PCS et comment ces choix influencent la sélection des cultures et l'utilisation des sols, dans le but d'orienter un soutien politique efficace en termes de coûts. Les questions de recherche correspondantes sont les suivantes : (i) Quels sont les facteurs qui conditionnent l'adoption des PCS dans diverses régions du Canada ? (ii) L'adoption des PCS et la sélection des

cultures légumières, en fonction de leurs besoins en éléments nutritifs du sol, sont-elles des décisions simultanées ou séquentielles ? (iii) L'adoption des PCS influence-t-elle la répartition des superficies consacrées aux cultures légumières ? Bien que l'article se concentre sur l'expérience canadienne en matière de conservation des sols à l'échelle de l'exploitation, les conclusions éclaireront les politiques stratégiques en fonction des facteurs clés à prendre en compte dans les programmes conçus pour stimuler les taux d'adoption. Il passe en revue les études empiriques sur les facteurs d'adoption des PCS, en mettant l'accent sur les exemples canadiens et la pertinence pour l'agriculture maraîchère. Il présente les données utilisées et les méthodes employées pour l'analyse des données. Il discute des principaux résultats et conclut sur les implications des résultats pour les politiques.

Contexte

Bien que de nombreuses études à travers le monde aient examiné les éléments affectant l'adoption des pratiques de conservation des sols (PCS), peu d'entre elles se sont particulièrement penchées sur les moteurs de l'adoption des PCS pour la production maraîchère au Canada. La recherche identifie quatre facteurs clés de l'adoption des PCS au Canada : les caractéristiques des agriculteurs (par exemple, l'éducation qui stimule l'utilisation des pratiques sans travail du sol au Québec), les caractéristiques des exploitations agricoles (par exemple, les grandes exploitations agricoles de l'Ontario qui adoptent les cultures de couverture), les considérations financières (par exemple, le revenu qui permet la rotation des cultures) et les facteurs externes (par exemple, les subventions des Prairies).

Les caractéristiques des agriculteurs comprennent leurs caractéristiques sociodémographiques, telles que le sexe, l'âge, l'expérience agricole, l'éducation et leurs croyances. Ghazalian et al. (2009) ont constaté que les agriculteurs plus âgés ayant une grande expérience, une large exposition à diverses pratiques agricoles ou les agriculteurs ayant un niveau d'éducation élevé étaient plus susceptibles d'adopter la rotation des cultures dans le bassin versant de la Chaudière au Québec. Potter et al. (2024) ont également mentionné qu'en Ontario, les liens familiaux et la préoccupation pour les générations futures étaient des facteurs d'adoption majeurs pour les producteurs de pommes de terre à moyenne et grande échelle. Les agriculteurs qui avaient des liens affectifs et familiaux avec leur propriété, ainsi qu'un plan de relève pour les générations futures, étaient plus susceptibles d'adopter des PCS pour protéger la santé des sols et garantir la durabilité à long terme de leurs exploitations.

Les caractéristiques des exploitations agricoles qui influencent l'adoption des PCS comprennent, entre autres, la taille de l'exploitation et les propriétés du sol. Dans les prairies canadiennes, les grands agriculteurs sont plus susceptibles d'adopter le travail de conservation du sol (Davey & Furtan, 2008). Dans les prairies canadiennes, les exploitations ayant une forte proportion de sols noirs et gris foncé, par rapport à celles ayant une forte proportion de sols bruns, sont plus susceptibles d'adopter le travail de conservation du sol. En ce qui concerne les considérations financières, l'efficacité et la rentabilité des cultures de couverture dans la rotation des légumes sont des facteurs clés de leur adoption par les producteurs de pommes de terre de l'Ontario (Potter et al., 2024). En outre, des facteurs exogènes tels que les conditions météorologiques, le capital social, la participation à des séances de formation, les activités de vulgarisation et l'inscription à des programmes agroenvironnementaux influencent positivement l'adoption du travail réduit du sol, des cultures de couverture et de la rotation des cultures dans les prairies canadiennes, en Ontario et au Québec (Davey & Furtan, 2008 ; Ghazalian et al., 2009 ; Potter et al., 2024 ; Tamini, 2011).

Il est également important de souligner que certaines études supposent que les PCS sont mises en œuvre de manière indépendante, tandis que d'autres montrent que ces pratiques peuvent être utilisées conjointement en raison de leur complémentarité ou de leur substituabilité (Ghazalian et al., 2009 ; Gong et al., 2021 ; Shah et al., 2022). Dans l'agriculture céréalière de l'Ontario, la rotation avec le blé d'hiver, les cultures de couverture et le semis direct ont tendance à être positivement corrélés (Shah et al., 2022) . La nature complémentaire de l'adoption des PCS peut avoir des effets positifs sur les propriétés du sol. Pour autant que nous le sachions, aucune étude n'a examiné l'adoption conjointe de PCS dans le contexte de la production de légumes au Canada.

Enfin, l'adoption des PCS peut influencer le choix des cultures et l'allocation des superficies par les agriculteurs. Les agriculteurs choisissent les cultures à pratiquer sur une partie spécifique de leurs terres agricoles et décident de la superficie correspondante à allouer, en fonction des exigences des PCS et de leurs convictions sur la productivité du sol (Orazem & Miranowski, 1994). Dans le contexte de la production de légumes, certaines cultures nécessitent un niveau élevé de nutriments du sol pour une croissance optimale, et leur production intensive peut avoir un impact négatif sur les propriétés et la santé du sol (Lu, Powlson, Liang, Chadwick, et al., 2021 ; Pessoa et al., 2024). L'étude de l'impact de l'adoption des PCS sur l'affectation des terres à la production de légumes est donc essentielle pour éclairer les politiques canadiennes en matière d'agriculture et d'utilisation des terres.

Méthodologie

Cette étude examine les décisions des producteurs de légumes canadiens dans le cadre d'une chaîne de causalité comprenant trois étapes: l'adoption de modes de production durables (étape 1), le choix des cultures (étape 2) et l'affectation des terres (étape 3). À l'aide de données d'enquête et d'une approche de modélisation économétrique, cette étude identifie les facteurs clés à chaque étape. Au cours de la première étape du processus de décision, un agriculteur est supposé adopter un ensemble de PCS pour restaurer et/ou préserver la qualité de ses terres agricoles, en fonction de l'état de santé actuel des sols. À ce stade, l'analyse se concentre sur l'identification des facteurs clés qui influencent l'adoption des PCS par les producteurs de légumes. La mise en œuvre d'une PCS nécessite généralement un investissement en capital et donc un engagement à moyen ou long terme. En fonction de l'adoption des PCS, l'agriculteur choisit, au cours des deux étapes suivantes, les types de cultures à pratiquer, en tenant compte de leurs besoins spécifiques en éléments nutritifs du sol. Pour répondre à la deuxième question de recherche, l'étude évalue si les décisions relatives à l'adoption des PCS et au choix des cultures maraîchères sont simultanées ou séquentielles. En fonction des cultures cultivées et des PCS sélectionnés, un agriculteur détermine, au cours de la troisième étape, la taille de la terre à allouer à chaque culture sélectionnée. La stratégie empirique employée permettra d'évaluer si la sélection des cultures et l'allocation des surfaces sont des décisions séquentielles ou simultanées, ainsi que les principaux déterminants de l'allocation des surfaces.

Les données combinées du Recensement canadien de l'agriculture (RCA) et de l'Enquête sur la gestion des exploitations agricoles (EGA) de 2021 rendent compte des pratiques en vigueur dans les exploitations maraîchères du Canada. L'EGA est une enquête qui a lieu tous les deux à cinq ans. Le RCA a lieu tous les cinq ans et cible toutes les "fermes de recensement" du Canada aux niveaux national, provincial et infraprovincial. Les pratiques de conservation des sols adoptées par les agriculteurs interrogés sont la réduction du travail du sol, la double ou triple culture, les cultures de couverture et les engrais verts. Sans travail du sol et le travail réduit du sol sont des pratiques de conservation du sol qui minimisent la perturbation du sol et maintiennent les résidus de culture à la surface du sol. La culture multiple est définie comme un système agricole qui consiste à cultiver deux ou plusieurs cultures successivement au cours d'une même année sur la même parcelle de terre. Les cultures de couverture sont des graminées, des légumineuses et d'autres fourrages plantés pour assurer une couverture végétale saisonnière (U.S. Department of Agriculture, 2024). L'engrais vert est une pratique qui consiste à incorporer (in situ/récolté ailleurs) des matières vertes non décomposées dans le sol afin d'améliorer sa fertilité et d'augmenter la productivité des cultures suivantes. Les cultures légumières sont regroupées en trois catégories, à savoir les légumes à forte demande en éléments nutritifs (LEN) (brocolis, choux de Bruxelles, choux, etc.), les légumes à demande moyenne en éléments nutritifs (LEN) (asperges, betteraves, concombres, etc.) et les légumes à faibles besoins nutritifs (LEN) (carottes, laitues, rutabagas, etc.) (Weill & Duval, 2009) .

Résultats

L'ensemble des données utilisées dans cette étude identifie, dans toutes les régions du Canada, 355 exploitations maraîchères, où au moins une culture maraîchère est pratiquée au niveau de l'exploitation.

Aperçu de la production de légumes

À l'échelle nationale, les légumes sont principalement produits en Ontario, qui représente 49,2 % de la superficie totale cultivée, suivie du Québec (36,8 %), provinces des Prairies (5,3 %) et des provinces de l'Atlantique (3,6 %). Ces schémas de production reflètent l'importance des conditions pédologiques favorables à la culture des légumes. Par exemple, la région de la Montérégie, au Québec, produit une grande partie des cultures légumières sur des sols organiques, qui sont extrêmement productifs. Par ailleurs, les cultures légumières sont largement produites dans le sud de l'Ontario, en particulier dans les régions situées le long des rives du lac Érié et de l'Ontario, où les sols sont fertiles.

En ce qui concerne les types de cultures, parmi les 355 exploitations, 54% cultivaient des LEN élevées, tandis que 45 % et 65 % cultivaient des LEN moyennes et faibles, respectivement. En outre, 18,86 % des exploitations cultivent les trois catégories de cultures légumières. Le niveau élevé de production de LENV faibles peut s'expliquer par leur fonction de cultures intermédiaires dans les systèmes de rotation et de cultures multiples.

L'Adoption des PCS régionaux

Parmi les quatre pratiques de conservation des sols examinées, les engrais verts et les cultures multiples présentent les **taux d'adoption globaux les plus élevés**, tandis que le travail réduit du sol et les cultures de couverture ont le **taux d'adoption le plus faible**.

Parmi les agriculteurs de l'échantillon (un répondant par exploitation), 27 % ont déclaré utiliser un travail réduit du sol ou sans travail du sol pour leur type de culture légumière le plus courant. Cependant, 85% des répondants pratiquent la double ou triple culture. Le pourcentage de répondants ayant planté des cultures de couverture (automne ou hiver) et des engrais verts est respectivement de 59 % et 92 %. Le taux élevé d'adoption de l'engrais vert est dû à sa capacité à améliorer la santé des sols, à réduire la dépendance à l'égard des engrais synthétiques, à améliorer la productivité des rendements et, par conséquent, à réduire les coûts de production globaux.

Les producteurs de légumes du Québec affichent le taux d'adoption du travail réduit du sol le plus élevé (40 %), suivis par ceux de l'Ontario (23,33 %), tandis que les autres provinces affichent un taux plus faible (12,50 %). Cela signifie que les producteurs de légumes du Québec sont plus susceptibles de mettre en œuvre le travail réduit du sol que ceux des autres régions. La principale explication est que le gouvernement du Québec offre de meilleurs incitatifs qui soutiennent cette pratique (Statcan, 2018) . En ce qui concerne l'utilisation de cultures de couverture, les taux d'adoption sont de 53,33% en Ontario, 60% au Québec et 62,50% dans les autres provinces. Le taux d'adoption élevé observé dans les autres provinces, en particulier dans les Prairies, est attribué aux retombées positives de l'adoption plus précoce des cultures de couverture par les agriculteurs des États américains voisins et de l'est du Canada (CAPI, 2021).

Quels sont les principaux déterminants de l'adoption des PCSD?

Les **déterminants de l'adoption d'une culture réduite ou sans labour** sont l'accès à des exploitants à forfait, la valeur monétaire des terres et des bâtiments, et la localisation de l'exploitation au Québec. Dans le cas des **cultures multiples**, les principaux déterminants sont la rédaction d'un plan de relève, l'accès à des exploitants à forfait, la superficie utilisée pour les engrais chimiques, les ventes aux grossistes et l'emplacement de la ferme au Québec ou en Ontario. De plus, l'adoption de **cultures de couverture** est associée à la superficie cultivée pour la VDN élevée et à l'utilisation de la main-d'œuvre familiale. Enfin, les ventes directes à la ferme, les ventes aux détaillants et les ventes aux grossistes sont des facteurs clés qui influencent l'adoption des **engrais verts**.

Les résultats des estimations liées aux caractéristiques des agriculteurs montrent que la rédaction d'un plan de relève augmente de 14,7 % la probabilité d'adopter la polyculture. L'obtention d'une assistance technique de la part d'opérateurs à façon augmente la probabilité d'adopter la polyculture de 6,6 %, tandis qu'elle diminue la probabilité d'adopter le travail réduit ou sans travail du sol de 16,2 %. Dans la littérature, Tamini (2011) a constaté que les services de conseil influençaient positivement la probabilité d'adopter le travail de conservation du sol chez les agriculteurs du Québec. L'effet négatif de l'assistance technique peut être justifié par un nombre inadéquat ou une pénurie d'agents techniques (Belachew et al., 2020) . De plus, une augmentation d'un acre de la surface utilisée pour les engrais chimiques augmente la probabilité d'adopter la polyculture de 0,014%. Ce résultat contredit de nombreuses études qui ont montré que les pratiques de conservation du sol telles que le travail de conservation, les cultures de couverture, la rotation des cultures, les cultures intercalaires ne sont pas associées à une utilisation élevée d'engrais chimiques (Fuglie, 1999 ; Karasawa, 2024) .

Si l'on considère les actifs financiers des exploitations, une augmentation d'un dollar de la valeur monétaire des terres et des bâtiments est associée à une augmentation de 0,05 % de la probabilité d'adopter le travail réduit ou sans travail du sol. Cela s'explique par le fait que l'adoption du semis direct nécessite souvent d'investir dans de nouvelles machines, qui sont coûteuses. Conformément à Wandel & Smithers (2000), ce résultat indique que les agriculteurs à grande échelle sont plus susceptibles d'adopter le travail réduit ou le semis direct. En outre, une augmentation de la main-d'œuvre familiale d'un travailleur accroît la probabilité d'adopter des cultures de couverture de 2,5 %. Ce résultat correspond aux conclusions de Leyva et al. (2007). Cependant, Win et al. (2025) ont indiqué qu'une pénurie de main-d'œuvre tend à augmenter la probabilité d'utiliser des technologies permettant d'économiser de la main-d'œuvre, telles que l'équipement de travail réduit.

En ce qui concerne les pratiques de gestion des exploitations, une augmentation d'un acre de la taille de l'exploitation allouée aux LEN élevées diminue la probabilité d'adopter des cultures de couverture de 0,1 %. Certains facteurs économiques potentiels tels que les revenus des légumes ou les coûts d'opportunité peuvent expliquer cette relation négative (Moore et al., 2016) . Au contraire, Wang et al. (2019) ont constaté que le nombre d'acres de culture affecte positivement les décisions d'adoption des PCS. Les résultats liés à l'accès à un marché et aux contrats agricoles indiquent que la vente de la production directement à partir d'une exploitation agricole augmente l'adoption d'engrais verts de 7,4 %. La vente de la production à des détaillants diminue la probabilité d'adopter des engrais verts de 9,5 %. La vente de la production à des grossistes diminue les probabilités d'adopter la polyculture et l'engrais vert respectivement de 9 % et de 7,7 %. Ce résultat implique que

la récente politique visant à promouvoir les ventes directes des producteurs aux consommateurs peut favoriser l'adoption de bonnes pratiques en raison de l'augmentation des revenus. Miller (1995) a expliqué que les contrats agricoles qui réduisent la conservation des sols sont ceux qui limitent l'autonomie de l'agriculteur et se concentrent sur les gains à court terme. En ce qui concerne les facteurs exogènes, les agriculteurs du Québec sont 3,28% plus susceptibles d'adopter le travail de conservation que ceux des autres provinces canadiennes. En revanche, les agriculteurs du Québec et de l'Ontario sont respectivement 2,03 % et 2,38 % moins susceptibles d'adopter la polyculture que les agriculteurs des autres provinces.

Évaluer les complémentarités des PCS

Dans le contexte de la production de légumes dans les exploitations agricoles canadiennes, certaines pratiques de conservation des sols sont complémentaires, tandis que d'autres agissent comme des substituts.

Les cultures de couverture **complètent** les cultures multiples et les engrais verts, apportant plusieurs avantages à l'écosystème. À l'inverse, la polyculture **se substitue** à la réduction du travail du sol, ce qui suggère que les agriculteurs sont confrontés à des contraintes lorsqu'ils adoptent ces deux pratiques simultanément, notamment en raison des difficultés liées à la gestion des mauvaises herbes.

Les relations entre les pratiques de conservation des sols sont cohérentes avec les résultats d'autres études sur la production de céréales aux États-Unis (Peterson et al., 2021 ; Sweeney et al., 2022) . L'utilisation combinée de cultures de couverture et de cultures multiples réduit la dépendance à l'égard des engrais chimiques, améliore le cycle des éléments nutritifs et augmente le rendement (Karasawa, 2024) . La substitution observée entre le travail réduit du sol et les cultures multiples peut expliquer les faibles taux d'adoption du travail réduit du sol et l'adoption relativement élevée des cultures multiples au Québec et en Ontario. Les agriculteurs adoptent la polyculture plutôt que le travail réduit du sol en raison de la gestion des mauvaises herbes et d'autres défis opérationnels généralement associés au travail de conservation du sol (Adhikari et al., 2023) .

L'adoption de modes de consommation durables et le choix des types de légumes sont-ils des décisions séquentielles ou simultanées ?

Les décisions des agriculteurs concernant les PCS et la sélection de la LEN suivent différents schémas d'adoption. Certaines décisions sont séquentielles, d'autres simultanées.

Décisions séquentielles : Les pratiques telles que le travail réduit du sol et les cultures multiples sont généralement adoptées avant la sélection d'une faible VDN.

Décisions simultanées : L'adoption de pratiques culturales durables telles que la réduction du travail du sol, les cultures multiples, les cultures de couverture ou les engrais verts se fait simultanément avec la sélection de légumes caractérisés par une demande élevée ou moyenne en éléments nutritifs du sol.

L'adoption simultanée des PCS et de la sélection des cultures suggère que ces décisions sont influencées par l'accès au marché, la rentabilité et les contraintes de l'exploitation. **En outre**,
Impact de l'adoption de pratiques de conservation des sols sur l'affectation des terres

l'adoption des PCS influence la probabilité de cultiver des légumes dont la demande en éléments nutritifs du sol est élevée, moyenne ou faible, et ce de manière distincte. Certaines pratiques, telles que la réduction du travail du sol et l'utilisation de cultures de couverture, peuvent décourager la culture de légumes à forte demande en éléments nutritifs du sol, ce qui nécessite des interventions politiques pour maintenir la rentabilité de l'exploitation. La polyculture et les cultures de couverture semblent favoriser la culture de LEN moyens, tandis que l'adoption d'engrais verts semble la décourager. En ce qui concerne la culture de faibles LEN, la réduction du travail du sol peut encourager la culture de faibles LEN, tandis que la polyculture peut la décourager.

Les résultats de l'estimation montrent que la rédaction d'un plan environnemental de la ferme, l'irrigation des exploitations et la vente de la production récoltée sont les principaux facteurs déterminants de la culture d'une LEN élevée. En revanche, la vente de la production récoltée à des détaillants ou à des grossistes, ou le recours à une main-d'œuvre non familiale influencent positivement la probabilité de cultiver une LEN moyenne. La rédaction d'un plan de relève, l'accès à des opérateurs à façon, l'irrigation de l'exploitation, l'utilisation d'engrais chimiques, les dépenses agricoles et la vente de la production récoltée directement sur l'exploitation influencent négativement la probabilité de cultiver ce type de légumes. Selon les faibles LEN, la rédaction d'un plan de relève et l'accès à des opérateurs à forfait sont des facteurs positifs qui influencent leur culture. Les facteurs négatifs sont la rédaction d'un plan environnemental à la ferme, l'irrigation de la ferme et la vente de la production récoltée à des grossistes ou à des transformateurs. Une explication pourrait être que ces cultures sont considérées comme protégeant déjà contre la dégradation des sols et promouvant des pratiques de production durables et que les producteurs de légumes sont moins enclins à investir davantage.

La sélection des types de légumes et l'affectation des superficies qui leur sont consacrées sont-elles des décisions séquentielles ou simultanées ?

Comme on pouvait s'y attendre, la sélection des cultures et l'allocation des superficies sur le site suivent un processus décisionnel **séquentiel**.

Les déterminants de l'affectation des terres aux légumes dans les exploitations agricoles canadiennes comprennent l'accès, l'assistance technique, la composition de la main-d'œuvre, les pratiques environnementales, l'irrigation et les actifs financiers.

L'accès à l'assistance technique augmente l'affectation des terres à des LEN élevées tout en réduisant les terres à des LEN faibles. Cela suggère que l'accès à un soutien spécialisé peut améliorer la capacité des agriculteurs à gérer des cultures plus exigeantes en nutriments. Les agriculteurs ayant mis en place des plans de relève allouent davantage de terres aux cultures à LEN moyen, tandis que ceux qui ont mis en place des plans environnementaux à la ferme en allouent moins. Par conséquent, les agriculteurs engagés dans un plan de relève peuvent donner la priorité à la production de cultures orientées vers le marché ou à forte valeur ajoutée afin d'assurer la continuité de l'exploitation pour les générations futures. À l'inverse, les PEF peuvent encourager les cultures qui correspondent mieux aux objectifs de conservation. Ces résultats mettent en évidence une tension potentielle entre la durabilité économique (via la planification de la relève) et la durabilité environnementale (via les PEF), suggérant que les décideurs politiques ou les conseillers peuvent avoir besoin d'équilibrer les deux objectifs lors de la conception des programmes de conservation.

En ce qui concerne les caractéristiques des exploitations, l'irrigation peut être associée à une réduction de la superficie des LEN. En ce qui concerne les actifs financiers, les résultats suggèrent que les agriculteurs les plus riches peuvent délaisser les cultures plus intensives à haut niveau d'intrants (LEN élevée et moyenne) au profit de cultures moins gourmandes en ressources (LEN faible). En outre, les exploitations utilisant à la fois de la main-d'œuvre familiale et non familiale augmentent l'affectation des terres à une LEN moyenne, tandis que la dépendance à l'égard de la main-d'œuvre non familiale réduit l'affectation des terres à une LEN élevée. Les résultats relatifs à l'accès au marché montrent que les contrats d'exploitation avec les grossistes encouragent l'affectation de terres à des LEN élevées, tandis que les contrats avec les transformateurs favorisent l'affectation de terres à des cultures à faible LEN, ce qui suggère que la structure du marché façonne fortement les choix de production. Ces résultats sont conformes à ceux d'autres études qui montrent que les services de conseil, la disponibilité de la main-d'œuvre, l'irrigation des exploitations et la structure du marché ont une incidence positive sur la répartition des superficies cultivées (Allen, 2014 ; Anbaw & Phogella, n.d. ; Gautam et al., 2024 ; Kudadze et al., 2019) .

L'emplacement géographique de la ferme est également un facteur déterminant de l'allocation de la superficie consacrée aux légumes. Par rapport aux autres provinces, les agriculteurs du Québec ont tendance à consacrer 10,5 % de plus de terres à la culture de légumes à valeur nutritive moyenne et 14,2 % de moins à la culture de légumes à valeur nutritive faible. Les agriculteurs de l'Ontario (Colombie-Britannique) ont tendance à affecter 19,4 % (14,6 %) et 9,7 % (3,5 %) de plus de terres à la LEN élevée et à la LEN moyenne, respectivement, que les agriculteurs des autres provinces. Selon le type de sol, les agriculteurs ont tendance à consacrer 29,1 % (18,2 %) de moins de terres à la LEN basse.

Implications Politiques

Cette étude examine les facteurs qui déterminent l'adoption simultanée par les agriculteurs de quatre PCS, la sélection des cultures et l'allocation des superficies pour la production de légumes au Canada. Dans l'ensemble, les résultats suggèrent que des politiques efficaces devraient tenir compte de la spécialisation des cultures des agriculteurs et des besoins spécifiques en nutriments du sol pour les légumes cultivés, afin de promouvoir l'adoption des PCS et l'utilisation optimale des terres agricoles. Les principales recommandations stratégiques découlant de ces résultats sont présentées ci-dessous:

- Les résultats concernant l'interdépendance entre les PCS soulignent l'importance d'encourager l'adoption de pratiques complémentaires tout en s'attaquant aux limites des pratiques substituables, afin de favoriser une adoption plus large par les agriculteurs.
- Concevoir des programmes de conservation des sols qui concilient la durabilité économique et environnementale. L'adoption des PCS influence différemment la sélection des légumes. Par conséquent, les mesures politiques devraient intégrer le soutien des PCS avec les exigences des cultures en termes nutriments du sol.
- La compréhension du processus de décision allant de l'adoption des PCS à l'allocation des surfaces cultivées permettra aux décideurs politiques de concevoir des programmes d'incitation qui concilient les avantages environnementaux, l'utilisation optimale des terres et la durabilité économique.

- Les conclusions relatives aux déterminants de l'allocation des surfaces soulignent la nécessité de politiques agricoles adaptées qui
 - Développer l'assistance technique et l'accès au marché pour les LEN élevées afin d'améliorer la rentabilité,
 - Améliorer l'intégration de la chaîne d'approvisionnement, en mettant en relation les agriculteurs avec des grossistes ou des transformateurs qui favorisent les cultures produites selon les principes des PCS,
 - Concevoir des politiques d'irrigation et d'incitation pour une stratégie équilibrée d'utilisation des sols,
 - Améliorer les politiques de l'emploi afin de soutenir la production de LEN moyenne et élevée, en garantissant la stabilité et l'efficacité de la main-d'œuvre.

Accusé de réception

J'accuse réception du soutien financier du projet d'utilisation des terres de l'ICPA. Je suis reconnaissant à l'équipe de recherche de l'ICPA et à Marie-Élise Samson de l'Université Laval, pour leurs commentaires constructifs qui ont contribué de manière significative à l'amélioration de ce projet.

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à mes superviseurs Alphonse Singbo et Bruno Larue de l'Université Laval, pour leurs précieux conseils dans la conception et la réalisation de cette étude. Je tiens également à remercier Statistique Canada pour l'accès aux données utilisées dans cette étude.

Références

- AAFC, A. et A.-F. C. (2024). *Aperçu statistique de l'industrie canadienne des légumes de plein champ 2023* (AAC no. : 13229E). https://agriculture.canada.ca/sites/default/files/documents/2024-07/field_vegetable_report_2023v1-eng.pdf
- Adesina, A. A. et Chianu, J. (2002). Determinants of farmers' adoption and adaptation of alley farming technology in Nigeria (Déterminants de l'adoption et de l'adaptation par les agriculteurs de la technologie de l'agriculture en couloir au Nigeria). *Agroforestry Systems*,55 (2), 99-112. <https://doi.org/10.1023/A:1020556132073>
- Adhikari, R. K., Wang, T., Jin, H., Ulrich-Schad, J. D., Sieverding, H. L. et Clay, D. (2023). Farmer perceived challenges toward conservation practice usage in the margins of the Corn Belt, USA. *Renewable Agriculture and Food Systems*,38 , e14. <https://doi.org/10.1017/S1742170523000042>
- Allen, J. E. (2014). *Déterminants de l'allocation des terres dans un système agricole multi-cultures : An Application of the Fractional Multinomial Logit Model to Agricultural Households in Mali*. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.170175>
- Anbaw, W. S., & Phogella, M. G. (n.d.). *Determinants of farmers' crop choice decision in irrigation agriculture in South Tigray*. Consulté le 12 mars 2025 sur le site <https://www.abrinternationaljournal.org/articles/determinants-of-farmers-crop-choice-decision-in-irrigation-agriculture-in-south-tigray-98102.html>
- Apio, A. T., Thiam, D. R., & Dinar, A. (2023). Farming Under Drought : An Analysis of the Factors Influencing Farmers' Multiple Adoption of Water Conservation Practices to Mitigate Farm-Level Water Scarcity (Analyse des facteurs influençant l'adoption multiple par les agriculteurs de pratiques de conservation de l'eau pour atténuer la pénurie d'eau au niveau des exploitations). *Journal of Agricultural and Applied Economics*,55 (3), 432-470. <https://doi.org/10.1017/aae.2023.23>
- Awada, L., Gray, R. S. et Nagy, C. (2016). The Benefits and Costs of Zero Tillage RD&E on the Canadian Prairies (Les avantages et les coûts de la culture sans labour dans les Prairies canadiennes). *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue Canadienne d'agroeconomie*,64 (3), 417-438. <https://doi.org/10.1111/cjag.12080>
- Badreldin, N. et Lobb, D. A. (2023). Les coûts de l'érosion des sols pour la production agricole au Canada entre 1971 et 2015. *Sustainability*,15 (5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/su15054489>
- Belachew, A., Mekuria, W. et Nachimuthu, K. (2020). Facteurs influençant l'adoption de pratiques de conservation des sols et de l'eau dans les hautes terres du nord-ouest de l'Éthiopie. *International Soil and Water Conservation Research*,8 (1), 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.01.005>
- Canales, E., Bergtold, J. S. et Williams, J. R. (2020). Conservation practice complementarity and timing of on-farm adoption. *Agricultural Economics*,51 (5), 777-792. <https://doi.org/10.1111/agec.12591>
- CAP1, T. C. A.-F. P. I. (2021). *Cover Cropping on the Prairies*. chrome-extension://efaidnbmninnbpcjpcgclclefindmkaj/<https://capi-icpa.ca/wp-content/uploads/2021/06/2021-06-10-Callum-Morrison-Individual-Report-1-2.pdf>
- Davey, K. A. et Furtan, W. H. (2008). Factors That Affect the Adoption Decision of Conservation Tillage in the Prairie Region of Canada. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue Canadienne d'agroeconomie*,56 (3), 257-275. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7976.2008.00128.x>
- Duan, X., Xie, Y., Ou, T. et Lu, H. (2011). Effects of soil erosion on long-term soil productivity in the black soil region of northeastern China (Effets de l'érosion du sol sur la productivité à long terme du sol dans la région des terres noires du nord-est de la Chine). *CATENA*,87 (2), 268-275. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.06.012>
- Fuglie, K. O. (1999). Conservation Tillage And Pesticide Use In The Cornbelt. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 31(01), 1–15.
- Gautam, T. K., Paudel, K. P. et Guidry, K. M. (2024). Determinants of Irrigation Technology Adoption and Acreage Allocation in Crop Production in Louisiana, USA (Déterminants de l'adoption des technologies d'irrigation et de **Impact de l'adoption de pratiques de conservation des sols sur l'affectation des terres**)

l'allocation des surfaces dans la production agricole en Louisiane, États-Unis). *Water*,16 (3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/w16030392>

- Ghazalian, P. L., Larue, B., & West, G. E. (2009a). Meilleures pratiques de gestion pour améliorer la qualité de l'eau : Qui les adopte ? *Journal of Agricultural and Applied Economics*,41 (3), 663-682. <https://doi.org/10.1017/S107407080000314X>
- Ghazalian, P. L., Larue, B., & West, G. E. (2009b). Meilleures pratiques de gestion pour améliorer la qualité de l'eau : Qui les adopte ? *Journal of Agricultural and Applied Economics*,41 (3), 663-682. <https://doi.org/10.1017/S107407080000314X>
- Gong, S., Bergtold, J. S., & Yeager, E. (2021a). Assessing the joint adoption and complementarity between in-field conservation practices of Kansas farmers (Évaluation de l'adoption conjointe et de la complémentarité entre les pratiques de conservation sur le terrain des agriculteurs du Kansas). *Agricultural and Food Economics*, 9(1), 1–24.
- Gong, S., Bergtold, Jason. S., & Yeager, E. (2021b). Assessing the joint adoption and complementarity between in-field conservation practices of Kansas farmers. *Agricultural and Food Economics*,9 (1), 30. <https://doi.org/10.1186/s40100-021-00201-8>
- Ives, R. M. et Shaykewich, C. F. (1987). Effect of simulated soil erosion on wheat yields on the humid Canadian prairie. *Journal of Soil and Water Conservation*,42 (3), 205-208. <https://doi.org/10.1080/00224561.1987.12456075>
- Karasawa, T. (2024). Beneficial effects of cover crops on various soil functions and nutrient supply (Effets bénéfiques des cultures de couverture sur diverses fonctions du sol et sur l'apport de nutriments). *Soil Science and Plant Nutrition*,70 (4), 237-245. <https://doi.org/10.1080/00380768.2024.2360022>
- Kolady, D., Zhang, W., Wang, T. et Ulrich-Schad, J. (2021). Spatially Mediated Peer Effects in the Adoption of Conservation Agriculture Practices. *Journal of Agricultural and Applied Economics*,53 (1), 1-20. <https://doi.org/10.1017/aae.2020.24>
- Kudadze, S., Imoru, A. J. et Adzawla, W. (2019). Perception des agriculteurs sur l'agriculture d'irrigation et les facteurs influençant l'accès et la taille des terres irrigables dans la région du Nord, au Ghana. *Asian Food Science Journal*, 1-14. <https://doi.org/10.9734/afsj/2019/v8i329994>
- Leyva, J. C., Martínez, J. A. F. et Roa, M. C. G. (2007). Analyse de l'adoption de pratiques de conservation des sols dans les oliveraies : Le cas des zones montagneuses du sud de l'Espagne. *Spanish Journal of Agricultural Research*,5 (3), Article 3. <https://doi.org/10.5424/sjar/2007053-246>
- Lu, M., Powlson, D. S., Liang, Y., Chadwick, D. R., Long, S., Liu, D. et Chen, X. (2021). Significant soil degradation is associated with intensive vegetable cropping in a subtropical area : A case study in southwestern China. *SOIL*,7 (2), 333-346. <https://doi.org/10.5194/soil-7-333-2021>
- Lu, M., Powlson, D. S., Liang, Y., Yao, Z., Chadwick, D. R., Long, S., Liu, D. et Chen, X. (2021, 8 mars). *Significant soil degradation is associated with intensive vegetablecropping in subtropical area : A case study in southwest China*. <https://doi.org/10.5194/soil-2021-17>
- Marshall, C. B., Burton, D. L., Heung, B. et Lynch, D. H. (2021). Influence du système de culture et du type de sol sur la santé du sol. *Canadian Journal of Soil Science*,101 (4), 626-640. <https://doi.org/10.1139/cjss-2020-0150>
- Miller, L. (1995). Agribusiness, contract farmers and land-use sustainability in North-West Tasmania. *Australian Geographer*,26 (2), 104-111. <https://doi.org/10.1080/00049189508703138>
- Moore, V. M., Mitchell ,Paul D., Silva ,Erin M., & et Barham, B. L. (2016). Cover crop adoption and intensity on Wisconsin's organic vegetable farms. *Agroecology and Sustainable Food Systems*,40 (7), 693-713. <https://doi.org/10.1080/21683565.2016.1181694>
- Oladimeji, T. E., Oyinbo, O., Hassan, A. A., & Yusuf, O. (2020). Comprendre l'interdépendance et la dynamique temporelle de l'adoption des pratiques de conservation du sol par les petits exploitants : Evidence from Nigeria. *Sustainability*,12 (7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/su12072736>

- Orazem, P. F. et Miranowski, J. A. (1994). A Dynamic Model of Acreage Allocation with General and Crop-Specific Soil Capital. *American Journal of Agricultural Economics*, 76 (3), 385-395. <https://doi.org/10.2307/1243651>
- Papke, L. E. et Wooldridge, J. M. (1996). Econometric methods for fractional response variables with an application to 401(k) plan participation rates. *Journal of Applied Econometrics*, 11 (6), 619-632. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1255\(199611\)11:6<619::AID-JAE418>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1255(199611)11:6<619::AID-JAE418>3.0.CO;2-1)
- Pessoa, T. N., Santos, R. S., Libardi, P. L., de Assis, I. R. et Oliveira, T. S. (2024). Influence de la culture intensive de légumes sur les propriétés physiques et hydrauliques et les fonctions d'un Oxisol dans le Cerrado brésilien. *CATENA*, 235, 107651. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107651>
- Peterson, C. M., Mirsky, S. B., VanGessel, M. J., Davis, B. W., Ackroyd, V. J. et Tully, K. L. (2021). Evaluation of interseeding cover crop mixtures in Mid-Atlantic double-crop soybean. *Agronomy Journal*, 113 (5), 3935-3951. <https://doi.org/10.1002/agj2.20824>
- Potter, C., Sarapura-Escobar, S., VanderZaag, P., Salari, D. et Zink, R. (2024). Adoption des meilleures pratiques de gestion par les producteurs de pommes de terre de l'Ontario : A study of drivers and barriers. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1358515>
- Rahm, M. R. et Huffman, W. E. (1984). The Adoption of Reduced Tillage : The Role of Human Capital and Other Variables. *American Journal of Agricultural Economics*, 66 (4), 405-413. <https://doi.org/10.2307/1240918>
- Rudd, S., Robinson, D. T., Weigel-Mohamed, I., Owens-Frank, I., Sain, M. et Smith, J. (2023). *Augmentation de l'adoption de programmes environnementaux par les producteurs de l'Ontario, 2023*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12742.45128>
- Shah, A., Weersink, A. et Vyn, R. (2022). Adoption of beneficial management practices to improve soil health. *Canadian Journal of Soil Science*, 102 (4), 825-834. <https://doi.org/10.1139/cjss-2021-0187>
- Statcan, S. C. (2018). *Portrait de l'agriculture canadienne : Chapter 5*. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/95-640-x/2011001/p1/p1-05-eng.htm>
- Sweeney, D. W., Ruiz Diaz, D. A., Pedreira, B. C. et Havlin, J. L. (2022). Long-term yield response of corn, wheat, and double-crop soybean to tillage and N placement. *Agronomy Journal*, 114 (2), 1000-1010. <https://doi.org/10.1002/agj2.20997>
- Tamini, L. D. (2011). Une analyse non paramétrique de l'impact des activités de conseil en agroenvironnement sur l'adoption des meilleures pratiques de gestion : Une étude de cas au Québec. *Ecological Economics*, 70 (7), 1363-1374. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.02.012>
- Département de l'agriculture des États-Unis. (2024). *Cover Crop (Ac.) (340) Conservation Practice Standard | Natural Resources Conservation Service*. <https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/cover-crop-ac-340-conservation-practice-standard>
- Wandel, J. et Smithers, J. (2000). Facteurs affectant l'adoption du labour de conservation sur les sols argileux dans le sud-ouest de l'Ontario, Canada. *American Journal of Alternative Agriculture*, 15(4), 181–188.
- Wang, T., Jin, H., Kasu, B. B., Jacquet, J. et Kumar, S. (2019). Adoption des pratiques de conservation des sols dans les Grandes Plaines du Nord : Economic versus Stewardship Motivations. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 44 (2). <https://ideas.repec.org/a/ags/jlaare/287989.html>
- Weill, A., & Duval, J. (2009). *Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique et diversifiée Agri-Réseau*. <https://www.agrireseau.net/documents/77924>
- Win, M. T., Rutledge, Z. et Maredia, M. K. (2025). Pénuries de main-d'œuvre et stratégies d'adaptation des agriculteurs. *Applied Economic Perspectives and Policy*, n/a(n/a). <https://doi.org/10.1002/aepp.13527>

Annexe

Modèle Probit multivarié (MVP)

Cette étude examine quatre pratiques de conservation des sols (PCS) adoptées par les agriculteurs dans les provinces canadiennes : travail réduit du sol (*rt*), double ou triple culture (*mc*), cultures de couverture (*cc*), engrais verts (*gm*). Prenons un agriculteur arbitraire i^{th} ($i = 1, \dots, N$) confronté à la décision d'adopter ou non le k^{th} PCS ($k = rt, mc, cc, gm$). Notons U_i^k l'utilité d'un agriculteur " i " lorsqu'il adopte une PCS " k " et " U_i^0 " son utilité lorsqu'il ne l'adopte pas. Sur la base du cadre d'utilité aléatoire (Adesina & Chianu, 2002 ; Ghazalian et al., 2009 ; Rahm & Huffman, 1984), l'agriculteur adopte un PCS " k " lorsque l'utilité dérivée de son adoption est supérieure à l'utilité dérivée de la non-adoption. En d'autres termes, l'avantage net qu'un agriculteur retire de l'adoption d'une PCS " k ", doit être supérieur à zéro, " y_{ik}^* ", $y_{ik}^* \equiv U_i^k - U_i^0 > 0$, y_{ik}^* . La variable latente (non observée) y_{ik}^* est fonction des caractéristiques observées qui influencent les décisions d'adoption de l'agriculteur de telle sorte que :

$$y_{ik}^* = \beta_i^k \cdot X_i + \varepsilon_i^k, \quad k = rt, mc, cc \text{ and } gm \quad (1)$$

Le vecteur des caractéristiques observées X_i comprend les attributs des agriculteurs, les caractéristiques de l'exploitation, les pratiques de gestion, les actifs et les facteurs exogènes. Le vecteur β_i^k comprend les coefficients associés à l'adoption du PCS " k " et ε_i^k est un terme d'erreur qui incarne les facteurs non observables conditionnant l'adoption. Étant donné la nature inobservée de y_{ik}^* , les estimations de l'adoption des PCS y_{ik} k qui prend la valeur 1 si un agriculteur adopte un PCS " k " et zéro dans le cas contraire, comme suit :

$$y_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{if } y_{ik}^* > 0 \\ 0 & \text{if otherwise} \end{cases}; \quad k = rt, mc, cc \text{ and } gm \quad (2)$$

L'estimation de modèles probit ou logit univariés pour l'adoption de chacune des quatre PCS est susceptible d'entraîner des inefficacités. Cette inefficacité provient du fait que les décisions des agriculteurs concernant l'adoption de pratiques agricoles de conservation ne sont pas mutuellement exclusives. En particulier, les agriculteurs adoptent souvent des pratiques multiples parce que ces pratiques peuvent se compléter ou se substituer les unes aux autres en termes d'avantages pour la santé des sols et la rentabilité (Canales et al., 2020 ; Gong et al., 2021) . En outre, les caractéristiques non observées des agriculteurs peuvent influencer simultanément l'adoption de différentes pratiques de conservation, ce qui conduit à des termes d'erreur corrélés dans les quatre équations d'adoption distinctes. Le modèle le plus approprié pour estimer l'adoption de technologies multiples, comme l'exprime l'équation (5), est le modèle probit multivarié (MVP). Largement utilisé sur le site (Apio et al., 2023 ; Kolady et al., 2021 ; Oladimeji et al., 2020) , le modèle MVP résout le problème de l'endogénéité résultant de la corrélation des termes d'erreur. Les termes d'erreur dans l'équation latente (4) suivent conjointement une distribution normale multivariée (MVN) avec une moyenne conditionnelle nulle et une variance normalisée à l'unité, c'est-à-dire $(\varepsilon_{rt}, \varepsilon_{mc}, \varepsilon_{cc}, \varepsilon_{gm}) \sim MVN(0, \omega)$ et la matrice de covariance symétrique est donnée par :

$$\omega = \begin{bmatrix} 1 & \sigma_{rtcc} & \sigma_{rtcc} & \sigma_{rtgm} \\ \sigma_{mcrt} & 1 & \sigma_{mccc} & \sigma_{mcgm} \\ \sigma_{ccrt} & \sigma_{ccmc} & 1 & \sigma_{ccgm} \\ \sigma_{gmrt} & \sigma_{gmcc} & \sigma_{gmcc} & 1 \end{bmatrix}$$

Modèle fractionnaire multivarié (MVF)

Soit la variable dépendante s_i pour l'observation i^{th} , un vecteur de valeurs fractionnaires, tel que

$$S_i = (S_{i1}, \dots, S_{iv})$$

Où S_{iv} représente la proportion de la superficie cultivée pour le type de culture v^{th} p i $S_{iv} \geq 0$ $\sum_{v=1}^V S_{iv} = 1$ $G(\cdot)$ (Papke & Wooldridge, 1996). Pour chaque variable dépendante univariée, la moyenne conditionnelle est définie comme suit :

$$E(S|X) = G(X\beta) \quad (3)$$

Où la fonction non linéaire $G(\cdot)$ satisfait $0 \leq G(\cdot) \leq 1$. Les vecteurs X et β comprennent respectivement les variables explicatives et les paramètres à estimer. Les proportions ne sont pas mutuellement exclusives, car les agriculteurs peuvent cultiver une ou plusieurs cultures. Compte tenu de cette hypothèse, cette étude utilise un modèle fractionnaire multivarié (MVF) pour évaluer les facteurs qui influencent l'allocation des surfaces cultivées. Le modèle MVF avec spécification logit s'exprime comme suit :

$$E(S_v|X) = G_v = \frac{\exp(X \cdot \beta_v)}{\sum_{l=1}^V \exp(X \cdot \beta_l)}, v = 1, \dots, V \quad (1)$$

Le modèle est estimé pour les proportions d'acres consacrées aux légumes à forte demande en éléments nutritifs ($v = 1$), aux légumes à demande moyenne en éléments nutritifs ($v = 2$), aux légumes à faible demande en éléments nutritifs ($v = 3$), et aux autres cultures horticoles ($v = 4$). Cette étude considère quatre types de cultures horticoles, à savoir $V = 4$. La moyenne conditionnelle non linéaire $G_v = G_v(X\beta)$ satisfait $0 \leq G_v(\cdot) \leq 1$ pour tous les v , et $\sum_{v=1}^V G_v = 1$. L'indice l correspond à chaque alternative possible pour la sélection des cultures. La somme sur l dans le dénominateur garantit que la somme des probabilités est égale à un pour toutes les alternatives. Les paramètres β seront estimés en maximisant la fonction de log-vraisemblance de Bernoulli, exprimée comme suit :

$$\hat{\beta} = LL(\beta) = \sum_{i=1}^N \log(L_i(\beta))$$

Avec $\log L_i(\beta) = \sum_{v=1}^V S_{iv} \cdot \log G_{iv} = \sum_{v=1}^{V-1} S_{iv} \cdot \log\left(\frac{G_{iv}}{G_{iV}}\right) + \log(G_{iV})$; et $G_{iV} = 1 - \sum_{v=1}^{V-1} G_{iv}$. Comme les probabilités doivent être égales à 1, $V - 1$ sera modélisé pour éviter une parfaite multicollinéarité.

Figure 1 : Processus de décision séquentiel de l'adoption des PCSD et de la sélection des cultures

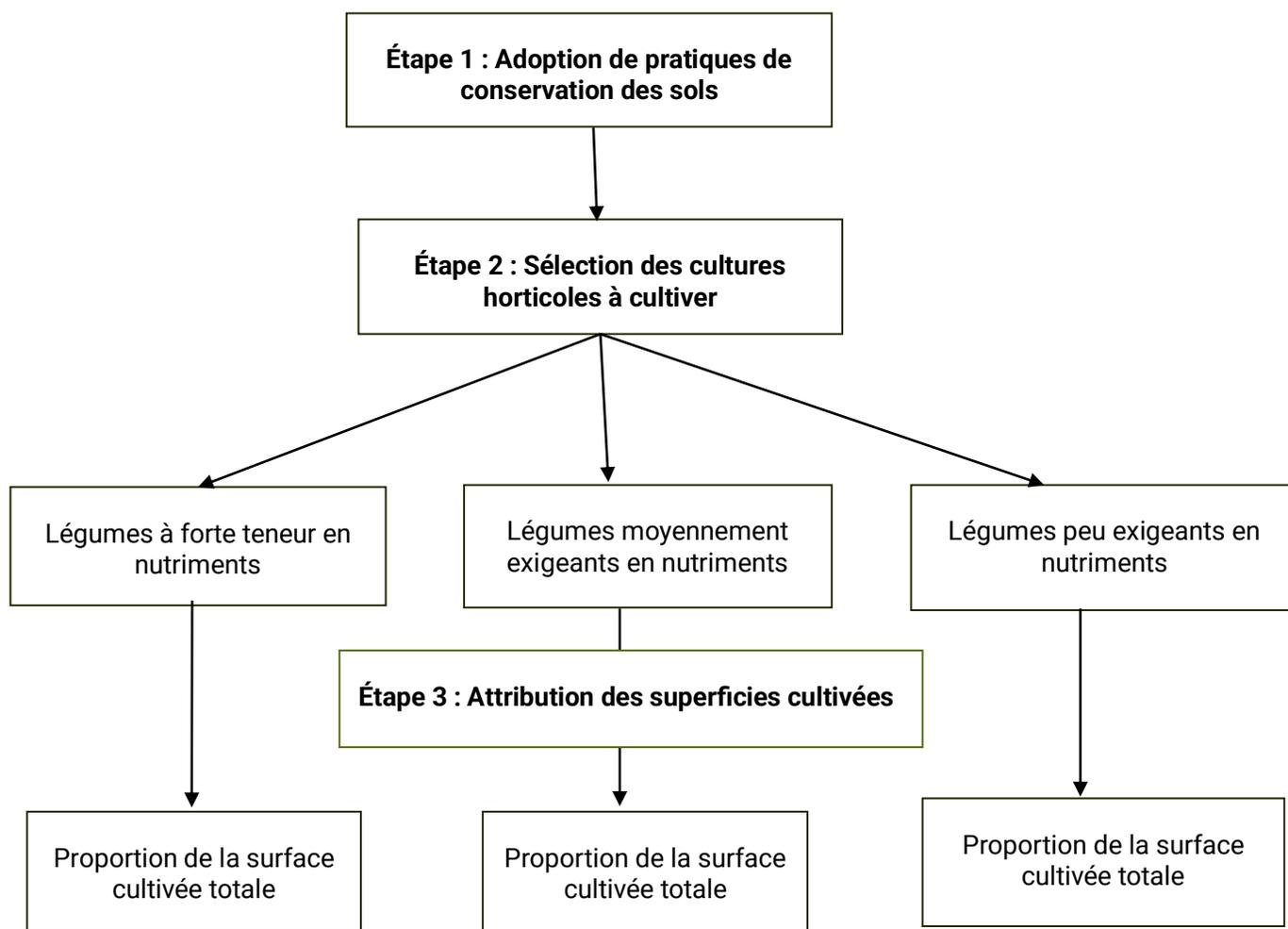


Tableau 1 : Classification des légumes exigeants en nutriments

Légumes à forte teneur en nutriments	Légumes moyennement exigeants en nutriments	Légumes peu exigeants en nutriments
<ul style="list-style-type: none"> • Brocoli • Choux de Bruxelles • Choux • Chou-fleur • Chou chinois • Poivre • Courges et courgettes • Tomate • Céleri 	<ul style="list-style-type: none"> • Asperges • Betterave • Concombre • Citrouille • Échalote et oignon vert • Oignon sec • Radis 	<ul style="list-style-type: none"> • Carotte • Laitue • Rutabaga et navet • Haricot vert et haricot beurre • Pois vert

Tableau2 : Description des variables incluses dans les modèles d'estimation

Variable	Description	Attendu signe	Moyenne (S.D.)
Variables dépendantes			
Adoption d'un travail réduit du sol	Variable muette qui prend la valeur 1 si, entre octobre 2020 et septembre 2021, l'agriculteur a utilisé le non-labour ou le labour réduit pour son type de culture légumière le plus courant, et 0 dans le cas contraire.		0.27 (0.44)
Adoption de cultures multiples	Variable muette qui prend la valeur 1 si, entre octobre 2020 et septembre 2021, deux ou trois cultures ont été pratiquées à des moments différents sur la même terre dans un champ, c'est-à-dire une double ou triple culture, et 0 sinon.		0.85 (0.37)
Adoption de cultures de couverture	Variable muette prenant la valeur 1 si, entre octobre 2020 et septembre 2021, l'agriculteur a planté des cultures de couverture (automne ou hiver) après la récolte ; =0 sinon.		0.59 (0.49)
Adoption de l'engrais vert	Variable muette qui prend la valeur 1 si, entre octobre 2020 et septembre 2021, l'agriculteur a planté des cultures d'engrais vert au printemps pour son type de culture légumière le plus courant ; =0 sinon.		0.92 (0.28)
Culture de légumes à forte demande en nutriments (LEN)	Variable muette qui prend la valeur 1 si l'agriculteur a planté des légumes à forte demande en nutriments, et 0 sinon.		0.54 (0.50)
Culture de légumes moyennement exigeants en nutriments	Variable muette qui prend la valeur 1 si l'agriculteur a planté des légumes moyennement exigeants en nutriments, et 0 sinon.		0.45 (0.50)
Culture de légumes peu exigeants en nutriments	Variable muette qui prend la valeur 1 si l'agriculteur a planté des légumes peu exigeants en nutriments, et 0 sinon.		0.65 (0.48)
Superficie agricole cultivée pour la LEN élevée	Superficie agricole (acres) consacrée aux cultures de légumes à forte demande en éléments nutritifs		40.05 (105.50)
Superficie agricole cultivée pour la LEN moyenne	Superficie de l'exploitation (en acres) consacrée aux cultures légumières moyennement exigeantes en éléments nutritifs		22.62 (60.65)
Superficie agricole cultivée pour la LEN basse	Superficie agricole (acres) consacrée à des cultures légumières peu exigeantes en éléments nutritifs		50.49 (108.44)
Variables explicatives : Caractéristiques des agriculteurs			
Rédaction du plan de succession	Variable muette qui prend la valeur 1 si l'agriculteur a mis en place un plan de succession écrit, et 0 dans le cas contraire	+	0.83 (0.37)
Élaboration d'un plan environnemental formel pour les exploitations agricoles	Variable muette qui prend la valeur 1 si l'agriculteur a élaboré un plan environnemental formel pour l'exploitation, et 0 dans le cas contraire.	+	0.56 (0.50)
Opérateurs personnalisés	Variable muette qui prend la valeur 1 si l'agriculteur a fait appel à des opérateurs à façon pour effectuer des travaux agricoles dans	+	0.66 (0.47)

cette exploitation liée à la production végétale ou animale, et 0 dans le cas contraire.

Variables explicatives : Caractéristiques des exploitations

Pas de végétation naturelle sur l'exploitation	Variable muette qui prend la valeur 1 s'il n'y a pas de végétation naturelle sur l'exploitation, et 0 sinon	+/-	0.66 (0.48)
Système d'irrigation à la ferme	Variable muette qui prend la valeur 1 si l'exploitation dispose d'un système d'irrigation.		0.38 (0.49)

Variables explicatives : Actifs des exploitations

Total des dépenses agricoles	Dépenses agricoles totales (CAD) de l'exploitation.	+	1504127 (2965470)
Valeur monétaire totale des terrains et des bâtiments	Valeur monétaire totale (CAD) des terrains et des bâtiments.	+	8597335 (11658545)
Nombre total de travailleurs familiaux	Nombre total de travailleurs familiaux ayant reçu un feuillet T4	+	1.50 (2.11)
Nombre total de travailleurs non familiaux	Nombre total de travailleurs (sans main-d'œuvre familiale) ayant reçu un feuillet T4	+	2.38 (4.96)

Variables explicatives : Pratiques de gestion des exploitations

Superficie agricole utilisée pour les engrais chimiques	Surface agricole (en acres) sur laquelle des engrais chimiques sont appliqués.	+/-	330.15 (577.26)
Vente de la récolte à la ferme	Variable muette qui prend la valeur 1 si l'agriculteur a vendu la production récoltée directement sur l'exploitation.	+/-	0.24 (0.43)
Vente de la récolte aux grossistes	Variable muette qui prend la valeur 1 si l'agriculteur a vendu la production récoltée à des grossistes.	+/-	0.42 (0.49)
Vente de la récolte aux détaillants	Variable muette qui prend la valeur 1 si l'agriculteur a vendu la production récoltée à des détaillants.	+/-	0.34 (0.47)
Vente de la récolte aux transformateurs	Variable muette qui prend la valeur 1 si l'agriculteur a vendu la production récoltée à des transformateurs.	+/-	0.38 (0.49)

Variables explicatives : Facteurs exogènes

Ferme située au Québec	Variable muette qui prend la valeur 1 si l'exploitation agricole est située au Québec ; et 0 sinon	+/-	0.35 (0.48)
Ferme située en Ontario	Variable muette qui prend la valeur 1 si l'exploitation agricole est située en Ontario ; et 0 sinon	+/-	0.42 (0.49)
Ferme située en Colombie-Britannique	Variable muette qui prend la valeur 1 si l'exploitation agricole est située en Colombie-Britannique, et 0 sinon.	+/-	0.15 (0.36)

Tableau3 : Déterminants des pratiques de conservation des sols (PCS)

Variables	Réduction du travail du sol	Cultures multiples	Culture de couverture	Engrais verts
	Coeff.	Coeff.	Coeff.	Coeff.
Caractéristiques des agriculteurs				
Rédaction du plan de relèvement	-0.002 (0.196)	0.580*** (0.212)	0.217 (0.196)	0.161 (0.260)
Élaboration d'un plan environnemental à la ferme	0.222 (0.174)	-0.022 (0.195)	-0.068 (0.163)	-0.123 (0.240)
Opérateurs personnalisés	-0.535***(a) (0.166)	0.298* (0.178)	0.192 (0.161)	0.351 (0.216)
Caractéristiques des exploitations				
Pas de végétation naturelle sur l'exploitation	0.060 (0.174)	0.0750 (0.183)	-0.117 (0.170)	0.065 (0.202)
Système d'irrigation à la ferme	0.261 (0.199)	-0.108 (0.222)	0.303 (0.190)	-0.297 (0.249)
Superficie agricole utilisée pour les engrais chimiques	0.028 (0.037)	0.064* (0.039)	0.000 (0.034)	-0.009 (0.049)
Actifs des exploitations				
Total des dépenses agricoles	-0.077 (0.080)	0.008 (0.079)	0.017 (0.076)	0.085 (0.096)
Valeur monétaire totale des terrains et des bâtiments	0.176* (0.090)	0.016 (0.084)	-0.085 (0.080)	-0.016 (0.099)
Nombre total de travailleurs familiaux	-0.010 (0.045)	0.003 (0.043)	0.067* (0.040)	-0.008 (0.046)
Nombre total de travailleurs non familiaux	-0.009 (0.019)	-0.030 (0.018)	-0.012 (0.015)	-0.013 (0.020)
Pratiques de gestion des exploitations				
Superficie agricole cultivée pour la LEN élevée	-0.002 (0.001)	0.001 (0.001)	-0.002* (0.001)	0.000 (0.001)
Vente de la récolte à la ferme	0.120 (0.212)	0.320 (0.231)	0.124 (0.208)	0.679** (0.330)
Vente de la récolte aux grossistes	-0.020 (0.200)	-0.261 (0.212)	-0.148 (0.187)	-0.617** (0.255)
Vente de la récolte aux détaillants	-0.108 (0.187)	-0.408** (0.197)	-0.013 (0.181)	-0.542** (0.245)
Vente de la récolte aux transformateurs	0.095 (0.161)	-0.165 (0.196)	-0.014 (0.168)	-0.118 (0.197)
Facteurs exogènes				
Ferme située au Québec	1.132*** (0.351)	-0.880* (1.452)	-0.408 (0.353)	-1.019 (0.495)
Ferme située en Ontario	0.616 (0.356)	0.6496** (0.344)	-0.442 (0.346)	-0.601 (0.495)
Ferme située en Colombie-Britannique	0.430 (0.428)	-0.695 (0.498)	-0.336 (0.393)	0.013 (0.643)
Constant	3.093 (1.298)	1.031 (3.284)	1.427 (1.194)	1.596 (1.693)
Observations	350	350	350	350
Log Likelihood (modèle complet)	-2083.668			
Prob> chi2	0.0000			

Note: (a) ***, **, * indiquent une signification à 1%, 5% et 10%, respectivement. (b) Les semi-élasticités liées aux variables logarithmiques sont indiquées.

Tableau4 : Corrélation entre les CPD (coefficients du modèle MVP)

Corrélation entre les pratiques	Coefficients de corrélation
rho21 (Cultures multiples, Travail réduit du sol)	-0.334*** (0.104)
rho31 (Cultures de couverture, Travail réduit du sol)	-0.112 (0.101)
rho41 (Engrais verts, Travail réduit du sol)	-0.187 (0.120)
rho32 (Cultures de couverture, Cultures multiples)	0.276*** (0.093)
rho42 (Engrais verts, Cultures multiples)	0.107 (0.120)
rho43 (Engrais vert, Culture de couverture)	0.523*** (0.089)
Test du rapport de vraisemblance de $\rho_{21} = \rho_{31} = \rho_{41} = \rho_{32} = \rho_{42} = \rho_{43} = 0$	
Chi2(6) = 2937,59	
Prob> chi2 = 0,0000	

Note: (a) ***, **, * indiquent une signification à 1%, 5%, et 10%, respectivement.

Tableau5 : Déterminants de la culture des légumes

Variables	Haute LEN ^a	Moyenne LEN	Faible LEN
	Coeff	Coeff	Coeff
Caractéristiques des agriculteurs			
Rédaction du plan de relève	1.265 (0.770)	-1.480*** (0.479)	1.158** (0.585)
Élaboration d'un plan environnemental à la ferme pour les expl	0.533*(b) (0.287)	-0.044 (0.218)	-0.583** (0.243)
Opérateurs personnalisés	-0.925 (0.603)	-0.824* (0.434)	1.372*** (0.496)
Caractéristiques des exploitations			
Système d'irrigation à la ferme	2.795*** (0.566)	-1.189*** (0.267)	-0.542* (0.309)
Superficie agricole utilisée pour les engrais chimiques	0.108 (0.077)	-0.146** (0.056)	0.077 (0.066)
Actifs des exploitations			
Total des dépenses agricoles	-0.209 (0.128)	0.040 (0.089)	0.099 (0.092)
Valeur monétaire totale des terrains et des bâtiments	-0.126 (0.170)	0.057 (0.116)	-0.093 (0.141)
Nombre total de travailleurs familiaux	0.274 (0.109)	-0.125** (0.058)	0.068 (0.078)
Nombre total de travailleurs non familiaux	-0.096 (0.040)	0.104*** (0.026)	-0.029 (0.031)
Pratiques de gestion des exploitations			
Vente de la récolte à la ferme	1.785*** (0.451)	-0.497* (0.284)	0.087 (0.319)
Vente de la récolte aux grossistes	-0.463 (0.399)	0.584** (0.283)	0.030 (0.311)
Vente de la récolte aux détaillants	-0.048 (0.387)	0.460* (0.271)	-0.783** (0.324)
Vente de la récolte aux transformateurs	0.363 (0.282)	0.098 (0.201)	-0.512** (0.233)
Adoption d'un travail réduit du sol ^(d)	-15.318*** (2.816)	-1.204 (1.754)	7.772** (2.039)
Adoption de cultures multiples ^(e)	0.957 (3.832)	7.443*** (2.543)	-8.592** (3.127)
Adoption de cultures de couverture ^(f)	-17.594*** (3.597)	5.753*** (1.622)	0.567 (2.151)
Adoption de l'engrais vert ^(g)	0.139 (2.167)	-3.270* (1.758)	2.599 (2.106)
Facteurs exogènes			
Ferme située au Québec	1.879 (1.244)	2.666*** (0.788)	-3.002*** (0.868)
Ferme située en Ontario	-0.121 (1.186)	3.233*** (0.710)	-2.859*** (0.799)

Ferme située en Colombie-Britannique	0.594 (0.914)	2.388*** (0.559)	-1.373** (0.604)
Constant	15.050*** (5.388)	-8.177** (3.216)	4.450 (3.785)
Observations	350	350	350
Log Likelihood (modèle complet)	-1795.7908		
Prob> chi2	0.0000		

Note: (a) LEN signifie légumes exigeants en nutriments. (b) ***, **, * indiquent une signification à 1 %, 5 % et 10 %, respectivement. (c) Les semi-élasticités liées aux variables logarithmiques sont indiquées. (d), (e), (f) et (g) représentent les probabilités prédites à partir des estimations de l'adoption du travail réduit du sol, des cultures multiples, des cultures de couverture et des engrais verts, respectivement.

Tableau 6 : Déterminants de l'allocation des surfaces en légumes

Variables	Superficie de la VDN élevée ^(a)	Superficie de la VDN moyenne	Superficie de la faible VDN
	M. E.	M. E.	M. E.
Caractéristiques des agriculteurs			
Rédaction du plan de relèvement	-0.046 (0.035)	0.091*** (0.028)	-0.045 (0.029)
Élaboration d'un plan environnemental à la ferme	0.015 (0.029)	-0.056** (0.022)	0.041 (0.027)
Opérateurs personnalisés	0.085*** ^(b) (0.030)	0.001 (0.020)	-0.086*** (0.025)
Caractéristiques des exploitations			
Système d'irrigation à la ferme	-0.041 (0.035)	-0.107*** (0.027)	0.149*** (0.029)
Actifs des exploitations			
Total des dépenses agricoles	0.020 ^(c) (0.013)	-0.010 (0.009)	-0.010 (0.010)
Valeur monétaire totale des terrains et des bâtiments	-0.019 (0.013)	-0.014* (0.009)	0.033** (0.013)
Nombre total de travailleurs familiaux	-0.010 (0.007)	0.012*** (0.004)	-0.002 (0.005)
Nombre total de travailleurs non familiaux	-0.008** (0.003)	0.004* (0.002)	0.003 (0.002)
Pratiques de gestion des exploitations			
Vente de la récolte à la ferme	0.032 (0.038)	-0.031 (0.022)	-0.001 (0.035)
Vente de la récolte aux grossistes	0.021 (0.032)	-0.028 (0.023)	0.007 (0.028)
Vente de la récolte aux détaillants	0.107*** (0.031)	0.008 (0.021)	-0.115*** (0.028)
Vente de la récolte aux transformateurs	-0.055* (0.031)	-0.017 (0.022)	0.072** (0.029)
Culture de la LEN élevée ^(d)	0.212*** (0.026)	-0.110*** (0.014)	-0.102*** (0.023)
Culture du milieu LEN ^(e)	-0.109*** (0.017)	0.233*** (0.014)	0.124*** (0.013)
Culture à faible LEN ^(f)	-0.183*** (0.018)	-0.092*** (0.011)	-0.274*** (0.010)
Facteurs exogènes			
Ferme située au Québec	0.036 (0.086)	0.105* (0.061)	-0.142** (0.057)
Ferme située en Ontario	0.194** (0.084)	0.097 (0.063)	-0.291*** (0.057)
Ferme située en Colombie-Britannique	0.146* (0.089)	0.035 (0.061)	-0.182*** (0.062)
Constant			
Observations	350	350	350
Log Likelihood (modèle complet)	-194.431		
Prob> chi2	0.0000		

Note : (a) LEN signifie légumes exigeants en nutriments. (b) ***, **, * indiquent une signification à 1 %, 5 % et 10 %, respectivement. (c) Les semi-élasticités liées aux variables logarithmiques sont indiquées. Les points (d), (e) et (f) représentent les rapports de broyage inversés (IMR) prédits à partir des estimations de la sélection binaire des LEN élevés, moyens et faibles, respectivement.