

HEC MONTRÉAL

**Impact des réglementations environnementales pour les entreprises agricoles
canadiennes : l'influence de la taxe carbone sur la demande de carburant**

par

Anne-Julie Poirier

**Sciences de la gestion
(Économie appliquée)**

*Mémoire présenté en vue de l'obtention
du grade de maîtrise ès sciences
(M. Sc)*

Juillet 2014

© Anne-Julie Poirier, 2014

**Retrait d'une ou des pages pouvant contenir des renseignements
personnels**

Résumé

Cette étude empirique vise à analyser l'impact d'une taxation sur le carbone pour les entreprises agricoles, plus particulièrement sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) des entreprises de ce secteur. Pour ce faire, nous étudions *ex-post* l'impact de la récente taxe sur le carbone d'envergure implantée en 2008 en Colombie-Britannique sur la demande de carburants fossiles (diesel et essence) des entreprises agricoles en lien avec l'utilisation de machinerie agricole et le transport sur la ferme. Afin d'y arriver, nous adaptons le modèle développé par les auteurs Rivers et Schaufele (2013a) à la réalité du secteur agricole afin de mesurer l'élasticité de la demande d'essence en rapport à la taxe sur le carbone imposée.

Nous réalisons notre analyse en utilisant les données de panel de cinq provinces canadiennes, sur un horizon temporel de 10 ans, alors que l'utilisation du modèle de *seemingly unrelated regression* de Zellner nous permet de comparer la production de pommes de terre à celle de plantes oléagineuses et céréales. Nous réalisons plusieurs tests de robustesse afin de vérifier la validité du modèle utilisé et discuter des résultats obtenus pour les deux types de production étudiés. Le calcul des élasticités pour le prix du carburant et la taxe sur le carbone nous permet de constater leur impact sur la consommation de carburant en entreprise agricole et de vérifier l'hypothèse du gouvernement britanno-colombien à l'effet que le secteur agricole est particulièrement affecté par la taxe sur le carbone. Cela nous permet également de discuter de l'effet escompté de la taxe sur les émissions de GES de ce secteur.

Mots clés : Taxe carbone, agriculture, élasticité de la demande, *seemingly unrelated regression* (SUR)

Table des matières

Résumé	iii
Liste des illustrations.....	vi
Liste des abréviations	viii
Remerciements.....	ix
1. Introduction	1
2. Revue de littérature.....	6
2.1. Fondements théoriques	6
2.1.1. Principes théoriques	6
2.1.2. Efficacité de la taxe carbone	7
2.2. Les impacts de la taxe sur le carbone	11
2.2.1. Modèles d'équilibre général (MEG).....	11
2.2.2. Élasticité-prix de la demande	14
3. Le modèle	21
3.1. Types de production agricole	21
3.2. Essence et diesel.....	25
3.3. Variable dépendante.....	25
3.4. Variables explicatives	27
3.4.1. Prix de l'essence.....	27
3.4.2. Taxe carbone.....	28
3.4.3. Mesure de richesse.....	28
3.4.4. Taille des entreprises.....	29
3.5. Autres variables	29
3.5.1. Conditions climatiques	29
3.5.2. Intrants.....	31
3.5.3. Main d'œuvre.....	32
3.6. Prédications du modèle et limites.....	33
4. Méthodologie	35
4.1. Modèle Seemingly unrelated regressions (SUR).....	35
4.2. Problème potentiel d'endogénéité.....	37
5. Les données	40
5.1. Prix des engrais	41
5.2. Statistiques descriptives.....	42

6. Résultats.....	47
6.1. Intuition.....	47
6.2. Résultats.....	48
6.2.1. Production de plantes oléagineuses et céréales	49
6.2.2. Production de pommes de terre	50
6.3. Tests de validité du modèle	50
6.3.1. Explications possibles	55
6.4. Élasticité de la demande	59
6.4.1. Comparaison des résultats	60
7. Discussion	66
7.1. Limites	66
7.2. Impact sur les émissions de GES	67
8. Conclusion	70
Annexe 1.....	72
Annexe 2.....	76
Annexe 3.....	77
Annexe 4.....	78
Annexe 5.....	79
Annexe 6.....	80
Annexe 7.....	83
Bibliographie	87

Liste des illustrations

Tableau 1. Sommaire des résultats obtenus par les principales études de la littérature portant sur la taxe carbone.....	10
Tableau 2. Provenance des émissions de GES du secteur agricole.....	22
Tableau 3. Sommaire des signes anticipés des coefficients.....	33
Tableau 4. Définition, statistiques descriptives et sources de variables utilisées	43
Tableau 5. Déterminants de la demande de carburant des entreprises agricoles canadiennes	48
Tableau 6. Nombre moyen d'entreprises par province (entre 1993 et 2012)	57
Tableau 7. Calcul des élasticités estimées de la demande de carburant.....	59
Tableau 8. Part des dépenses en carburants et en chauffage dans les entreprises agricoles	61
Tableau 9. Coefficients obtenus lors de la régression SUR.....	79
Tableau 10. Résultats de la régression par MCO de la variable dépendante output sur les variables indépendantes du modèle (production de céréales) ...	81
Tableau 11. Résultat de la première conduite de la régression du modèle tel que décrit (colonne 1) et tests 2 à 4.....	84
Tableau 12. Résultats des tests 5 à 8	85
Tableau 13. Résultats des tests 9 à 12	86
Figure 1. Dépenses moyennes nettes de carburant pour la machinerie agricole par type de production, par exploitation agricole, Colombie-Britannique (dollars canadiens).....	23
Figure 2. Consommation mondiale, canadienne et américaine de pétrole brut.....	38
Figure 3. Variable dépendante par province – Production de pommes de terre	44
Figure 4. Variable dépendante par province – Production de plantes oléagineuses et céréales	45
Figure 5. Prix de l'essence par province, mensuel, non désaisonnalisé	45
Figure 6. Émissions de CO ₂ provenant de la combustion de carburant fossile pour le secteur agricole canadien (kt éq CO ₂)	68
Figure 7. Dépenses moyennes nettes de carburant pour la machinerie agricole par type de production, par exploitation agricole, Québec (dollars canadiens)	72

Figure 8. Dépenses moyennes nettes de carburant pour la machinerie agricole par type de production, par exploitation agricole, Ontario (dollars canadiens)	73
Figure 9. Dépenses moyennes nettes de carburant pour la machinerie agricole par type de production, par exploitation agricole, Manitoba (dollars canadiens)	74
Figure 10. Dépenses moyennes nettes de carburant pour la machinerie agricole par type de production, par exploitation agricole, Alberta (dollars canadiens)	75
Figure 11. Répartition des dépenses des exploitations agricoles, culture de plantes oléagineuses et céréales	77
Figure 12. Répartition des dépenses des exploitations agricoles, culture de pommes de terre	77

Liste des abréviations

AAC	Agriculture et Agroalimentaire Canada
CO ₂	Gaz carbonique
CH ₄	Méthane
CCNUCC	Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (UNFCCC en anglais)
CRAAQ	Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec
EIA	<i>U.S. Energy Information Administration</i>
EU ETS	<i>European Union Emissions Trading Scheme</i>
FAO	Organisation des Nations-Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FPPTQ	Fédération des producteurs de pommes de terre du Québec
GES	Gaz à effet de serre
MCO	Méthode des moindres carrés ordinaire
MCG	Moindres carrés généralisés
MEG	Modèle d'équilibre général
N ₂ O	Protoxyde d'azote ou oxyde nitreux
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
RGGI	<i>Regional Greenhouse Gaz Initiative</i>
SUR	<i>Seemingly unrelated regression</i>
tCO ₂	Tonne de gaz carbonique
WCI	<i>Western Climate Initiative</i>

Remerciements

Avant toutes choses, il m'importe de remercier certaines personnes qui m'ont grandement aidé. Je tiens à remercier tout d'abord mes deux professeurs, Paul Lanoie et Mario Samano, qui ont su m'épauler tout au long de la réalisation de ce mémoire. Leur générosité, leurs précieuses recommandations et judicieux conseils m'ont été d'une aide inestimable et m'ont permis d'en arriver à ce résultat final.

Un merci tout spécial à Danielle Allard et Chanele Morel-Lebrun pour le temps investi et les commentaires, ainsi qu'une mention à mes amis et à mes collègues pour les encouragements dans ce processus.

Finalement, je remercie Danielle, Donald, Claudia et Charles-Antoine qui ont su m'écouter, me supporter et m'encourager dans la réalisation de ce travail de longue haleine et à qui je dois toute la motivation pour rendre ce mémoire au point où il en est.

1. Introduction

Depuis plusieurs années déjà, les questions de la dégradation de l'environnement liée aux émissions polluantes et celle des changements climatiques sont des problématiques majeures, matières à préoccupation (Knittel, 2012). En effet, les conséquences de ces dégradations se font de plus en plus observables partout sur la planète et l'importance d'agir se fait sentir. L'entrée en vigueur du protocole de Kyoto en 2005 qui découle de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) a pour but d'inciter les gouvernements à se doter de mécanismes d'action visant à réduire les sources identifiées de changements climatiques, dont les émissions de gaz à effet de serre (GES) (UNFCCC, 2013).

Ainsi, les administrations publiques se sont engagées à diminuer les émissions de GES de leur pays respectif et sont invitées à mettre en place des réglementations et politiques afin d'y parvenir. Pour plusieurs, l'établissement d'un marché du carbone et la taxation sur le carbone sont des moyens envisagés pour respecter leurs engagements en termes de diminution des émissions de GES puisque, dans la littérature, les experts s'entendent pour dire que ce sont des mécanismes efficaces. D'autres régions ont préféré se regrouper pour s'attaquer aux émissions de GES par un contrôle sous forme de permis et de politiques communes d'échange de carbone : c'est le cas de la *Western Climate Initiative* (WCI)¹, de la *Regional Greenhouse Gas Initiative* (RGGI)² et de l'*European Union Emissions Trading Scheme* (EU ETS).

À ce jour, encore peu nombreuses sont les régions ayant décidé d'implanter une taxe carbone, soit le Danemark, la Finlande, le Norvège, la Suède et la Colombie-Britannique au Canada (Carbon Tax Center, 2013). En janvier

¹ Dans la *Western Climate Initiative* (WCI) qui regroupe le Québec, la Colombie-Britannique, l'Ontario, le Manitoba et la Californie, seuls le Québec et la Californie sont actuellement actifs, les trois autres sont pour l'instant observateurs (WCI, 2013).

² La *Regional Greenhouse Gas Initiative* (RGGI) comprend dix états du nord est des États-Unis

2014, le gouvernement australien, qui avait mis en place une taxe carbone en 2012, est quant à lui revenu sur cette décision en annulant la taxe carbone. Il justifie cette décision en considérant l'effet bénéfique qu'aura une diminution des coûts pour les entreprises et les citoyens australiens (Australian Government, 2014).

La province de Québec n'ayant introduit en 2007 qu'une taxe carbone minimale sur les hydrocarbures, celle de la Colombie-Britannique est considérée comme la première du genre en Amérique du Nord et a la réputation d'être beaucoup plus rigoureuse. La taxe carbone en Colombie-Britannique a été mise en place en 2008 et prend effet sur l'importation ou l'utilisation d'énergies fossiles (pétrole, gaz naturel et charbon) sur le territoire de la province. Elle a pour but d'inciter les entreprises à investir dans l'utilisation d'énergies moins polluantes. Le tarif initial de la taxe de 15 \$ par tonne de CO₂ (tCO₂) a été augmenté progressivement de 5 \$/tCO₂ par année pour atteindre son plein tarif de 30\$/tCO₂ en 2012 (McClay & Elgie, 2013). La volonté du gouvernement de la Colombie-Britannique étant à l'effet que les répercussions de la taxe carbone ne soient pas assumées par la population, la totalité des revenus de cette taxe sont redistribués sous forme de diminution des impôts.

Malgré tout, encore rares sont les administrations qui ont décidé d'imiter le gouvernement de la Colombie-Britannique et d'appliquer une taxe sur le carbone. Les effets potentiellement négatifs qu'une telle taxe pourrait avoir sur certaines industries ou secteurs plus vulnérables et le fait qu'il est encore difficile de mesurer ses impacts sont des facteurs dissuasifs. Dans le cas de la Colombie-Britannique, les producteurs de certains secteurs agricoles ont dénoncé les impacts négatifs de cette mesure sur la compétitivité des entreprises qui se doivent d'être concurrentielles face aux entreprises des autres provinces et des autres pays n'ayant pas de taxe similaire (OCDE, 2013). Ces représentations ont eu pour effet d'amener le gouvernement à réviser la réglementation sur la taxe carbone pour en exempter

temporairement les entreprises de production en serre. Le gouvernement britanno-colombien a longtemps étudié la possibilité d'exempter la totalité du secteur agricole (Commerce, 2013), ce qu'il a fait récemment, soit en janvier 2014, pour l'utilisation de machinerie et de véhicules à des fins agricoles (BC Ministry of Finance, 2014).

Dans le contexte d'une possible exemption de la taxe carbone pour le secteur agricole de la Colombie-Britannique, le présent travail vise à évaluer l'impact sur le secteur agricole de l'imposition d'une taxe carbone. Plus précisément, nous tenterons de vérifier l'impact d'une telle taxation sur la demande de carburant pour ce secteur clé et donc de vérifier si elle induit effectivement une diminution des émissions de GES. Pour ce faire, les données de cinq provinces canadiennes (Colombie-Britannique, Québec, Ontario, Manitoba et Alberta) seront étudiées afin de permettre la comparaison.

La problématique de la taxation sur le carbone est des plus pertinentes car elle fait l'objet d'un intérêt tout particulier dans la littérature des dernières années en raison de l'importance accordée à la question de la protection de l'environnement et des changements climatiques. Les économistes reconnaissent que la taxe carbone, ayant pour but d'induire une taxe sur l'externalité causée par la consommation de combustibles fossiles, est un mécanisme efficace pour diminuer les émissions de GES (McClay & Elgie, 2013). Comme encore peu de pays ont décidé d'appliquer ce type de taxation à ce jour, il existe peu de données disponibles afin d'étudier les effets observables à *posteriori*. La taxe carbone de la Colombie-Britannique étant la première du genre en Amérique du Nord et étant adoptée depuis déjà 5 ans, des données s'avèrent maintenant disponibles pour en étudier les effets. L'angle de recherche proposé se révèle d'autant plus pertinent que plusieurs administrations étudient actuellement les impacts d'une taxe sur le carbone afin d'évaluer la faisabilité de l'implantation de ce mécanisme (Mori, 2011).

Par ailleurs, nous avons choisi de traiter le secteur agricole indépendamment des autres secteurs de l'économie. En matière d'élaboration de politiques et

règlementations, le secteur agricole fait souvent l'objet d'une attention particulière et indépendante puisqu'il revêt une importance politique spécifique. L'enjeu de la souveraineté alimentaire est primordial pour toute administration en raison de l'importance de l'alimentation pour la population. Par ailleurs, les particularités des entreprises agricoles telles que la vulnérabilité aux conditions climatiques, leur emplacement dans les régions rurales, les techniques de production et la précarité financière de certaines entreprises font en sorte qu'elles sont plus sensibles aux variations des prix des intrants, alors que les possibilités d'adaptation sont moindres.

La plupart des études existantes sur le sujet de la taxe carbone évaluent les impacts de cette mesure pour tous les secteurs confondus d'une économie. Les études se concentrant sur un seul secteur de l'économie sont encore peu nombreuses. D'autre part, les mécanismes de taxation sur le carbone et de marché du carbone étant plus présents en Europe, il existe plusieurs textes évaluant les impacts dans ces pays. Il existe également plusieurs études se penchant sur les impacts d'une éventuelle taxe carbone aux États-Unis. Au Canada, peu d'études recensées examinent les impacts de la taxe carbone si ce n'est celles se rapportant à la taxe carbone mise en place par le gouvernement de la Colombie-Britannique. Celles des auteurs Elgie et McClay (2013) et Rivers et Schaufele (2013a et 2013b) en sont de bons exemples. En ce sens, notre angle de recherche se veut unique et semble des plus pertinents puisqu'il vise un secteur particulier qui est encore peu étudié dans notre pays en ce qui a trait à la problématique traitée.

La première section sera consacrée à la recension des écrits pertinents à l'étude de l'impact de la taxe carbone dans le secteur agricole. Cette portion du texte traitera d'abord des principes de la théorie permettant de comprendre l'intuition derrière la littérature. Ensuite, l'efficacité de l'outil de taxation sur le carbone sera étudiée pour terminer avec une section différenciant deux approches méthodologiques permettant de regrouper les écrits recensés.

La section suivante, le chapitre 3, sera consacrée à la description du modèle utilisé, au choix des types de production agricoles ainsi qu'à la description des différentes variables favorisées. Cette section servira également à faire des prédictions quant aux coefficients à obtenir lors de la régression du modèle. Le quatrième chapitre aura comme objectif de décrire la méthodologie utilisée. En effet, nous expliquerons le raisonnement derrière l'utilisation de la *seemingly unrelated regression* (SUR) et la justification de son utilisation. Le cinquième chapitre quant à lui servira à décrire les données utilisées ainsi que les étapes pour la construction de la base de données.

Enfin, les chapitres 6 et 7 serviront à présenter les résultats de notre étude et permettront d'en faire la discussion et d'en exposer les limites, pour terminer avec la conclusion de ce travail.

2. Revue de littérature

2.1. Fondements théoriques

Le mécanisme de taxation sur le carbone est un outil politique plutôt récent qui a fait ses débuts en Europe dans les années 1990 (Rivers & Schaufele, 2013a, p. 1). La littérature pertinente sur le sujet s'avère donc assez récente. Elle découle de principes de théorie microéconomique très présents dans la littérature qu'il importe de rappeler afin de saisir l'intuition économique derrière les différents écrits recensés.

2.1.1. Principes théoriques

La question du contrôle des émissions de GES s'appuie sur la théorie de l'économie de l'environnement et la notion de bien public selon laquelle, l'environnement appartenant à tous, il est facile de l'utiliser sans payer pour la dégradation qu'on y apporte. Afin de contrer cela et d'inciter à la diminution des émissions de GES, deux types de mécanismes peuvent être adoptés, soit : *command-and-control* qui vise à imposer des quantités d'émissions maximales aux entreprises, et les mécanismes basés sur le marché comme la taxe sur le carbone et le *cap-and-trade*, qui vise à fixer la quantité d'émissions permise en attribuant des permis d'émissions (Carbon Tax Center, 2013). Cette dernière mesure a comme avantage que les prix du carbone se fixent en fonction du marché qui émerge des échanges de permis (El-Khoury & Samano, 2013).

Le mécanisme de taxe sur le carbone comme on le connaît actuellement s'apparente à une taxe pigouvienne qui vise à éliminer le problème du *free-rider* et « fait en sorte que la firme internalise l'externalité en rendant l'activité polluante plus coûteuse » (Knittel, 2012, p. 112), selon le principe de pollueur-payeur. Elle se traduit notamment par une taxe d'accise applicable sur les produits ayant un fort contenu en carbone (Pearce, 1991). En théorie, une taxe carbone peut être basée sur la consommation de la matière

polluante ou sur sa production, mais dans le cas de celle de la Colombie-Britannique, c'est à la consommation de combustibles fossiles que la taxe est applicable. Chacun des combustibles fossiles est alors taxé différemment en fonction de son potentiel de charge en carbone afin d'inciter les entreprises à changer leurs façons de faire et à utiliser une énergie moins polluante (Sustainable Prosperity, 2012). Ce mécanisme pose comme défi la fixation du niveau de la taxe qui, s'il est trop bas, n'incite pas à la diminution des émissions de GES alors qu'il risque d'affecter la rentabilité et la compétitivité des entreprises s'il est trop élevé (El-Khoury & Samano, 2013). Le taux de taxation doit être déterminé en fonction du coût marginal des dommages (Tol, 2005).

L'hypothèse raisonnable de réponse des firmes à l'implantation d'une taxe sur le carbone, comme celle observable en Colombie-Britannique qui se traduit par l'augmentation du coût d'un intrant, est qu'il y a adaptation de la firme à long terme, donc un possible effet de substitution. L'industrie risque de développer de nouvelles technologies qui permettent de consommer de moins grandes quantités d'énergie polluante, ou encore qui permettent d'utiliser une énergie moins responsable d'émissions de gaz carbonique (CO₂) (OCDE, 2001). On suppose ainsi une diminution de la demande de carburant.

2.1.2. Efficacité de la taxe carbone

Le mécanisme de taxe sur le carbone est un outil de plus en plus étudié dans la littérature en raison des nombreux avantages qu'il comporte. C'est une politique relativement simple d'application pour les administrations qui font le choix de l'utiliser, ce qui la rend également facile à modifier selon la situation et selon les besoins (Pearce, 1991). Un mécanisme comme la taxation sur le carbone permet même aux administrations une implantation graduelle afin de laisser un temps d'adaptation aux utilisateurs concernés; c'est ce que la Colombie-Britannique a décidé de faire en augmentant la taxe carbone de 5\$

par année jusqu'à l'obtention d'un prix de 30\$/tCO₂ en 2012 (Commerce, 2013) (McClay & Elgie, 2013) (Sustainable Prosperity, 2012).

De plus, c'est un bon incitatif pour que les entreprises et autres pollueurs adoptent des énergies plus propres et moins dommageables pour l'environnement, ce qui bénéficie également à la société (Pearce, 1991). Le mécanisme est d'autant plus discuté qu'il offre une alternative intéressante pour « corriger une distorsion de marché existante, soit celle des externalités causées par un usage excessif de la ressource » (Pearce, 1991, p. 940; traduction libre).

Finalement, la taxe sur le carbone telle que planifiée par le gouvernement de la Colombie-Britannique, prévoit que tous les revenus obtenus de cette taxe seront réinvestis afin d'atténuer les effets potentiels sur certaines tranches de la population plus démunies (Ministre des finances de la Colombie-Britannique, 2012). En effet, la loi sur la taxe carbone oblige le gouvernement britanno-colombien à fournir annuellement un plan pour l'utilisation de la totalité des revenus de la taxe carbone. Dans le plan fiscal pour 2012 à 2015 du Ministère des finances britanno-colombien (2012), les bonifications des programmes se traduisent par une réduction de 5% du taux de taxation pour les deux premières tranches d'imposition sur le revenu personnel, une réduction de taxe pour les personnes à faible revenu ainsi qu'un apport au programme pour les propriétaires ruraux et du Nord de la province.

Pour les entreprises, les revenus de la taxe carbone permettent de diminuer de près de 10% la taxe générale sur le revenu d'entreprise, de diminuer la taxe sur le revenu des petites entreprises, d'offrir un crédit sur la taxe de propriété industrielle ainsi qu'un petit apport pour diminuer les taxes scolaires de propriété pour les entreprises agricoles. Ce sont ces apports qui font que cette taxe est généralement socialement acceptée, puisqu'elle est neutre au niveau du revenu du gouvernement et que des possibilités d'atténuation telles que des mesures de retour à la population plus démunie, sont mises en

place pour diminuer les impacts pour ceux qui seraient plus vulnérables (Sustainable Prosperity, 2012).

Dans son texte, Pearce (1991) revoit en profondeur les inconvénients de cette mesure. Tout d'abord, faire des prévisions de diminution des émissions de CO₂ est difficile car cela nécessite de connaître avec précision différentes élasticités³ lors de l'élaboration de la stratégie de taxation. Cette caractéristique complexifie alors la mise en place de la politique qui nécessite des estimations économiques justes. Toujours selon Pearce (1991), pour faire l'analyse de l'impact de l'outil économique sur le bien-être, un modèle d'équilibre général doit être utilisé. La prochaine section servira à exposer la pertinence de cette méthodologie. D'un point de vue politique, certains craignent que la taxation dans une région précise ait comme répercussion d'inciter les entreprises à s'installer dans un secteur géographique non taxé par peur d'être désavantagées du point de vue de la compétitivité (Mori, 2011), un aspect qui a été encore peu étudié.

Les études

Plusieurs études consultées s'efforcent de vérifier la pertinence et l'efficacité d'une taxe carbone en fonction de différentes conditions. Certaines visent à estimer *ex ante* la validité d'intégrer une telle politique (He, 2001; Mori, 2012; Peters et al, 2001; Schneider & McCarl, 2005; Schunk & Hannon, 2004), alors que d'autres, moins nombreuses, l'étudient *ex post* à partir de données existantes observables (McClay & Elgie, 2013; Rivers & Schaufele, 2013a et 2013b; Ryan & Razek, 2012; Bruvoll & Larsen, 2004). Les résultats pertinents sont résumés au tableau 1. Dans certains cas, le mécanisme de taxation sur le carbone se révèle un outil politique efficace pour diminuer les émissions de GES, alors qu'il l'est moins dans d'autres cas.

³ Élasticité-prix de la demande pour l'énergie, élasticité de substitution inter-combustible et élasticité-revenu.

Tableau 1. Sommaire des résultats obtenus par les principales études de la littérature portant sur la taxe carbone

Auteurs	Secteur géographique	Secteur étudié	Efficacité de la taxe
<i>Études ex ante</i>			
He (2001)	Ontario	Pâtes et papier	Inefficace Inélasticité-prix de la demande (diminution de la demande pour produits pétrole raffinés de 0,17% avec une taxe carbone de 50\$/tCO ₂)
Mori (2012)	Washington (États-Unis)	Tous	Taxe carbone de 30\$/tCO ₂ diminue émissions GES de 8,4% en 2035
Peters et al (2001)	États-Unis	Agriculture	Perte 253 M\$ pour une taxe de 14\$/t CO ₂ , 1.8 G\$ pour taxe de 100\$/t CO ₂ et 3.6 G\$ pour une taxe de 200\$/t CO ₂
Schneider et McCarl (2005)	États-Unis	Agriculture	Perte surplus du producteur de 298 M\$ pour une taxe de 15\$/t métrique CO ₂
Schunk et Hannon (2004)	Illinois (États-Unis)	Agriculture (Grandes cultures)	Pertes de revenus plus importantes pour entreprises de petite taille, minimales pour entreprises de grande taille
<i>Études ex post</i>			
Bruvoll et Larsen (2004)	Finlande	Tous	Inefficace pour diminution GES Exemption de plusieurs secteurs
McClay et Elgie (2013)	Colombie-Britannique	Tous	La taxe carbone n'a pas d'impact négatif sur l'économie
Rivers et Schaufele (2013a)	Canada	Tous	Taxe 7,1 fois plus importante que l'effet du marché (prédominance) Élasticité prix carburant est non significative à -0,0014 et élasticité de la taxe carbone est de - 0,0457 et significative
Rivers et Schaufele (2013b)	Canada	Agriculture	Peu d'impact de la taxe carbone sur les exportations du secteur agricole

2.2. Les impacts de la taxe sur le carbone

Les études pertinentes sur les impacts de la taxe sur le carbone sont peu nombreuses (Rivers & Schaufele, 2013a). Les études disponibles s'avèrent donc difficiles à comparer puisqu'elles abordent des hypothèses, des objectifs, des contextes géographiques et politiques très différents (Tol, 2005). Toutefois, il est possible de recenser deux principaux groupes d'écrits en fonction de la nature de la méthode utilisée pour évaluer les impacts des politiques de réduction des émissions de GES.

2.2.1. Modèles d'équilibre général (MEG)

Les modèles d'équilibre général (MEG) sont des modèles complets à plusieurs points de vue, les résultats observés variant beaucoup selon la question de recherche étudiée. Dans le cadre du présent travail, l'élaboration d'un tel modèle s'avérerait très complexe en plus de poser comme défi de réunir toutes les données nécessaires. Il nous apparaît tout de même important de présenter le modèle, ses avantages et limites, puisqu'il est très présent dans la littérature sur le sujet qui nous intéresse et que la recension des écrits sur ce modèle nous permettra de justifier notre choix de méthodologie préconisée.

Objectif

La théorie économique décrit le modèle d'équilibre général comme une méthode qui vise à reproduire les mécanismes d'offre et de demande d'une économie ainsi que les flux et transferts de biens et d'argent (Peters et al, 2001). La construction d'un tel modèle pose « l'hypothèse de l'existence d'un grand nombre de biens homogènes qui incluent non seulement des biens de consommation, mais également des facteurs de production » (Nicholson, 2005, pp. 335, traduction libre) dans une économie où chaque bien a un prix d'équilibre. Ainsi, ce modèle permet d'introduire le changement dû à une politique afin de déterminer les niveaux de production suite à la réglementation.

Les MEG présents dans la littérature permettent d'atteindre des objectifs bien précis et différents. Certains cherchent à valider l'impact de la réglementation environnementale sur la structure de coût et les revenus des entreprises d'un secteur : c'est le cas de Schneider & McCarl (2005) et Peters & al (2001) alors que d'autres utilisent une méthodologie adaptée afin de simuler les échanges internationaux et de mesurer les impacts sur la compétitivité à l'international. Le modèle ainsi obtenu peut servir à vérifier l'impact macroéconomique de la taxe sur les incitatifs d'investissements, les profits d'industries et les décisions d'épargne (Goulder, 1992). Afin de mesurer le coût de la diminution des émissions de GES (CO₂), l'OCDE a développé le modèle GREEN⁴ « un modèle d'équilibre général dynamique, multi-régional et multi-sectoriel » (Burniaux et al, 1991)

Peters *et al* (2001) utilisent le *US Regional Agricultural Model* (USMP), un modèle mathématique d'équilibre spatial programmé pour évaluer un large éventail de politiques économiques et environnementales pour les entreprises agricoles aux États-Unis. D'un autre côté, Schneider et McCarl utilisent une version améliorée du *Agricultural Sector Model*, le *Agricultural Sector and Mitigation of Greenhouse Gas Model* (ASMGHG), un modèle calculable du secteur agricole prenant en compte des prix endogènes (Schneider & McCarl, 2005). Schunk et Hannon (2004) quant à eux, utilisent le MEG dans le contexte agricole afin d'évaluer l'effet d'une taxe carbone sur le revenu des producteurs de grandes cultures en Illinois et de vérifier si l'impact observé varie en fonction de la taille de l'entreprise agricole étudiée.

Forces

L'utilisation d'un MEG appliqué à l'agriculture a ses avantages. D'abord, ce type de modèle très complet vise à illustrer le plus fidèlement possible les interactions entre les différents secteurs d'une économie et ce, dans un lieu géographique précis. Cette structure est généralement assez riche pour

⁴ GREEN : GeneRal Equilibrium ENvironmental model

donner une photo des plus réalistes des systèmes de l'économie (Schunk & Hannon, 2004). Cela permet également de relier les différentes industries représentées et de prendre en compte toutes les interactions possibles dans une économie régionale (Hertel, 2002).

Limites

Le principe même du MEG implique cependant de faire plusieurs hypothèses sur la structure de marché (Ferland, 2007). Afin de représenter le plus fidèlement possible l'économie régionale étudiée, les MEG ont une structure complexe qui requiert une programmation mathématique avancée (Schunk & Hannon, 2004). La calibration du modèle ainsi que les paramètres utilisés doivent être étudiés et choisis avec attention afin qu'il puisse représenter la réalité le plus fidèlement possible (Schunk & Hannon, 2004).

Bien que l'utilisation d'un modèle préétabli permette de représenter la base de la consommation d'énergie dans un contexte de taxation sur le carbone, selon Mori (2012) sa structure rigide ne permet pas aux décideurs politiques de bien comprendre comment le modèle simule l'interaction de la taxe carbone avec la demande d'énergie et donc de comprendre correctement la nature de ces interactions. Pour cette même raison, l'adaptation à différents paramètres, secteurs et particularités géographiques en fonction de l'analyse à réaliser peut s'avérer fastidieuse. Toujours selon Mori (2012), telle que conçue en ce moment dans la plupart des variantes du modèle, l'étude d'une région ou d'un secteur spécifique est difficile. Comme ce type de modèle vise l'analyse d'une économie complète dans plusieurs secteurs et plusieurs régions, la quantité des données à récolter afin de l'utiliser est importante.

Certaines particularités des MEG peuvent limiter leur utilisation appliquée au secteur agricole. En effet, certains modèles traitent l'agriculture comme un seul secteur agrégé, alors que ce secteur se compose en réalité de plusieurs *outputs* différents selon les types de production existants et que les interventions varient entre les différents *outputs* agricoles (Hertel, 2002).

Selon l'auteur Hertel (2002), dans certains cas le facteur « terre agricole » n'est pas dissocié des *inputs* de capital malgré que ce soit une caractéristique importante et non négligeable de ce secteur.

Ainsi, compte tenu des objectifs poursuivis pour ce mémoire, les limites exposées l'emportent sur les avantages que le MEG peut apporter, ce qui nous incite à envisager plus sérieusement la prochaine méthodologie proposée. Par ailleurs, cette prochaine méthodologie ayant été utilisée récemment en contexte canadien par une des premières études empiriques réalisées après l'implantation de la taxe carbone en Colombie-Britannique, les possibilités de comparaison des résultats obtenus nous apparaissent plus intéressantes que celles des études utilisant le MEG, conduites dans des contextes très différents.

2.2.2. Élasticité-prix de la demande

La deuxième type de méthode fréquemment utilisée dans la littérature afin d'évaluer les impacts des réglementations visant la réduction des émissions de gaz à effet de serre est celle se basant sur l'élasticité-prix de la demande qui permet d'estimer la réponse au niveau de la demande d'un bien lors d'un changement de prix provoqué par l'introduction d'une taxe carbone (Nicholson, 2005).

Modèle de base

Dans leur texte, les auteurs Ryan et Plourde (2008) font le recensement de l'historique des modèles utilisés dans la littérature pour estimer les effets sur la demande d'un changement de prix. La formule de base utilisée dans les débuts du traitement du sujet dans la littérature prend la forme suivante :

$$\ln E = \beta_1 + \beta_2 \ln P + \beta_3 \ln Y + e \quad (1)$$

où E représente la consommation d'énergie (demande agrégée), P représente le prix de l'énergie, Y une mesure du revenu ou l'activité économique agrégée et e représente le terme d'erreur stochastique. Les

paramètres inconnus (β_1, β_2 et β_3), lorsque l'équation prend la forme logarithmique, tel qu'illustrée, sont des coefficients qu'il est possible d'interpréter comme les élasticités. Avec les années, la littérature sur l'élasticité-prix de la demande a donné place à d'autres modèles plus élaborés, tels que présentés dans le texte de Ryan et Plourde, qui ont servi de point de départ à d'autres auteurs afin de modéliser l'impact d'une taxe sur le carbone.

Rivers et Schaufele (2013a)

Dans leur texte, Rivers et Schaufele (2013a) se demandent si l'impact d'une taxe carbone sur la demande d'essence à court terme est plus important qu'un changement de prix lié aux fluctuations du marché. Leur étude utilise le contexte de la taxe sur le carbone implantée en Colombie-Britannique afin de vérifier, de façon empirique, l'hypothèse de prépondérance⁵. Cette hypothèse, étudiée par plusieurs autres dans la littérature, est analysée sous la question environnementale pour la première fois par les auteurs Rivers et Schaufele (2013a). Leur travail vise ainsi à valider l'hypothèse qu'un changement induit par l'implantation d'une taxe carbone aurait un effet plus important sur la demande de carburant qu'un changement similaire sur le prix à la pompe. En effet, l'hypothèse de prépondérance suppose que l'ajout d'une taxe, qui entraîne un coût supplémentaire à long terme à l'achat de carburant, aura plus d'effet sur les habitudes de consommation qu'un changement de prix à la pompe, qui est induit par une variation temporaire du prix de marché.

L'analyse graphique des données qu'ils conduisent leur permet d'observer une tendance descendante de la consommation de gazoline après 2008 en Colombie-Britannique (année d'implantation de la taxe carbone dans cette

⁵ Traduction libre du terme anglais *Saliency* se définissant comme l'« hypothèse que les changements de prix induits par la taxe génèrent une réponse de demande différente lorsque comparée à un mouvement de prix équivalent entraîné par l'effet de marché » (Rivers & Schaufele, 2013a, p. 1; traduction libre)

province), alors que l'on observe, pour les mêmes années, une tendance ascendante de la consommation d'essence en Ontario.

Le modèle utilisé par les auteurs pour l'analyse économétrique des données de panel se détaille comme suit :

$$y_{it} = \alpha p_{it} + \beta \tau_{it} + X_{it}\theta + \delta_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

y_{it} : Nombre de litres de gazoline consommés *per capita* dans la province i durant la période t

p_{it} : Prix de la gazoline ajusté à l'inflation sans taxe sur le carbone

τ_{it} : Valeur ajustée à l'inflation de la taxe sur le carbone

δ_i : Effet-fixe spécifique à la province

γ_t : Effet-fixe spécifique au temps

X_{it} : Autre variables potentiellement pertinentes (revenu de la taxe, portion des véhicules compacts en stock)

Cette analyse économétrique utilise la forme fonctionnelle logarithmique puisqu'elle «*fournit une interprétation réaliste des effets de la taxe sur le carbone*» (Rivers & Schaufele, 2013a, p. 8; traduction libre) et permet d'obtenir directement les élasticités à partir des coefficients estimés. Les auteurs utilisent trois méthodes afin de vérifier la validité du modèle, soit par l'exploitation de la structure des données de panel, par une série de tests de validité des données et par l'utilisation de variables instrumentales qui permet d'éliminer le doute sur le biais de variables omises et de simultanéité (Rivers & Schaufele, 2013a). Ils discutent également du caractère exogène des variables prix du marché de l'essence et taxe sur le carbone et concluent que ces variables ne sont pas influencées par la variable dépendante puisque le marché de l'essence est compétitif. Il n'y a donc pas de problème d'endogénéité relié au prix de l'essence dans le modèle présenté et celui-ci est bien identifié.

L'analyse économétrique, quant à elle, permet de conclure que la diminution de demande de gasoline engendrée par la taxe carbone en Colombie-Britannique est de 7,1 fois plus importante qu'un changement de prix de marché équivalent, ce qui permet d'affirmer que « la taxe sur le carbone est prédominante sur les changements de prix induits par l'effet de marché » (Rivers & Schaufele, 2013a, p. 2; traduction libre). La conduite de la régression sur le modèle permet d'obtenir un coefficient d'élasticité pour la moyenne nationale pour le prix du carburant de -0,0014 (non statistiquement significatif) et de -0,0457 (significatif) pour la taxe sur le carbone⁶. Les coefficients obtenus permettent également d'estimer les changements induits par la taxe sur le carbone sur les émissions de GES en utilisant la teneur en carbone de l'essence. Cela permet aux auteurs de comparer trois scénarios d'émissions de GES, soit celui sans taxe carbone, celui où on assume une élasticité de la demande identique à celle du prix de l'essence (réponse équivalente) et celui où la taxe carbone est prédominante (en utilisant les coefficients estimés).

Compte tenu de son caractère plutôt récent et du fait qu'elle est conduite en contexte canadien, tout comme ce que nous tentons de faire, la méthode employée par Rivers et Schaufele (2013a) nous semble la plus pertinente à retenir pour notre analyse. Les autres textes de la littérature présentés permettront d'enrichir le modèle de ces auteurs et d'en faire l'adaptation au contexte agricole.

Mori (2012)

Dans le texte de Mori (2012), un « *Carbon Tax Analysis Model (C-TAM)* » est développé afin de modéliser les impacts d'une taxe carbone en se basant sur

⁶ Pour arriver à ces résultats, les auteurs Rivers et Schaufele (2013a) utilisent des données mensuelles pour le Canada, font une régression avec la méthode des moindres carrés et utilisent une forme fonctionnelle logarithmique. Lorsque mesurée pour la province de la Colombie-Britannique uniquement, on obtient une estimation de l'élasticité de la taxe carbone significative d'une valeur de -0,0247 ainsi qu'une élasticité significative du prix de marché de l'essence de -0,0035.

le principe d'élasticité-prix de la demande. Il utilise la relation entre l'utilisation de l'énergie et la demande en se basant sur la définition de l'élasticité-prix de la demande⁷ pour isoler la quantité demandée après l'application de la taxe :

$$D' = D * \frac{\Delta P}{P} * e + D$$

où D, D', ΔP et e représentent respectivement la quantité demandée à la période de base, la quantité demandée ajustée après l'application de la taxe, le changement de prix entraîné par la taxe carbone et l'élasticité-prix de la demande. L'analyse de Mori (2012) conclut qu'un modèle basé sur le principe d'élasticité-prix de la demande, comme le modèle C-TAM, est efficace et montre « qu'une taxe carbone de 30\$/tCO₂ dans l'état de Washington permettra de diminuer les émissions de GES de 8,4% » (Mori, 2012, p. 638; traduction libre).

Forces et limites

La méthode d'analyse des impacts d'un mécanisme de taxation sur le carbone basée sur le principe d'élasticité-prix de la demande est une méthode plutôt simple à appliquer qui s'est complexifiée avec le temps afin de mieux représenter la réalité (Ryan & Plourde, 2008). Il n'en demeure pas moins que le nombre moindre de données nécessaires à la réalisation de l'analyse en simplifie l'application comparativement au MEG.

Ce sont d'ailleurs des modèles qui, de par leur relative simplicité, sont facilement adaptables en fonction des besoins de l'analyse, tel que décrit dans l'historique de Ryan et Plourde (2008). Ces types de modèles ne dépendant pas d'une programmation très élaborée, ils permettent aux décideurs politiques de mieux comprendre les impacts de la politique et leur distribution (Ryan & Razek, 2012).

⁷ L'élasticité-prix de la demande se définit comme $e = \frac{\Delta D}{\Delta P} * \frac{P}{D}$

Finalement, connaître l'impact de la taxe carbone sur la demande de combustibles fossiles permet de dériver l'impact de cette même taxation sur les émissions de GES en utilisant la teneur en GES de la diminution de la consommation de carburant engendrée par la taxe sur le carbone, ce qui peut s'avérer d'une grande utilité dans certains cas (Rivers & Schaufele, 2013a).

L'utilisation d'une méthode à base d'estimés d'élasticité possède également ses limites et inconvénients. Dans un premier temps, à l'instar du MEG, cette approche ne permet pas de capturer toutes les interactions entre les différents biens. Logiquement, une augmentation des prix des intrants plus polluants en termes d'émissions de gaz à effet de serre pourrait entraîner un effet de substitution vers des intrants moins intensifs en carbone. Par contre, cet effet de substitution ne peut pas être pris en compte par la méthodologie telle que présentée par Mori (2012) ou par celle de Rivers et Schaufele (2013) qui étudient l'impact de la taxe sur la demande à court terme. Par ailleurs, la taxe carbone étant mise en place depuis 2008, les données empiriques disponibles utilisées pour notre analyse ne permettent pas encore d'observer cet effet de substitution qui nécessiterait la mise sur le marché de nouvelles technologies qui prennent plusieurs années à développer. Certains auteurs développent une méthodologie afin de mesurer l'effet de substitution entre différentes énergies comme l'essence et l'électricité (Floros & Vlachou, s.d.).

Les valeurs estimées des élasticités et les estimés de la demande peuvent varier dans le temps, en fonction d'un secteur d'activité ou d'une région parce qu'ils sont influencés par différents facteurs, dont la disponibilité des substituts et leur prix, les connaissances des consommateurs et la réponse de la demande aux changements de niveau de revenu (Mori, 2012). Ce type de méthodologie ne peut pas être utilisé dans une approche plus globale et se doit de demeurer une approche sectorielle et régionale.

Les résultats peuvent également se voir affectés par des valeurs de la série chronologique. Dans certains cas, des données mensuelles peuvent amener de meilleurs résultats que des données annuelles (Rivers & Schaufele, 2013a). Dans un même ordre d'idée, l'élasticité-prix de la demande à court terme diffère de celle à long terme puisqu'elles ont des influences différentes (Rivers & Schaufele, 2013a). Il faut donc comprendre que cette méthode, bien qu'assez simple d'application, doit nécessiter des validations d'hypothèses et de données rigoureuses afin de s'assurer de la validité des résultats qui sont sensibles à plusieurs facteurs (Mori, 2012).

Finalement, la présente recension des écrits pertinents à l'analyse des impacts de l'implantation d'une taxe sur le carbone permet de constater la variété des études disponibles malgré la problématique relativement récente. Les études recensées sont très variées en ce qui a trait aux buts poursuivis : l'impact de la taxe sur la demande de combustible, l'impact de la taxe sur les émissions de gaz à effet de serre, l'impact de la taxe sur la structure de coût des entreprises et l'impact de la taxe sur le bien-être. Deux méthodologies distinctes ressortent de la littérature étudiée afin d'analyser ces différents types d'impacts. Le secteur agricole est plus souvent analysé en utilisant la méthode d'équilibre général. Cependant, comme il y a peu d'études économétriques portant sur la taxe carbone réalisées dans un contexte canadien et compte tenu de la complexité de définir un MEG dans le cadre qui nous intéresse, nous tenterons d'adapter la méthodologie de Rivers et Schaufele (2013a), la première du genre dans le contexte de la taxe en Colombie-Britannique, au secteur agricole. Nous utiliserons le modèle développé par les auteurs mais l'adapterons aux réalités du secteur agricole en tenant compte des variables significatives à ce secteur (température, taille des entreprises, prix des intrants, etc) qui sont reflétées dans la littérature existante. La prochaine section vise à présenter les différentes variables utilisées dans notre analyse et présente nos prévisions des estimés des coefficients à obtenir.

3. Le modèle

Encore peu d'économistes se sont penchés sur l'analyse empirique de l'impact, en contexte canadien, de l'implantation d'une taxe sur le carbone pour le secteur agricole. Les deux textes de Rivers et Schaufele (2013a et 2013b) étant les deux premières études empiriques portant sur l'impact de la taxe carbone en Colombie-Britannique, nous nous inspirons du modèle développé par ces auteurs afin de construire notre modèle adapté. Celui-ci vise à permettre d'évaluer l'impact de l'imposition d'une taxe sur le carbone pour le secteur agricole sur la demande de carburant, et donc sur les émissions de GES induites par la consommation d'essence.

En partant de l'équation (1) mais en adaptant les variables au contexte étudié, soit celui de l'agriculture canadienne, notre modèle empirique vise une analyse de la relation entre Y , le nombre de litres de carburant consommés par tonne métrique d'output, et les variables explicatives soit **PRIX**, **TAXE**, **REV**, **TAILLE** et X^8 .

$$Y = \beta_1 + \beta_2 \text{PRIX} + \beta_3 \text{TAXE} + \beta_4 \text{REV} + \beta_5 \text{TAILLE} + \beta_6 X + \varepsilon \quad (3)$$

Ces variables indépendantes se décrivent respectivement comme le prix du carburant sans tenir compte de la taxe sur le carbone (PRIX), la taxe sur le carbone (TAXE), le revenu ou mesure de richesse (REV), la taille moyenne des entreprises agricoles (TAILLE) et d'autres variables potentiellement pertinentes (X) telles que la température, les précipitations, le prix des engrais et le coût de la main d'œuvre.

3.1. Types de production agricole

Le secteur agricole comprend une variété de productions avec des enjeux aussi différents les uns des autres et c'est pourquoi nous avons choisi de comparer les résultats obtenus en fonction de différents types de production

⁸ Les formules utilisées ainsi que les formes préconisées seront présentées dans la section Méthodologie.

agricoles afin d'être le plus précis possible. Il existe trois principaux types de gaz responsables des changements climatiques, soit le méthane (CH_4), l'oxyde nitreux (N_2O) et le gaz carbonique (CO_2). Le tableau 2 illustre la contribution du secteur agricole en termes d'émissions de GES pour ces trois types de gaz. Le premier provient de la fermentation entérique, qui se définit comme le processus normal de digestion des animaux herbivores comme les bovins et les porcs, et de la gestion des fumiers. L'oxyde nitreux se dégage par la gestion des fumiers de certains types animaux, mais surtout par le travail du sol (engrais azotés, résidus de récolte, jachère, irrigation, fumier des pâturages et autres sources indirectes). Le gaz carbonique, quant à lui, est responsable des émissions de GES reliées à la combustion de carburant (transport, machinerie agricole, chauffage) (Gouvernement du Canada, 2012).

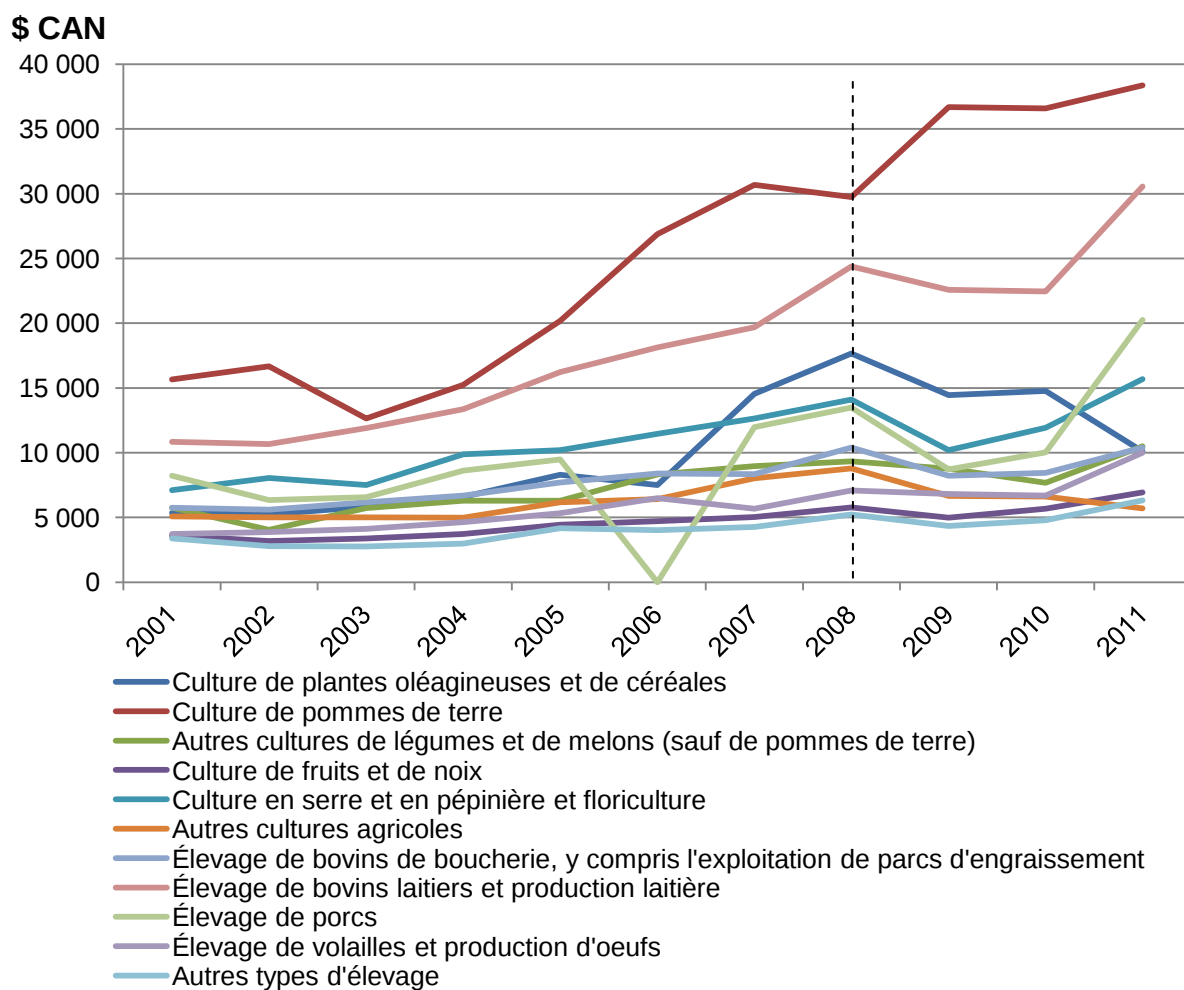
Tableau 2. Provenance des émissions de GES du secteur agricole

Sources agricoles d'émissions de GES	Quantité (ktCO ₂ eq)	Importance relative
Fermentation entérique (CH_4)	18 000	22 %
Gestion du fumier (CH_4 et N_2O)	10 000	12 %
Sols agricoles (N_2O)	30 000	37 %
Combustion de carburant (CO_2)	3 400	4 %
Combustion de carburant pour le transport hors route (machinerie agricole) (CO_2)	20 000	25 %

Source : Rapport d'inventaire national des émissions GES, Gouvernement du Canada, 2012

Notre travail se concentre donc sur les émissions de CO_2 qui proviennent de la combustion de carburant due à l'utilisation de machinerie agricole qui se révèle plus significative dans le travail du sol. Par conséquent, nous favoriserons l'étude de productions agricoles nécessitant un travail du sol important et une grande utilisation de carburant. La figure 1 présente les dépenses en carburant des différents types de productions agricoles en Colombie-Britannique.

Figure 1. Dépenses moyennes nettes de carburant pour la machinerie agricole par type de production, par exploitation agricole, Colombie-Britannique⁹ (dollars canadiens)



Source : Statistique Canada, Enquête financière sur les fermes, Tableau 002-0044

La comparaison de la consommation de carburant des entreprises britannico-colombiennes à la figure 1 permet de constater que les entreprises de production de pommes de terre sont les plus grandes consommatrices de carburant, suivies des entreprises d'élevage de bovins laitiers et de la culture de plantes oléagineuses et de céréales. Nous motiverons donc notre choix de productions agricoles à étudier en choisissant les deux types de cultures les

⁹ À titre comparatif, les graphiques des dépenses nettes de carburant au titre des machineries pour les autres provinces étudiées sont présentés à l'annexe 1.

plus importantes en Colombie-Britannique (grandes cultures et pommes de terre).

Nous visons l'étude des cultures plutôt que celle des entreprises d'élevage puisque l'utilisation de la machinerie agricole joue un rôle important dans la structure de coût des entreprises. En effet dans son profil de consommation à la ferme, le Groupe AGÉCO (2006) identifie principalement le travail du sol et les opérations culturales ainsi que les opérations de séchage comme des facteurs influençant la consommation de carburant sur les fermes de grandes cultures, alors que le travail du sol et opérations culturales, la réfrigération des récoltes au champ ou en entrepôt et l'irrigation des cultures seraient des facteurs d'influence dans la culture maraîchère.

Par ailleurs, on remarque, à l'implantation de la taxe sur le carbone en 2008 (ligne pointillée dans la figure 1), une légère diminution des dépenses moyennes dans la production de plantes oléagineuses et de céréales et dans tous les types de productions représentés. On observe ensuite une augmentation en 2010 pour certaines productions. Toutefois, contrairement à la logique où une augmentation du prix de l'essence aurait un effet négatif sur la consommation, on observe une augmentation de la consommation d'essence pour le secteur des pommes de terre, ce qui contredit l'effet escompté de l'implantation d'une taxe sur le carbone. Nous verrons ultérieurement (figure 3) comment cela affecte la variable indépendante pour la production de pommes de terre, alors que dans la section des résultats, nous verrons que cela peut expliquer en partie les résultats obtenus pour cette production.

Puisque nous avons choisi de comparer deux types de production agricole différents, soit la culture de pommes de terre et celle de plantes oléagineuses

et de céréales¹⁰, nous utiliserons le *seemingly unrelated regression* de Zellner qui sera décrit plus en détail au chapitre 4.

3.2. Essence et diesel

Dans le modèle des auteurs Rivers et Schaufele (2013a), on tient compte uniquement du prix de l'essence qui est le plus utilisé dans la demande de carburant pour les véhicules. Or, on remarque que dans le secteur agricole québécois, le diesel représente 55% de la consommation d'énergie et est surtout utilisé pour la machinerie agricole, alors que l'essence représente 24% de la consommation d'énergie et est utilisée pour le transport automobile sur la ferme (Équiterre, 2013). À la lumière de ces statistiques, on croit important d'inclure également le prix du diesel dans notre travail ainsi que son taux de taxation, qui diffère de celui de l'essence en raison de son contenu en carbone qui est plus élevé.

Pour y parvenir, nous ferons notre SUR deux fois, la première en utilisant le prix de l'essence et la taxe sur le contenu en carbone de l'essence. La seconde fois, nous utiliserons le diesel comme carburant en utilisant le prix du diesel, la taxe sur le contenu en carbone du diesel et en ajustant en conséquence la variable dépendante calculée à partir du prix du diesel.

3.3. Variable dépendante

La variable dépendante Y se définit comme la quantité demandée de carburant (litres) pour les entreprises du secteur agricole, par tonne d'output produit. Cette demande est obtenue par la formule suivante :

¹⁰ Nous avons choisi de comparer deux types de cultures afin d'obtenir le plus d'observations possible pour appuyer nos hypothèses. Notre choix s'est arrêté sur la production de plantes oléagineuses et céréales et la production de pommes de terre puisque, dans les autres types de culture agricole (fruits, légumes, etc), l'ensemble des données n'est pas accessible pour les provinces retenues puisque le nombre de répondants à l'enquête de Statistique Canada est insuffisant.

$$\frac{(DemCarb_{it}/Prix_{it})}{Output_{it}} = Y \quad (4)$$

où **DemCarb** se définit comme la dépense de carburant, au titre des machineries agricoles, camions et automobiles, variant selon la province et l'année et est obtenue par l'Enquête financière sur les fermes (EFF) de Statistique Canada. Tel que décrit dans la section précédente, nous utiliserons comme carburant l'essence et le diesel que nous croyons les deux carburants les plus susceptibles d'être utilisés pour la machinerie agricole.

La variable **Prix** est le prix de détail moyen du carburant (essence ou diesel) obtenu de Statistique Canada que l'on a traité afin de le mesurer en dollars constants¹¹ (année de référence 2012) par litre et qui a ensuite été désaisonnalisé¹².

L'**Output** est la quantité d'output agricole produit par province et par année (se mesure en tonne métrique pour les productions qui nous intéressent). Pour la production de pommes de terre, les statistiques fournies par le gouvernement du Canada le sont en quintaux (poids de cent livres). Pour être en mesure de comparer les résultats avec ceux des cultures de plantes oléagineuses et de céréales et ainsi conserver une uniformité dans les résultats, nous devons convertir les quintaux en tonnes métriques¹³.

Nous obtenons ainsi une variable dépendante représentant la quantité de carburant consommée par unité d'output, ce qui s'apparente à la variable dépendante de Rivers et Schaufele (2013a) qui évaluent le nombre de litres de carburant consommés *per capita*. L'unité de mesure ainsi obtenue par l'équation (4) se détaille par:

¹¹ La demande en dollars constants se calcule par la formule suivante :

$$Prix_{\text{dollars constants 2012}} = (IPC_{2012}/IPC_{\text{initial}}) * Prix_{\text{initial}}$$

¹² La méthodologie utilisée pour désaisonnaliser le prix du carburant et l'indice de prix des intrants est détaillée à l'annexe 2.

¹³ On multiplie le nombre de quintaux par 45,359.

$$\frac{(\$/(\frac{\$}{litre}))}{Tonne} = \frac{litre}{tonne}$$

L'utilisation de cette unité de mesure permet une analyse uniforme de l'utilisation de carburant et une meilleure comparaison, indépendamment de la taille et du type d'entreprise.

3.4. Variables explicatives

3.4.1. Prix de l'essence

Il est essentiel que la variable prix du carburant (essence et diesel) soit intégrée dans le modèle puisque celle-ci influence directement la demande de carburant des entreprises agricoles, le carburant étant un intrant important en agriculture. En effet, selon Agriculture et Agroalimentaire Canada (2012), les dépenses en carburant pour la machinerie agricole représentaient 6,1 % des dépenses d'exploitation agricole en 2010. Selon la même étude, « chaque hausse de un cent (0,01\$) le litre du prix du carburant entraîne une augmentation d'environ 27 millions \$ des achats annuels de carburant destinés à la machinerie des producteurs canadiens » (AAC, 2012, p. 1). Partant du principe microéconomique selon lequel la firme tend à choisir la combinaison d'intrants et à adapter sa production d'output pour maximiser ses profits, on anticipe un coefficient négatif du prix de l'essence dans le modèle présenté ci-haut. En effet, lorsque le prix de l'essence augmente, on prévoit une diminution de la demande de carburant pour les entreprises agricoles. Or, comme l'essence est un intrant essentiel en agriculture et que les possibilités de substitution à court terme sont faibles, on peut prédire un coefficient faible et ainsi, une faible élasticité-prix (AAC, 2012).

La variable prix du carburant étant disponible sur une base mensuelle, alors que les autres variables sont disponibles sur une base annuelle, il nous faudra traiter ces données afin de les désaisonnaliser¹⁴ tel que mentionné

¹⁴ Calcul pour désaisonnalisation à l'annexe 2.

précédemment. Le fait de désaisonnaliser les données permettra d'éliminer les effets spécifiques aux saisons et les fluctuations reliées aux événements réguliers annuels qui peuvent influencer le prix.

3.4.2. Taxe carbone

Le but de ce travail est de montrer que la valeur de la taxe sur le carbone a une influence sur la demande d'essence consommée, en ayant pour effet d'augmenter les dépenses des exploitations agricoles en carburant, et donc, de diminuer la demande. Nous posons donc l'hypothèse d'une valeur négative pour le coefficient de la variable explicative taxe sur le carbone obtenu par la régression. Afin de conduire notre analyse, nous prendrons en compte la taxe sur le carbone imposée depuis 2008 en Colombie-Britannique, mais également celle imposée par le gouvernement du Québec en 2007, de 0,8 cent par litre d'essence vendu (La Presse Canadienne, 2007) en conservant la variable taxe sur le carbone nulle dans les autres provinces étudiées. L'utilisation des données des autres provinces servira de base de comparaison.

3.4.3. Mesure de richesse

L'utilisation de la variable indépendante revenu s'avère nécessaire dans une équation de demande de carburant puisqu'elle affecte directement la consommation de carburant. En effet, plus il y a de richesse, plus la contrainte budgétaire de la firme est élevée et donc, plus il est possible de consommer de carburant. Le fait de l'inclure permet donc de contrôler le biais potentiellement causé par l'omission de cette variable d'importance (Greene, 2012), puisque « l'obtention d'estimés non-biaisés du coefficient de la taxe carbone dépend de la non-corrélation entre les variables omises et les variables indépendantes du modèle » (Rivers & Schaufele, 2013b, p. 16; traduction libre).

Le premier réflexe serait d'utiliser les recettes monétaires des entreprises agricoles pour chaque type de production. Cependant, puisque la variable

dépendante est construite à partir de la quantité d'output produite, laquelle influence directement les recettes monétaires, nous utiliserons plutôt le PIB par province pour mesurer la richesse et éviter un potentiel problème d'endogénéité.

3.4.4. Taille des entreprises

Nous croyons également important d'inclure comme variable la taille moyenne des entreprises agricoles, malgré que le fait de mesurer la variable dépendante en litre par tonne métrique serve à enrayer son effet. L'incorporation de cette variable vient de l'hypothèse que les entreprises agricoles de plus grande taille ont plus de chances d'avoir accès à une machinerie plus récente et performante en matière de consommation d'essence, et ainsi de pouvoir réaliser des économies d'échelle. Cela nous permet de prédire un coefficient attendu négatif. Nous contrôlerons donc la taille des entreprises agricoles en fonction de la superficie de terres cultivées (hectares), comme le font les auteurs Chang *et al* (2011).

3.5. Autres variables

Dans le modèle présenté, inspiré de celui de Rivers et Schaufele (2013), la variable X représente les autres variables potentiellement pertinentes qui varient en fonction des différentes provinces à l'étude ainsi que dans le temps. Elles ne sont pas directement liées à notre question de recherche, mais peuvent révéler un impact significatif sur la demande de carburant des exploitations agricoles.

3.5.1. Conditions climatiques

Tout d'abord, l'agriculture étant directement affectée par les conditions climatiques, il importe de tenir compte de certaines variables climatiques pouvant potentiellement affecter le niveau de production agricole, et donc la demande pour la consommation d'essence des entreprises agricoles canadiennes. Selon Roberts et Schlenker (2010), « la température est

considérée comme un instrument naturel pour les chocs d'offre en agriculture, qui peuvent être utilisés pour faciliter l'estimation de la demande sans biais » (Roberts & Schlenker, 2010, p. 2; traduction libre). Ainsi, nous prendrons en compte les précipitations et la température ambiante. Si les précipitations se révèlent abondantes (sans tomber dans l'extrême), on pourrait supposer un effet positif sur la demande d'essence, puisque les précipitations peuvent être bénéfiques pour la production agricole (augmentation de l'output). Parallèlement, une année extrêmement chaude pourrait entraîner un effet négatif sur les rendements agricoles, ainsi diminuer l'output produit. Nos prévisions quant aux signes des coefficients seront présentées au tableau 3.

Les auteurs Rivers et Schaufele (2013b) et Roberts et Schlenker (2010) utilisent, dans leurs études respectives, la température et les précipitations comme facteurs explicatifs dans le contexte agricole, cette industrie dépendant intrinsèquement des conditions climatiques. Il s'agit d'une variable clairement exogène puisque nul ne peut influencer la température. Nous voulons donc inclure les précipitations et la température dans notre modèle afin de tenir compte des variations anormales de températures et de certaines températures extrêmes qui risquent d'affecter la production agricole et donc la demande pour le carburant dans ce secteur. Dans cette optique, nous utiliserons une méthodologie similaire à celle de Roberts et Schlenker (2010), en construisant un indice de variation des précipitations et de la température en utilisant les données d'Environnement Canada (Données sur les précipitations ajustées¹⁵ et données sur la température homogénéisée de surface¹⁶) disponibles par mois et par saison. Nous soustrayons la moyenne historique de précipitations (saison estivale des 30 dernières années) de la moyenne des précipitations pour la saison estivale (saison où les précipitations risquent d'affecter les rendements agricoles):

¹⁵ Traduction libre de *Adjusted Precipitation Data Access*

¹⁶ Traduction libre de *Homogenized Surface Air Temperature Data*

$$IPrecip = PrécipitationE_{it} - \frac{\sum_{t=1983}^{t=2012} PrécipitationsE_i}{30}$$

où i représente la province et t l'année. Un signe négatif indique une année moins pluvieuse que la moyenne historique et un signe positif indique une année plus pluvieuse que la moyenne historique.

Aussi, on soustrait la moyenne historique de température de la saison estivale de la moyenne pour l'année étudiée suivant la formule suivante :

$$ITemp = Température_{it} - \frac{\sum_{t=1983}^{t=2012} Température_i}{30}$$

Dans le même sens, plus le résultat obtenu est grand et s'avère positif, plus l'année étudiée présente une saison estivale chaude comparativement à la normale historique alors qu'à l'inverse, un indice négatif indique une saison agricole plus froide.

3.5.2. Intrants

Nous voulons également tenir compte d'autres intrants d'importance en agriculture dans les productions agricoles étudiées afin de saisir les effets d'une augmentation ou une diminution des prix de ces intrants sur la consommation d'essence.

Ainsi, nous prenons compte des variations du prix des engrais, qui représentaient 9,6 % des dépenses des exploitations agricoles en 2010, soit un poste de dépense plus important que celui de l'essence dans la structure financière des exploitations agricoles (AAC, 2012). L'engrais étant un intrant important en agriculture, on peut prévoir que des prix plus élevés peuvent avoir une influence sur la quantité d'output produite et donc affecter la demande qui y est associée pour l'essence. Toujours selon l'étude d'Agriculture et agroalimentaire Canada (2012), on peut prévoir qu'une hausse de 0,01 \$ le kilo d'engrais entraînerait une hausse des dépenses de

61 millions \$ pour les producteurs canadiens, et donc une diminution de la demande d'essence pour un coefficient attendu négatif.

Si l'essence et les engrais se révèlent être des intrants complémentaires, on peut anticiper un coefficient négatif, car lorsque le prix de l'engrais augmente, l'utilisation d'engrais diminue et donc la demande de carburant diminue. À l'inverse, si les deux intrants sont substitués, on anticipe un coefficient positif puisque si les prix de l'engrais augmentent, on observe une diminution de la demande d'engrais mais une augmentation de la consommation d'essence. Les graphiques présentés à l'annexe 3 montrent l'importance relative de chaque intrant en fonction des deux types de production agricole présentés. On remarque que le coût des pesticides est également une dépense d'importance pour les entreprises de cultures comme celles que nous tentons d'étudier. Par contre, en raison de réglementation en ce sens, il n'est pas possible pour Statistique Canada de publier l'indice du prix des entrées en agriculture pour cet intrant.

3.5.3. Main d'œuvre

Enfin, nous croyons également important d'intégrer le coût de la main d'œuvre, qui représente 12,5 % des dépenses d'exploitation des entreprises agricoles canadiennes, soit 4,4 milliards \$ en 2010. Nous croyons qu'il y a un impact indirect possible sur la demande de carburant. Tout comme l'engrais, le coût de la main d'œuvre est également un intrant, alors si la main d'œuvre et l'essence sont des intrants complémentaires on suppose un coefficient négatif, la demande d'essence diminuant si le prix de la main d'œuvre augmente. À l'opposé, si les produits sont substitués, on suppose un coefficient positif. Si le prix de la main d'œuvre augmente, on pourrait utiliser plus de machinerie et ainsi augmenter la demande de carburant. Cela entraînerait donc un potentiel effet de substitution que notre modèle ne peut pas capter compte tenu de la nature de la variable utilisée pour la main d'œuvre (le coût unitaire et non les dépenses en main d'œuvre).

3.6. Prédiction du modèle et limites

Le tableau 3 présente les prédictions des coefficients obtenus par l'analyse du modèle présenté et l'explication des effets anticipés.

Tableau 3. Sommaire des signes anticipés des coefficients

Variable	Coefficient anticipé	Explication
Prix de l'essence	< 0	Si le coût de l'essence augmente, la consommation d'essence diminue.
Taxe sur le carbone	< 0	Si le prix de la taxe sur le carbone augmente, la consommation de carburant diminue.
PIB	> 0	Si les revenus augmentent, la consommation de carburant augmente.
Intrants (Prix engrais)	< 0 > 0	Les entrées en agriculture sont d'autres inputs à la production agricole. Ainsi on peut prévoir deux possibilités si l'essence et les intrants sont des produits : 1) Complémentaires 2) Substituts
Précipitations	> 0	Suivant les résultats de Chang <i>et al</i> (2011), on suppose un coefficient positif. On prévoit qu'une année plus intense en précipitations a un impact positif sur la production agricole et donc sur la consommation de carburant.
Température	> 0 ou < 0	On peut supposer qu'une année particulièrement chaude pourrait entraîner une augmentation du travail de la terre, travail effectué avec la machinerie agricole, et donc une augmentation de carburant. Or, on peut supposer qu'une année extrêmement chaude pourrait entraîner une diminution des rendements et donc une diminution de la consommation de carburant.
Taille entreprise	< 0	Si la taille de l'entreprise (hectares) est grande, il y a possibilité de réaliser des économies d'échelle et donc de diminuer la consommation d'essence par tonne métrique. Cette prévision se révèle cohérente avec les résultats obtenus par Chang <i>et al</i> (2011).
Main d'œuvre	< 0 > 0	Si les coûts de la main d'œuvre agricole augmentent, alors on peut supposer une diminution de la consommation de carburant si les produits sont complémentaires ou une augmentation de la consommation d'essence si les intrants sont substituts. 1) Complémentaires 2) Substituts

Finalement, tout comme dans l'analyse de Rivers et Schaufele (2013a), notre modèle se veut une analyse de l'impact à court terme de la taxe carbone sur la demande de carburant dans les exploitations agricoles. En effet, le modèle ne permet pas de capturer l'effet de substitution possible et l'adaptation des entreprises par l'innovation ou l'investissement en machinerie plus performante en termes de consommation d'essence. Par ailleurs, étant donné que la taxe carbone n'a été appliquée qu'en 2008 en Colombie-Britannique, les données disponibles ne nous permettent pas de vérifier de façon empirique l'effet de substitution potentiel à long terme.

4. Méthodologie

Notre étude se veut une étude des données empiriques, et le modèle de départ développé en est un de régression linéaire, tel qu'utilisé par les auteurs Rivers et Schaufele (2013a) ainsi que généralement utilisé dans la littérature courante sur la demande d'essence, peu importe le secteur de l'économie étudié (Greene, 2012).

Tel que discuté dans la recension des écrits, le but de l'utilisation de ce modèle de base est d'estimer l'élasticité-prix de la demande d'essence en lien avec l'implantation d'une taxe sur le carbone afin de mesurer les effets d'une telle réglementation sur le secteur agricole.

4.1. Modèle *Seemingly unrelated regressions* (SUR)

Notre modèle se révèle un peu plus complexe que celui de Rivers et Schaufele (2013a) car nous voulons tenir compte de la demande de carburant dans deux types de production agricole (céréales & plantes oléagineuses et culture de pommes de terre), en plus de la variation par province et par période. L'idée de comparer l'impact de la taxe carbone sur plusieurs secteurs agricoles repose sur l'hypothèse que le travail du sol diffère en fonction du type d'agriculture pratiqué et que la demande d'essence varie également en ce sens.

Nous ne visons donc plus à estimer les coefficients d'une seule équation comme présenté à l'équation 3, mais bien de deux équations semblables, soit une pour chaque secteur de production choisi.

$$Y_{1it} = \alpha_1 + \alpha_2 PRIX_{it} + \alpha_3 TAXE_{it} + \alpha_4 REV_{it} + \alpha_5 TAILLE_{1it} + \alpha_6 X_{it} + \varepsilon_{1it} \quad (5)$$

$$Y_{2it} = \beta_1 + \beta_2 PRIX_{it} + \beta_3 TAXE_{it} + \beta_4 REV_{it} + \beta_5 TAILLE_{2it} + \beta_6 X_{it} + \varepsilon_{2it} \quad (6)$$

La lettre *i* indique l'unité d'observation province-année, la lettre *t* indique la période alors que l'indice 1 des variables indique la production de pommes

de terre, et l'indice 2 la culture de plantes oléagineuses et céréales telle que définie par Statistique Canada.

Afin d'y arriver, nous utiliserons la méthode *Seemingly Unrelated Regressions (SUR)*, qui consiste à estimer par régression plusieurs équations possédant une variable dépendante différente, et possiblement des variables explicatives différentes (taille des entreprises agricoles), alors qu'on présume un terme d'erreur corrélé entre les équations (Greene, 2012, pp. 292-293). Le nom *seemingly unrelated* vient du fait que chacune des équations linéaires peut être estimée de façon indépendante par MCO. Si le terme d'erreur n'est pas corrélé ou si les variables indépendantes sont exactement les mêmes dans les deux équations étudiées, alors le résultat entre l'estimation par MCO ou la méthode SUR sera le même. Le modèle à effet fixes est utilisé par Rivers et Schaufele (2013a) qui n'ont qu'une seule variable dépendante à mesurer alors que dans notre cas, le SUR est plus approprié puisque nous voulons mesurer deux variables dépendantes différentes pour chaque type de production. La variable indépendante taille des entreprises diffère également selon le type de production étudié.

Ainsi, nous utilisons ce type de modèle puisque, bien que nous voulions étudier différents types de production agricole, ceux-ci ont plusieurs caractéristiques en commun. Nous posons l'hypothèse que leur interrelation devrait être capturée par la corrélation des termes d'erreur puisque nous avons omis certaines variables, qui sont communes aux deux cultures, et qui pourraient avoir une influence sur la demande de carburant, tel que le progrès technologique ou des réglementations autres qu'environnementales. L'utilisation du SUR permet donc de prendre en compte la corrélation entre les termes d'erreur des deux équations, ce que le modèle à effets fixes ne permet pas de capturer puisque les deux équations sont considérées indépendamment.

Dans une analyse comme celle que nous voulons conduire, la forme fonctionnelle à favoriser est logarithmique puisqu'elle permet d'estimer

directement les élasticités par les coefficients. Par contre, nous n'utiliserons pas cette forme fonctionnelle pour des raisons techniques. En effet, puisque la variable taxe est égale à zéro pour plusieurs observations¹⁷, il s'avèrerait impossible de conduire la régression sous la forme logarithmique¹⁸. Nous estimerons donc la forme linéaire telle que présentée aux équations 5 et 6 et calculerons les élasticités en utilisant la définition d'élasticité suivante,

$$e = \frac{\partial Y}{\partial X} \frac{X}{Y}$$

tout en sachant que les estimés des coefficients obtenus correspondent à :

$$\beta = \frac{\partial Y}{\partial X}.$$

4.2. Problème potentiel d'endogénéité

Dans leur étude réalisée sur la prédominance de la taxe carbone dans le marché de l'essence, les auteurs Rivers et Schaufele (2013a) discutent du problème potentiel d'endogénéité. Dans un premier temps, ils analysent la structure des données de panel. Ensuite, ils utilisent la méthode des variables instrumentales afin « d'éliminer le doute sur le caractère potentiellement endogène du prix de l'essence et de la taxe carbone ou sur le biais lié aux variables omises » (Rivers & Schaufele, 2013a, p. 10; traduction libre), ce qui leur permet de conclure que « l'élasticité-prix du marché est statistiquement différente de l'élasticité de la taxe sur le carbone » (Rivers & Schaufele, 2013a, p. 12; traduction libre).

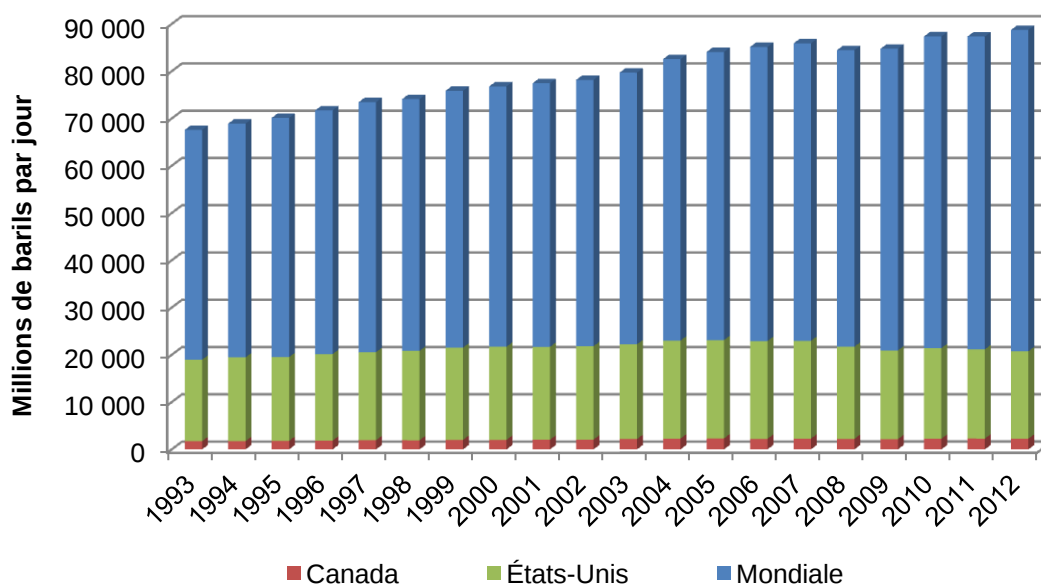
Dans le contexte de la production agricole que nous étudions, nous pouvons supposer que la consommation d'essence n'a pas d'influence sur la variable indépendante prix de l'essence, qui elle, est influencée par le marché mondial. En effet, selon Agriculture et Agroalimentaire Canada, l'agriculture

¹⁷ Le texte de Rivers et Schaufele (2013a) n'est pas clair sur la façon dont ils ont fait l'analyse sous la forme logarithmique, malgré que la variable explicative taxe carbone soit nulle pour plusieurs observations.

¹⁸ Pour notre analyse, nous n'utilisons pas la forme logarithmique pour aucune des variables.

est un preneur de prix en ce qui concerne le diesel et l'essence » (AAC, 2012, p. 2).

Figure 2. Consommation mondiale, canadienne et américaine de pétrole brut



Source : U.S. Energy Information Administration (EIA, 2013)

La figure 2 montre la part du Canada dans la consommation mondiale de pétrole brut. La consommation des États-Unis a également été ajoutée pour fins de comparaison puisque ce pays est le plus grand consommateur de pétrole brut (18 490 millions de barils/jour), suivi par la Chine avec 10 400 millions de barils par jour et loin derrière par le Japon avec 4 726 millions de barils par jour (EIA, 2013). Le Canada occupe le 10^e rang des plus grands consommateurs mondiaux avec 2 281 millions de barils par jour en 2012. La figure 2 illustre bien le fait que la consommation canadienne, tous secteurs et utilisation de carburant confondus, est minime par rapport à la consommation mondiale, soit 0,03%.

À partir de ces données, il est possible d'estimer à environ 78 500 milliards \$US la consommation annuelle de pétrole brut du Canada¹⁹. En

¹⁹ Nous calculons :

utilisant les données disponibles sur les dépenses des exploitations agricoles du Canada en carburant, on arrive à estimer à 3 075 milliards \$CAN la consommation agricole de carburant, qui comprend le carburant pour la machinerie et les automobiles sur la ferme ainsi que le combustible de chauffage (Statistique Canada, 2013).

Sachant que le dollar était à parité en 2012 (taux de change de 0.9996 selon la Banque du Canada (Banque du Canada, 2012), on peut comparer les deux montants et conclure que la part de la consommation de carburant canadienne à des fins agricoles, qui est de seulement 0,004 % (rapport de $3,075 / 78\,500$ milliards \$ = $3,9 \times 10^{-5}$), est marginale par rapport à la consommation totale canadienne, qui elle est minime par rapport à la consommation mondiale. Ainsi, les producteurs agricoles canadiens ne consomment pas suffisamment de carburant pour avoir un pouvoir de marché et une influence sur le prix de l'essence, ce qui permet d'appuyer l'affirmation d'AAC à l'effet que le secteur agricole est un preneur de prix en ce qui a trait au carburant, et également de soutenir la conclusion des auteurs Rivers et Schaufele (2013a) à l'effet qu'il n'y a pas de biais de simultanéité et donc pas de problème d'endogénéité. Cela permet également d'expliquer pourquoi nous ne ferons pas les tests permettant de vérifier le potentiel problème d'endogénéité comme le font les auteurs Rivers et Schaufele.

5. Les données

Afin de conduire notre analyse empirique et puisqu'il s'agit de la première du genre spécifique à ce secteur se penchant sur l'impact de la taxe carbone sur la demande de carburant, nous devons construire une base de données permettant de regrouper les informations nécessaires à la réalisation de cette analyse. Statistique Canada publie annuellement les Revenus et dépenses des exploitations agricoles (tableau 002-0044), à partir de l'Enquête financière sur les fermes, ce qui nous permet d'avoir accès aux principales données nécessaires. Par contre, d'autres variables ont dû être construites ou proviennent d'autres sources, tel que nous l'avons décrit dans la section précédente.

Nous favorisons une utilisation de données agrégées en raison de la disponibilité des données publiques. L'horizon temporel de disponibilité des données se situe entre 2002 et 2011, ce qui permet de capter l'effet de l'implantation de la taxe sur le carbone en Colombie-Britannique en 2008 en conduisant l'analyse sur une période de 10 ans.

Nous avons choisi de traiter les données par province, puisque l'agriculture au Canada est un secteur de juridiction provinciale, et que les lois et les méthodes de pratique de l'agriculture varient beaucoup en fonction de la province. Par ailleurs, comme on l'a relevé précédemment dans la revue de littérature, pour obtenir une élasticité prix de la demande la plus représentative possible, il importe de tenir compte des variations territoriales. Cependant, nous avons dû éliminer certaines provinces de notre analyse, car Statistique Canada ne publie pas certaines données d'enquête lorsqu'il y a trop peu de répondants et ce, afin de ne pas affecter la confidentialité du processus. Nous optons donc pour l'utilisation des données des principales provinces agricoles canadiennes soit : la Colombie-Britannique, le Québec, l'Ontario, le Manitoba et l'Alberta. Bien qu'une province d'importance pour la production de plantes oléagineuses et de céréales, la Saskatchewan posait

un défi au niveau de l'obtention des données pour la culture des pommes de terre, et a donc dû être écartée des provinces étudiées. Notre base de données sera donc construite afin de traiter les données sur une unité d'observation par année et par province afin de permettre la comparaison entre les provinces retenues pour notre analyse.

5.1. Prix des engrais

L'indice de prix des entrées en agriculture (comprenant l'indice pour le prix des engrais) est disponible par Statistique Canada uniquement à partir de l'année de référence 2002. En effet, la réalisation de l'indice du prix des entrées en agriculture a été remaniée à la fin des années 90 ce qui a diminué les composantes étudiées et la couverture géographique et qui explique son indisponibilité avant l'année de référence 2002 (Lalande, 2014).

Puisque cette variable est la seule à ne pas être disponible pour l'ensemble de l'horizon temporel à étudier et dans le but d'avoir plus de données (horizon temporel de 20 ans plutôt que 10) et donc plus de chance d'obtenir des résultats significatifs, nous tenterons un test de robustesse²⁰ en utilisant les données disponibles de 2002 à 2012 et estimerons les valeurs antérieures (1993 à 2001) en utilisant une courbe de tendance²¹ obtenue par régression. Toutefois, cette façon de procéder comporte certains risques statistiques puisque l'estimation des valeurs à partir d'une courbe de tendance ne permet pas de refléter des situations particulières qui auraient pu se produire et affecter les valeurs de l'indice. C'est pourquoi nous utilisons comme résultats principaux, ceux comportant uniquement les années 2002 à 2012 pour lesquelles les données exactes sont disponibles et utiliserons les données estimées de 1993 à 2001 comme un test de robustesse.

²⁰ Voir section 6.3 tests de validité du modèle

²¹ Voir méthodologie utilisée en annexe 4

5.2. Statistiques descriptives

Le tableau 4 définit les différentes variables utilisées, présente les principales statistiques descriptives pour chacune ainsi que les sources à partir desquelles il nous a été possible de construire la base de données.

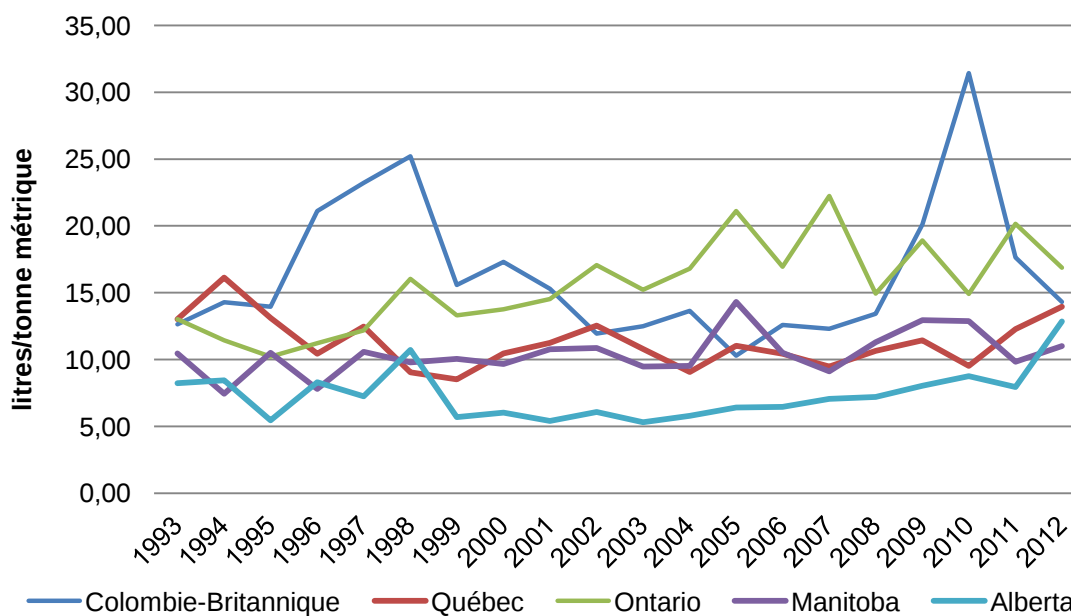
Tableau 4. Définition, statistiques descriptives et sources de variables utilisées

VARIABLE	DÉFINITION	MOYENNE	ÉCART TYPE	MINIMUM	MAXIMUM	SOURCE
Y1 Essence	Consommation d'essence, production de pommes de terre (litres/tonne métrique)	9,91	4,43	3,22	26,92	Statistique Canada, tableaux 002-0044 et 001-0014
Y2 Essence	Consommation d'essence, production de plantes oléagineuses et céréales (litres/tonne métrique)	3,81	1,91	0,98	10,82	Statistique Canada, tableaux 002-0044 et 001-0010
Y1 Diesel	Consommation de diesel, production de pommes de terre (litres/tonne métrique)	9,58	4,31	3,23	26,15	Statistique Canada, tableaux 002-0044 et 001-0014
Y2 Diesel	Consommation de diesel, production de plantes oléagineuses et céréales (litres/tonne métrique)	3,66	1,79	0,95	10,00	Statistique Canada, tableaux 002-0044 et 001-0010
PRIX (Essence)	Prix de l'essence désaisonnalisé (\$/litre)	1,20	0,097	1,02	1,33	Statistique Canada, tableau 326-0009
TAXE (Essence)	Taxe sur le carbone (\$/litre)	0,0049	0,014	0	0,067	Ministre des finances de la Colombie-Britannique (2012)
PRIX (Diesel)	Prix du diesel désaisonnalisé (\$/litre)	1,24	0,11	1,01	1,53	Statistique Canada, tableau 326-0009
TAXE (Diesel)	Taxe sur le carbone (\$/litre)	0,0057	0,016	0	0,077	Ministre des finances de la Colombie-Britannique (2012)
TAILLE 1	Superficie moyenne des fermes de pommes de terre (hectares)	164,96	127,40	43,80	529,77	Statistique Canada, tableau, 001-0014
TAILLE 2	Superficie moyenne des fermes de plantes oléagineuses et céréales (hectares)	998,08	530,81	269,67	2421,75	Statistique Canada, tableau 001-0010
PIB	Produit intérieur brut (milliards \$)	272,16	182,47	37,26	674,49	Statistique Canada, tableau 384-0038
ENGRAIS	Indice du prix des entrées en agriculture, engrais (2002=100) (avec estimations 1993 -2001)	160,04 (100,9)	53,05 (79,9)	97,27 (-39,3)	266,01 (266,0)	Statistique Canada, tableau 328-0015
IPRECIP	Indice de variation des précipitations (mm)	5,20	64,23	-132,91	152,19	Environnement Canada, <i>Données sur les précipitations ajustées</i>
ITEMP	Indice de variation de température (°C)	0,19	0,93	-2,83	1,75	Environnement Canada, <i>Données sur la température homogénéisée de surface</i>
Main d'œuvre	Salaire horaire moyen de la main d'œuvre agricole (\$/heure)	13,64	1,96	10,51	18,19	Statistique Canada, tableaux 282-0072 et 002-0006

L'analyse de la figure 3 nous permet d'observer une valeur particulièrement élevée en 2010 pour la variable dépendante Y1 qui correspond à la consommation de carburant pour la production de pommes de terre. Cette variable correspond à la très faible production de pommes de terre de la Colombie-Britannique au cours de l'année 2010 (faible quantité d'output produite).

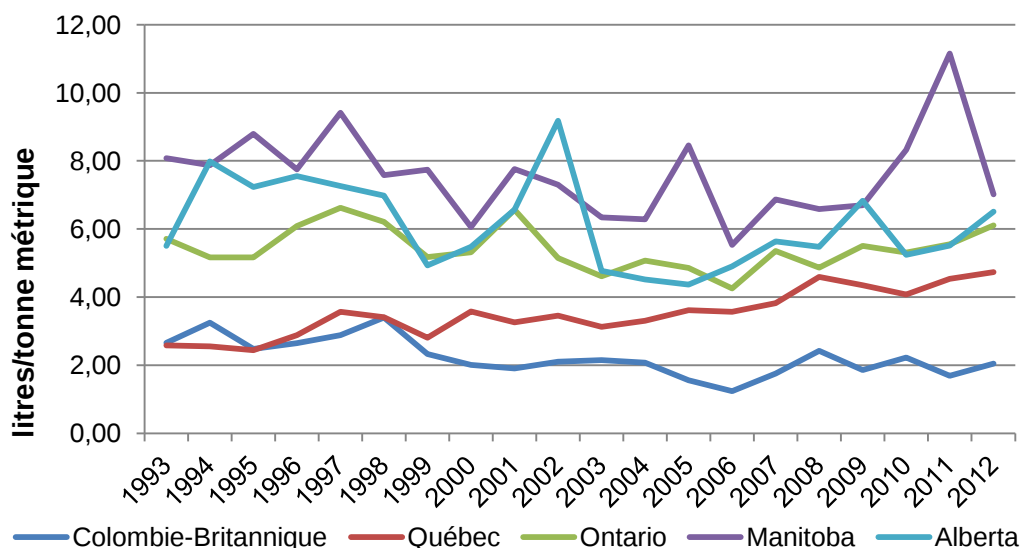
Selon la revue des informations sur le marché de la pomme de terre (AAC, 2012), un automne plus pluvieux que la normale aurait affecté les récoltes britanno-colombiennes cette année-là. Puisque l'impact de la saison pluvieuse s'est fait ressentir seulement au moment des récoltes, les travaux aux champs ont été maintenus normalement durant toute la saison. La consommation d'essence pour l'année n'a donc pas été affectée, expliquant par le fait même la consommation élevée de carburant par rapport à la quantité de pommes de terre produites.

Figure 3. Variable dépendante par province – Production de pommes de terre



Source : Calculs de l'auteur, Statistique Canada Tableaux 002-0044, 326-009, 001-0010 et 001-0014

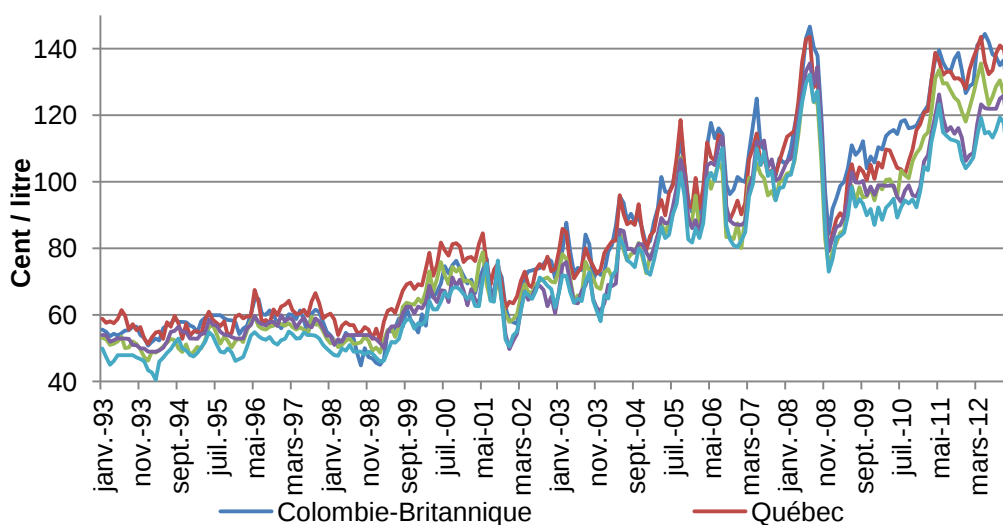
Figure 4. Variable dépendante par province – Production de plantes oléagineuses et céréales



Source : Notre compilation, divers tableaux, Statistique Canada

La comparaison des figures 3 et 4 nous permet d'observer que la consommation d'essence par tonne métrique d'output produit est beaucoup plus importante dans la production de pommes de terre que dans la production de plantes oléagineuses et céréales.

Figure 5. Prix de l'essence par province, mensuel, non désaisonnalisé



Source : Statistique Canada, Tableau 326-009

La figure 5 présente le prix de l'essence dans les cinq provinces étudiées, ce qui nous permet de noter que le montant de la taxe carbone imposée en Colombie-Britannique (montant maximum en 2012 de 0,0667 \$/litre) est relativement minime par rapport au prix de l'essence qui atteint un maximum de 1,3 \$/litre (130 cent/litre).

6. Résultats

La prochaine section permettra de présenter les résultats obtenus par l'estimation du modèle présenté dans les sections précédentes, une première régression en utilisant l'essence comme carburant et une deuxième en utilisant le diesel, et de discuter des résultats obtenus et de leur utilité en regard de la question étudiée.

6.1. Intuition

Le but de ce travail est de mesurer, à l'aide de données empiriques, l'impact d'une taxation sur le carbone sur la demande de carburant des entreprises agricoles canadiennes. Par un modèle économétrique, il est possible de calculer l'élasticité-prix de la demande pour deux types de productions du secteur agricoles.

En fonction des résultats présentés dans l'analyse de littérature, des conclusions de certains auteurs étudiés et de notre compréhension de la problématique, nous supposons que la taxe sur le carbone aura un impact minime sur la consommation d'essence. En effet, le secteur agricole étant ce qu'il est, le travail au champ dépend intrinsèquement de la machinerie agricole. Il n'y a pas vraiment de possibilités d'adaptation à court terme en réaction à une augmentation de prix du carburant. Suivant le principe d'économies d'échelle, les entreprises de plus grandes tailles seraient donc plus susceptibles d'être capable de s'adapter aux fluctuations du prix du marché. Il faudra attendre une augmentation assez soutenue des prix de l'essence pour inciter les fournisseurs de machinerie à développer et mettre en marché une machinerie moins consommatrice en carburant.

Ainsi, dans la présente analyse des résultats obtenus suite à l'estimation du modèle économétrique, on s'attendrait à obtenir une très faible et négative élasticité-prix de la demande, soit une augmentation du prix ayant pour effet de réduire la demande de carburant. Autrement dit, on s'attendrait à conclure

qu'il faut une très forte augmentation du prix du carburant pour inciter une diminution de la consommation d'essence à court terme.

6.2. Résultats

L'estimation de la *régression SUR* élaborée et présentée dans la section sur la méthodologie permet d'obtenir les résultats suivants.

Tableau 5. Déterminants de la demande de carburant des entreprises agricoles canadiennes

	Variable	Coefficients Essence	Coefficients Diesel	Prédictions
Y1	Prix carburant	18,56**	-5,41	< 0
	Taxe carbone	88,30**	98,24***	< 0
	Taille 1	-0,0016	-0,014**	< 0
	PIB	0,0070**	0,0053	> 0
	Intrants	-0,0036	0,015	> 0 (substitut) ou < 0 (complémentaire)
	ITemp	-0,00054	0,0021	< 0 ou > 0
	IPrecip	-0,22	0,18	> 0
	Main d'œuvre	1,13***	0,46	> 0 (substitut) ou < 0 (complémentaire)
	Constante	-29,12	7,69	< 0 ou > 0
	R ²	0,5966	0,4736	
Y2	Prix carburant	-8,51***	-7,45***	< 0
	Taxe carbone	-28,80**	-24,85**	< 0
	Taille 2	-0,0025***	-0,0022***	< 0
	PIB	-0,0050***	-0,0048***	> 0
	Intrants	0,013***	0,015***	> 0 (substitut) ou < 0 (complémentaire)
	ITemp	0,0025	0,0037*	< 0 ou > 0
	IPrecip	0,23	0,24	> 0
	Main d'œuvre	0,39***	0,39***	> 0 (substitut) ou < 0 (complémentaire)
	Constante	10,49***	8,81***	< 0 ou > 0
	R ²	0,7395	0,7260	

*** significatif à un degré de 1%, **significatif à un degré de 5%, *significatif à un degré de 10%

6.2.1. Production de plantes oléagineuses et céréales

Les résultats du tableau 5 pour la production de plantes oléagineuses et céréales (Y2), lors de la conduite du modèle tel que présenté dans le présent travail, se montrent dans la plupart des cas cohérents avec les prédictions des résultats attendus et présentent un bon coefficient de détermination R^2 de 0,7395 (essence) et de 0,7260 (diesel).

Pour ce type de production, nous obtenons des coefficients négatifs et significatifs pour le prix du carburant et pour la taxe carbone, ce qui indique un effet inverse sur la consommation de carburant lors d'une augmentation du prix du carburant et de la taxation sur le carbone, ce qui correspond aux résultats attendus. Les élasticités calculées à partir de ces coefficients et la comparaison avec celles des études de la littérature seront présentées dans la prochaine section.

Le coefficient de la taille des entreprises est également significatif et négatif, ce qui correspond aux résultats attendus. En effet, puisque la variable dépendante mesure le coût moyen relatif (en quantité consommée par unité de produit), le signe négatif s'interprète comme un indice de la présence d'économies d'échelles potentiellement réalisées dans les entreprises de plus grande taille. Le coefficient de la mesure de richesse (PIB) quant à lui ne se montre pas cohérent avec les prédictions puisqu'on obtient des coefficients significatifs mais négatifs, alors que les coefficients de l'indice de prix des engrais et de la main d'œuvre sont positifs et significatifs. Cela nous permet de conclure que les deux intrants agricoles s'avèrent des produits substitués au carburant.

Nous observons également que les coefficients de l'indice des précipitations et de l'indice de la température ne sont pas significatifs à un seuil de 10%, ce qui nous empêche de rejeter l'hypothèse nulle.

6.2.2. Production de pommes de terre

Les résultats obtenus par la *seemingly unrelated regression* de la production de pommes de terre ne se montrent pas aussi cohérents et présentent un R^2 de 0,5966 pour l'essence et de 0,4736 pour le diesel. Tout d'abord, le coefficient du prix de l'essence ainsi que ceux de la taxe sur le carbone pour les deux types de carburant sont positifs, ce qui va à l'encontre de nos prédictions et de la logique. En effet, un coefficient positif aurait signifié qu'une augmentation du prix de l'essence a pour effet de faire augmenter la consommation d'essence, ce qui est peu probable et contre-intuitif. Qui plus est, le coefficient du prix du diesel qui est le seul à être négatif n'est pas significatif, contrairement aux autres qui sont significatifs mais contraires aux prédictions.

L'obtention d'un coefficient négatif pour la taille des entreprises agricoles correspond aux prédictions faites, malgré que le coefficient soit non significatif dans le cas de l'essence comme type de carburant, de même que l'obtention d'un coefficient positif pour le PIB qui s'avère significatif dans le cas de l'essence. En effet, on suppose qu'une augmentation de la richesse d'une province a pour effet d'augmenter la consommation de carburant.

On n'observe pas de consistance entre les deux types de carburant en ce qui concerne le prix des intrants et les variables de température et de précipitation, alors qu'aucun n'est significatif.

6.3. Analyse de la robustesse du modèle

Les résultats obtenus pour la production de pommes de terre n'étant pas cohérents avec nos prédictions, nous avons effectué plusieurs tests qui seront décrits dans la présente section, mais dont les résultats seront présentés à l'annexe 7²². La réalisation de ces tests nous permet de vérifier l'influence de certains changements au modèle étudié sur les résultats

²² Les résultats des tests de robustesse présentés dans ce travail sont ceux utilisant l'essence comme type de carburant, alors que ceux du diesel sont disponibles sur demande.

obtenus. Cela nous a permis de valider la robustesse du modèle étudié et également de mieux comprendre les interactions entre les variables.

Ainsi, le test 2 consiste à réaliser deux régressions distinctes par MCO pour les deux types de production, et ce dans le but de comparer les résultats avec la régression SUR. En effet, lorsque les deux modèles étudiés comprennent sensiblement les mêmes variables indépendantes, le SUR devrait donner des résultats similaires à deux régressions par MCO. La différence se trouve au niveau de la corrélation du terme d'erreur. Les résultats obtenus au test 2 sont concluants en ce sens, puisqu'ils sont très similaires à ceux du SUR.

Puisqu'on observe des coefficients non significatifs pour les deux types de production pour les variables d'indice de température et d'indice de précipitation, nous avons tenté d'éliminer ces variables. C'est le test 3. Cela nous permet d'obtenir des coefficients tous significatifs à un seuil de 5% avec un R^2 de 0,7185 dans le cas de la production de plantes oléagineuses et céréales. Par contre, dans le cas de la production de pommes de terre, le test n'a pas pour effet d'influencer le signe des coefficients du prix de l'essence et de la taxe et donc, les résultats obtenus ne se montrent pas plus cohérents avec les hypothèses de départ. Afin de vérifier la validité de l'indice de température et de précipitation utilisés, au test 4 nous tentons d'utiliser comme variables indépendantes des fonctions quadratiques pour chacune de ces variables, tel que réalisé par Rivers et Schaufele (2013b). À la lumière de cet exercice, nous constatons également que les coefficients obtenus sont non significatifs dans la plupart des cas.

Dans le scénario 5 nous tentons d'ajouter l'année comme variable afin de voir si la période a une influence sur la consommation d'essence alors que dans le scénario 6 nous tentons de tenir compte du facteur temporel par le biais d'une variable binaire représentant la période. Ces ajouts permettent d'augmenter le R^2 dans les deux types de production, mais ne réussissent pas à augmenter la significativité des coefficients obtenus dans le cas de la

production de pommes de terre. Suivant le raisonnement précédent, dans le test 7 nous tentons de voir si les facteurs géographiques ont une influence sur la consommation d'essence par l'inclusion de variables binaires selon les provinces étudiées alors que le huitième scénario combine l'ajout de variables binaires pour les provinces ainsi que pour l'année. Encore une fois, les résultats obtenus dans le cas de la production de pommes de terre ne se montrent pas cohérents avec les prédictions attendues.

Dans le scénario 9, nous estimons les valeurs du prix du carburant pour les années 1993 à 2001 tel qu'indiqué dans la section 5.1 afin de pouvoir faire notre analyse sur un horizon temporel de vingt ans plutôt que dix. Nous obtenons un meilleur R^2 que celui du scénario initial (scénario 1) dans le cas de la production de pommes de terre, alors que les résultats de la production de céréales, bien que similaires, montrent un R^2 moindre.

Le test 10 présente le cas où, en tentant de voir s'il n'y aurait pas d'autres variables potentiellement pertinentes, on a ajouté la variable rendement (qui diffère selon le type de production étudié) et qui peut permettre de tenir compte de moins bonnes années pour le secteur agricole. En effet, les cultures agricoles peuvent être affectées par des insectes nuisibles, maladies ou infections qui ont un impact sur la quantité récoltée en fin d'année. Afin de tenir compte de ces facteurs non contrôlables qu'aucune de nos variables n'arrive à prendre en compte, nous avons voulu tester l'inclusion de la variable rendement comme variable indépendante pour chacune des productions agricoles. Ainsi, un rendement moins élevé une année pourrait signifier la présence d'une année plus difficile en termes de récoltes, ce qui a pour effet d'influencer la variable dépendante de consommation d'essence, qui dépend intrinsèquement de l'output produit en fin d'année.

L'observation graphique des données nous avait précédemment permis de remarquer qu'en 2010, la production de pommes de terre en Colombie-Britannique a été nettement inférieure par rapport aux autres années, ce qui a pour effet de donner une variable dépendante particulièrement élevée.

Selon Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC, 2012), un mois d'août particulièrement pluvieux cette année-là, et des conditions climatiques difficiles ont affecté la production de pommes de terre au moment de la récolte. Afin de déterminer si cette donnée aberrante a une influence sur les résultats de l'ensemble de l'analyse, nous avons décidé de faire la régression sans tenir compte de l'année 2010. Ces résultats correspondent au test 11 et sont présentés au tableau 12. Nous remarquons que ce test n'a pas l'effet escompté de permettre d'obtenir des résultats significatifs et plus cohérents dans le cas de la production de pommes de terre, alors que les résultats de la production de céréales et plantes oléagineuses sont comparables à ceux du tableau 5.

Le dernier test (12)²³ que nous avons réalisé provient d'un des essais des auteurs Rivers et Schaufele (2013a) qui ont inspiré en partie notre méthodologie. De leur côté, les auteurs ont décidé de croiser le prix de l'essence et la taxe carbone à une variable *dummy* de la Colombie-Britannique tel que décrit dans la formule suivante :

$$Y = \text{prix} * BC + \text{taxe} * BC + \dots$$

L'interaction de la Colombie-Britannique est représentée par une variable binaire des provinces. La valeur de cette variable binaire de la Colombie-Britannique est de 1 alors que celles des autres provinces sont égales à 0. On en conclut que ce test revient à faire l'exercice de régression uniquement pour la province de la Colombie-Britannique. Les résultats de ce test montrent des R^2 très élevés comparativement à ceux des autres tests conduits (0,9605 pour la production de pommes de terre et 0,9876 pour la production de céréales), alors qu'on observe une incohérence entre les

²³ Suite à la révision de ce travail, nous avons réalisé un test supplémentaire avec comme variable dépendante la quantité de carburant en litres et comme variable indépendante, en plus de celles contenues dans notre modèle initial, la production en tonnes métriques. Les résultats obtenus ne se sont pas montrés plus concluants que ceux des tests de robustesse effectués (obtention d'un coefficient positif pour le prix du carburant pour les deux types de production). C'est pourquoi nous ne les avons pas inclus dans le corps du texte.

résultats des autres tests et ceux-ci qui ont des valeurs de coefficients particulièrement élevées dans le cas de la production de pommes de terre.

L'analyse des résultats des douze scénarios étudiés, permet d'identifier certaines tendances ou similarités, plus particulièrement en ce qui a trait aux variables d'intérêt pour notre travail. Tout d'abord, dans la majorité des cas étudiés, le modèle nous permet d'obtenir de relativement bons R^2 , au dessus de 0,55 dans la plupart des cas. Le R^2 de la production de plantes oléagineuses et céréales est toujours plus élevé que celui pour la production de pommes de terre, alors que dans les deux cas, le R^2 augmente avec l'ajout de nouvelles variables.

Aussi, les coefficients des variables *ltemp* et *lprecip* sont presque toujours statistiquement non significatifs de même que les coefficients dans le test de robustesse qui utilise une fonction quadratique. On présume donc que ces variables n'ont pas d'influence significative sur la consommation d'essence des entreprises agricoles.

Pour la production de pommes de terre, les coefficients du prix de l'essence et de la taxe sur le carbone sont positifs dans une majorité de cas, ce qui est contraire à la logique derrière le raisonnement de notre analyse. Ils sont également non significatifs dans quelques cas, plus particulièrement en ce qui concerne le coefficient du prix de l'essence. Pour la production de plantes oléagineuses et céréales, par contre, les coefficients du prix de l'essence et de la taxe sur le carbone sont presque toujours négatifs²⁴, comme on s'y attendait, et significatifs avec un R^2 de plus de 0,60 dans la majorité des cas²⁵. Nous pouvons donc conclure à la pertinence de notre modèle en ce qui a trait à la culture de plantes oléagineuses et de céréales. Toutefois, les résultats non significatifs et incohérents avec les prédictions relatives à la

²⁴ Sauf dans le cas du test 7 pour le coefficient du prix de l'essence qui est positif et du test 12 pour le coefficient de la taxe carbone.

²⁵ Le coefficient de la taxe carbone n'est pas significatif dans le test 4 alors que celui du prix de l'essence ne l'est pas dans le test 7.

production de pommes de terre nous amènent à nous questionner sur les raisons possibles de l'obtention de tels résultats.

Par ailleurs, il est à noter que les résultats des tests présentés dans ce travail sont ceux utilisant l'essence comme type de carburant, mais que les tests ont également été réalisés avec le diesel comme carburant. Dans le deuxième cas, on obtient des R^2 généralement plus bas que ceux des tests utilisant l'essence, particulièrement dans le cas de la production de pommes de terre où l'écart est assez marqué. Dans le cas de la production de céréales les valeurs sont comparables. Pour la production de pommes de terre, on remarque également des coefficients prix du carburant négatifs dans certains cas, alors que pour la production de céréales ce coefficient est toujours positif. Cependant, ces coefficients n'étant pas significatifs, cela nous empêche de tirer des conclusions quant à la pertinence de l'utilisation du diesel comme carburant par rapport à l'essence.

6.3.1. Explications possibles

Suite à l'étude des résultats des tests de robustesse, on conclut que le modèle arrive bien à expliquer la consommation d'essence dans les entreprises agricoles de culture de plantes oléagineuses et de céréales. Toutefois, le modèle n'arrive pas aussi bien à expliquer la consommation de carburant dans les entreprises de culture de pommes de terre puisqu'on observe des résultats non significatifs et contraires à nos prédictions, à la logique économique et aux résultats comparables dans la littérature et ce, malgré la réalisation de plusieurs tests présentés à la section précédente. La prochaine section identifie et discute de pistes de réflexion pour expliquer les résultats contre-intuitifs obtenus dans le cas de la production de pommes de terre.

Dans un premier temps, sachant que le R^2 de la production de pommes de terre est toujours plus bas que celui de la production de plantes oléagineuses et de céréales, il semble possible qu'il y ait une variable très influente sur la

consommation d'essence dans ce type de production que l'on ne retrouve pas dans le modèle élaboré. Le type de travail du sol utilisé ou le nombre d'heures consacrées au travail du sol (reflétant l'utilisation de la machinerie agricole) sont des variables qu'on ne retrouve pas dans le modèle et qui pourraient avoir une influence. Par contre, la nature qualitative de ces variables et le fait que les bases de données accessibles pour l'instant ne permettent pas d'accéder à ce genre de renseignements, nous empêchent d'en tenir compte dans notre analyse. Ces caractéristiques des entreprises agricoles étant plutôt difficiles à mesurer, on obtiendrait probablement des résultats subjectifs, car il y a peu de moyens de vérifier exactement le travail du sol effectué par chaque entreprise agricole. Une autre variable potentiellement pertinente pourrait également être le type de machinerie utilisée en regard de son efficacité énergétique, mais encore une fois, c'est un facteur qui n'est pas pris en compte dans le recensement du secteur agricole et dans les bases de données canadiennes.

Dans le même sens, l'étude graphique²⁶ de la demande de carburant pour les entreprises de plantes oléagineuses et céréales et celles de pommes de terre nous permet de poser une autre hypothèse, soit celle de l'existence d'un facteur économique externe à la production agricole qui puisse être à l'origine d'une diminution de la production de pommes de terre entre 1993 et 2002, sans pour autant affecter la consommation d'essence, ce qui aurait pour effet de faire augmenter la variable dépendante.

Dans un deuxième temps, on pourrait expliquer l'obtention de résultats différents dans les deux types de production par la nature des données utilisées et la construction de la base de données. On remarque que les données sur la production de pommes de terre proviennent d'une base de données différente de celles des céréales et plantes oléagineuses, ce qui pourrait expliquer la discordance entre les résultats des deux types de

²⁶ On se réfère à la figure 1 de dépenses de carburant par type de production en Colombie-Britannique présenté à la page 22, ainsi qu'à ceux des autres provinces présentés à l'annexe 1.

production. Les manipulations réalisées dans le cas de la production de pommes de terre sont plus nombreuses afin de les rendre comparables avec celles des céréales, ce qui aurait pu entraîner des erreurs de calcul pouvant expliquer que les résultats obtenus sont significatifs et cohérents dans un cas et ne le sont pas dans l'autre. Par ailleurs, le tableau 6 montre le nombre moyen d'entreprises par province.

Tableau 6. Nombre moyen d'entreprises par province (entre 1993 et 2012)

Province	Nombre d'entreprises	
	Pommes de terre	Céréales
Alberta	84	19 327
Colombie-Britannique	66	603
Manitoba	105	9 601
Ontario	212	14 684
Québec	262	3 443

Source : Statistique Canada, Tableau 002-0044

Dans toutes les provinces étudiées, le nombre d'entreprises de culture de pommes de terre est faible par rapport à celui d'entreprises de céréales. Les données obtenues par le sondage de Statistiques Canada peuvent alors être biaisées par la taille de l'échantillon sondé qui se révèle très petit dans le cas de la culture de pommes de terre. Cette hypothèse permettrait également d'expliquer pourquoi les résultats de production de céréales obtenus, qui s'appuient sur les résultats d'une enquête avec un échantillon de répondants supérieur, sont meilleurs et significatifs. Cette hypothèse est également avancée par Espey (1998) dans son étude sur la comparaison de différentes estimations d'élasticités alors qu'elle justifie l'omission de certaines données positives pour l'élasticité de la demande par le fait que les résultats de petits échantillons s'avèrent généralement non significatifs (Espey, 1998).

Finalement, on peut également tenter d'expliquer la divergence de résultats dans la production de pommes de terre en fonction des prédictions, par la

très forte inélasticité de la demande de ce type de production en rapport à la consommation d'essence. Ainsi, les fluctuations du prix de l'essence n'influencent pas la consommation en raison de la très grande importance du carburant pour la production (surtout pour la pomme de terre puisque les opérations culturales mécanisées constituent la majorité des travaux nécessaires dans ce type d'entreprises), mais aussi parce que les capacités d'adaptation sont minces, voir inexistantes à court terme. En effet, il serait impossible de changer la machinerie en réaction à une hausse de prix de l'essence, la durée de vie utile des équipements agricoles relativement coûteux étant d'au moins 10 ans (CRAAQ, 2004). On s'attendrait plutôt à voir un changement dans la machinerie à moyen et long terme, alors que le propriétaire d'une entreprise agricole pourrait décider de remplacer sa vieille machinerie par une nouvelle s'avérant plus performante en matière de consommation d'essence. Ainsi, afin d'être en mesure d'observer statistiquement une diminution de consommation d'essence engendrée par une hausse de prix, nous aurions besoin d'une augmentation soutenue des prix des carburants sur une longue période, ce qui n'est pas le cas en ce moment, la première taxe sur le carbone ayant été mise en application seulement en 2008.

Les autres options de substitution pour les producteurs agricoles se situent au niveau de la diminution des travaux mécanisés ou de l'utilisation de pratiques culturales moins exigeantes en essence (diminution du travail du sol). En effet, dans son étude intitulée *Réduire la dépendance du secteur agricole québécois aux énergies fossiles*, Équiterre (2013) recense des alternatives permettant de diminuer les opérations mécaniques de travail du sol et ainsi la consommation de carburant des entreprises agricoles. Ils mesurent qu'il est possible de diminuer entre 41% et 55 %²⁷ la consommation de carburant en utilisant la méthode de semis direct ou celle de travail

²⁷ Le pourcentage varie en fonction du type de carburant, de la méthode de diminution du travail du sol préconisée (semis direct ou travail minimal du sol) et du type de culture (Équiterre, 2013).

minimal du sol. Cependant, selon le plan d'action en agroenvironnement dans la pomme de terre de la Fédération des producteurs de pommes de terre du Québec (FPPTQ, 2000), l'enfouissement des résidus est nécessaire pour limiter les risques de propagation de maladies auquel le plant de pommes de terre est plus sensible. On suppose donc que les méthodes de travail minimal du sol ou le semis direct sont plus difficiles d'application dans cette culture que dans celle de céréales. L'adaptation des méthodes culturales moins consommatrices de carburant est donc plus facile dans la production de céréales que dans celle de pommes de terre, ce qui pourrait expliquer les résultats différents obtenus dans les deux types de production.

6.4. Élasticité de la demande

Le calcul des élasticités-prix de la demande pour le prix de l'essence, le prix du diesel et la taxe carbone nous permettra de valider ces dernières hypothèses permettant d'expliquer la nature des résultats obtenus. Ainsi, il nous est possible de calculer l'élasticité prix²⁸ de la demande de carburant et celle de la taxe sur le carbone à partir des coefficients obtenus par les régressions présentées dans la section précédente uniquement pour la production de plantes oléagineuses et céréales puisque nous obtenons certains coefficients non significatifs dans le cas de la production de pommes de terre.

Tableau 7. Calcul des élasticités estimées de la demande de carburant

	Pommes de terre		Céréales	
	Coefficient	Élasticité	Coefficient	Élasticité
Prix de l'essence	18,56**	-	-8,51***	-2,68
Taxe carbone (essence)	88,30**	-	-28,80**	-0,037
Prix du diesel	-5,41	-	-7,45***	-2,52
Taxe carbone (diesel)	98,24***	-	-24,85**	-0,039

*** significatif à un degré de 1%, **significatif à un degré de 5%, *significatif à un degré de 10%

²⁸ Méthode de calcul des élasticités présentée à l'annexe 5

On remarque, dans les deux cas, que les résultats pour l'utilisation de l'essence ou du diesel comme carburant donnent des résultats similaires. Les résultats de la production de pommes de terre étant contre-intuitifs et non-significatifs dans le cas du prix du diesel, nous ne faisons pas le calcul des élasticités de la demande de carburant pour ce type de production. Dans le cas de la production de céréales, on remarque une très faible élasticité de la demande par rapport à la taxe carbone qui est négative et de l'ordre de $-0,04$. Cependant, on remarque une très forte élasticité de la demande reliée au prix du carburant, de l'ordre de $-2,68$ pour l'essence et $-2,52$ pour le diesel. On définit cette élasticité comme une hausse de 1% du prix d'un produit qui provoque une baisse de plus de 2% de la demande de carburant par tonne. Suivant ce raisonnement, les entreprises de production de céréales seraient plus sensibles à une hausse des prix du carburant qu'à une hausse de la taxe sur le carbone, qui elle a un impact minime.

6.4.1. Comparaison des résultats

La comparaison des élasticités obtenues à celles exposées dans certaines études pertinentes est difficile compte tenu du fait que notre étude est la première au Canada portant sur ce secteur, dans ce contexte précis et se spécialisant sur deux types de production précis. En effet, Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC, 2012) estime l'élasticité prix de la demande de carburant pour le secteur agricole au Canada sur un horizon de 30 ans et obtiennent « une élasticité de la demande par rapport au prix de $-0,21$ » (AAC, 2012, p. 3). Cette étude traite de l'ensemble du secteur, tous types de productions confondus, alors que nous avons préféré étudier certains secteurs particuliers. Ainsi, il serait possible de croire que nos résultats soient plus élevés que ceux d'AAC considérant le fait que les secteurs que nous avons choisis sont plus susceptibles d'être dépendants de la consommation de carburant. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'ils sont de plus grands consommateurs d'énergie que les entreprises d'élevage où les opérations

mécanisées sont relativement moins importantes et où le prix de l'essence a donc moins d'impact sur la structure financière de l'entreprise (tableau 8).

Tableau 8. Part des dépenses en carburants et en chauffage dans les entreprises agricoles

Secteur de production	Part des dépenses en carburant et en chauffage (%)
Production laitière	3,7
Production porcine	1,9
Production de grandes cultures	6,8
Production maraîchère	3,9

Source : (Groupe AGÉCO, 2006) tiré de (Équiterre, 2013)

Par ailleurs, les élasticités obtenues l'ont été avec une variable dépendante mesurée en litres par tonne métrique, alors que celles de la littérature se mesurent différemment (litre, litres per capita, litres par ménage, etc). Ainsi, la formule 7 montre le raisonnement utilisé afin de calculer de façon exploratoire l'élasticité prix du carburant en utilisant une variable dépendante comparable à celle de la littérature, soit en litres²⁹.

$$\frac{\partial \tilde{Y}}{\partial p} \cdot \frac{p}{\tilde{Y}} = \frac{\partial Y}{\partial p} \cdot \frac{p}{Y} + \frac{\partial output}{\partial p} \cdot \frac{p}{output} \quad (7)$$

Ici, $\tilde{Y}$ représente la quantité d'essence consommée en litres obtenue en multipliant notre variable dépendante Y par la quantité d'output produite et p représente le prix du carburant.

La partie gauche de l'équation correspond à la valeur généralement reconnue comme étant l'élasticité prix de la demande de carburant à court terme, estimée par régression d'une variable dépendante se mesurant en litres.

²⁹ Méthode de calcul et raisonnement présenté à l'annexe 6

Dans la méta-analyse d'Espey (1998), les valeurs des 363 observations d'élasticités prix de la demande de carburant à court-terme se situent entre 0 et -1,36 avec une valeur moyenne de -0,26, qui se compare à celle obtenue par Agriculture et agroalimentaire Canada (2012) de -0,21. Quant à eux, les auteurs Rivers et Schaufele (2013a) obtiennent une très faible élasticité prix de la demande de carburant d'une valeur de -0,0014 qui s'avère moins élevée que celle de la taxe carbone. Le premier terme de la partie droite de l'équation, correspond à l'élasticité prix de la demande de carburant obtenue par la régression de notre modèle (-2,68 pour l'essence et -2,52 pour le diesel).

Le terme $\partial output / \partial p$ de la partie droite de l'équation n'est pas connu. Afin d'être en mesure d'obtenir de façon exploratoire une valeur d'élasticité comparable à celles de la littérature et ainsi de valider les résultats obtenus par notre modèle, nous tentons de l'estimer. Nous serons toutefois prudents quant aux conclusions à tirer de ce résultat puisque notre objectif est avant tout de valider nos résultats obtenus. Pour l'estimer, nous avons fait une régression par MCO de la variable dépendante *output* (pour la production de plantes oléagineuses et céréales) en utilisant les mêmes variables indépendantes que celles utilisées dans notre modèle initial. Cette régression nous permet donc d'obtenir le terme $\partial output / \partial p$; le terme $p/output$ peut être tiré directement des données.

Puisque les résultats de cette régression, présentés à l'annexe 6, sont significatifs pour les deux types de carburant, il nous a été possible de réaliser les calculs permettant d'obtenir les valeurs du deuxième terme de la partie droite de l'équation 7 qui sont de 3,83 pour l'essence et 2,72 pour le diesel. Déjà, l'obtention de valeurs positives pour ces termes semble contraire à ce qu'on aurait pu prévoir. En effet, l'obtention d'une valeur positive aurait pour signification une corrélation positive entre le prix de l'essence et la quantité d'output agricole produit (plantes oléagineuses et céréales dans ce cas-ci).

Notre modèle ayant été développé de façon à prendre en compte uniquement l'impact à court terme de la taxe, il s'est concentré uniquement sur des variables explicatives relatives aux exploitations agricoles et à leur consommation de carburant à des fins agricoles. Il ne prend donc pas en compte les facteurs conjoncturels et économiques qui pourraient permettre d'expliquer une augmentation de la production dans les deux types de production étudiés et ce, indépendamment du prix du carburant (corrélation positive). En effet, selon l'Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), on observe une tendance à la hausse de la quantité de céréales produite depuis le début du siècle (FAO, 2014), ce qui s'expliquerait en partie par l'intérêt grandissant pour la production de céréales aux fins de production de biocarburants mais surtout, par une hausse des rendements dans cette culture. On retrouve également une tendance à la hausse dans certaines provinces canadiennes, dont celles des Prairies qui sont les principales productrices de céréales au pays, ce qui permet de corroborer cette hypothèse (Statistique Canada, 2014).

L'inclusion de ces valeurs dans l'équation 7 nous permet d'obtenir des valeurs d'élasticités de 1,15 pour l'essence et de 0,20 pour le diesel. Nous constatons que la valeur absolue des valeurs obtenues se rapproche de celles obtenues dans la littérature, bien que celle de l'essence s'avère encore trop élevée. Cependant, il nous semble difficile d'expliquer le fait que nous obtenons des valeurs positives qui indiquent qu'une augmentation du prix de l'essence et du diesel aurait pour effet d'augmenter la consommation de carburant dans la production de plantes oléagineuses et céréales, ce qui vient contredire toutes nos prédictions. Lorsqu'on reprend le même exercice pour calculer les élasticités de la taxe sur le carbone, on obtient une valeur d'élasticité (en utilisant l'essence comme carburant puisque le coefficient du diesel n'est pas significatif) de - 0,052 comparable au résultat de - 0,046 obtenu par les auteurs Rivers et Schaufele (2013a).

Les auteurs Rivers et Schaufele qui ont inspiré notre analyse, obtiennent une élasticité de la demande par rapport à la taxe carbone de $-0,046$ comparativement à une élasticité du prix du marché de $-0,0014$ ce qui leur permet de conclure à la prédominance de la taxe carbone par rapport au prix du marché (Rivers & Schaufele, 2013). Cela ne se traduit pas dans nos résultats où la valeur de l'élasticité pour la taxe sur le carbone est plus petite que celle pour le prix du carburant qui elle, est positive. Ainsi, on peut conclure que la demande de carburant reliée à la taxe carbone est inélastique et donc que les entreprises de production de céréales ne sont pas sensibles aux augmentations de prix de l'essence reliées à la taxation sur le carbone. Bien que cela soit contraire aux conclusions de Rivers et Schaufele (2013a), on suppose que les particularités des secteurs étudiés et leur différent degré de dépendance à la consommation d'essence puissent permettre d'expliquer en partie cette divergence dans les conclusions.

Finalement, les démarches décrites dans la présente section nous permettent d'obtenir une valeur d'élasticité prix du carburant comparable de $0,20$ dans le cas du diesel, ce qui indique une inélasticité de la demande de carburant des entreprises agricoles du secteur des plantes oléagineuses et de céréales en ligne avec les avis du secteur voulant que la demande de carburant soit très inélastique, tel que décrit par AAC, «le carburant est une nécessité pour l'agriculture et il n'existe aucun substitut immédiat au carburant» (AAC, 2012, p. 3). Par contre, le signe positif obtenu pour cette valeur étant contraire à nos prédictions, cela empêche de conclure avec certitude à une inélasticité de la demande de carburant et ce, malgré la réalisation de plusieurs tests de robustesse montrant la bonne définition de notre modèle.

Dans sa méta-analyse, Espey (1998) conclut que certains facteurs affectent systématiquement les estimés d'élasticités. Un de ces facteurs, qui s'est révélé avoir une influence marquée sur les estimés analysés dans cette étude, est l'omission d'une mesure de la détention d'un véhicule comme variable explicative. Cela aurait pour effet de donner un résultat plus

élastique pour les estimés des élasticités prix et revenu. Bien sûr, il serait moins pertinent dans notre cas d'inclure une mesure de propriété de véhicule, mais nous pouvons tout de même poser l'hypothèse que le fait d'omettre de prendre en compte le nombre de véhicules motorisés sur la ferme (machinerie agricole et véhicules pour le transport sur la ferme) pourrait avoir une influence sur les estimés de nos élasticités. La prochaine section examine plus en détail les limites de notre modèle et les possibles explications pour les résultats contre-intuitifs obtenus pour l'élasticité prix de la demande de carburant.

7. Discussion

7.1. Limites

Notre analyse se veut une première tentative afin de valider l'impact de la taxe carbone sur la consommation de carburant des entreprises agricoles canadiennes. Cependant, la méthodologie utilisée a ses limites comme le montrent les résultats qui diffèrent de la littérature existante.

Tout d'abord, les données utilisées provenant d'une enquête de Statistique Canada, l'utilisation de données agrégées s'est avérée nécessaire alors que l'utilisation de données par entreprise aurait été préférable. En effet, l'utilisation des données agrégées fait en sorte que la taille de l'échantillon est relativement petite (100 observations), ce qui affecte probablement la véracité des résultats obtenus. En ce sens, tel que le démontrent les auteurs Rivers et Schaufele (2013a), l'utilisation de données mensuelles plutôt qu'annuelles aurait pu permettre d'obtenir des résultats plus précis. Encore une fois, c'est la variable dépendante construite à partir de la demande de carburant annuelle des entreprises agricoles qui a été limitative.

Dans le même ordre d'idées, dans la construction de la base de données, nous avons utilisé des valeurs moyennes par ferme en fonction des données disponibles par le biais de Statistique Canada. Les résultats obtenus auraient probablement été plus précis avec une enquête réalisée et construite spécifiquement pour l'occasion. Par contre, cette façon de faire aurait également pu entraîner certains défis comme la disponibilité de certaines informations qui sont difficiles à mesurer pour les agriculteurs canadiens. Le fait que plusieurs manipulations aient dû être faites lors de la construction de la base de données, afin de pouvoir faire la comparaison entre les deux types de production agricole, a pu entraîner certaines erreurs de mesure qui peuvent se refléter dans les résultats obtenus. C'est pourquoi la conduite

d'une enquête directement auprès des entreprises agricoles aurait pu permettre d'enrichir l'analyse.

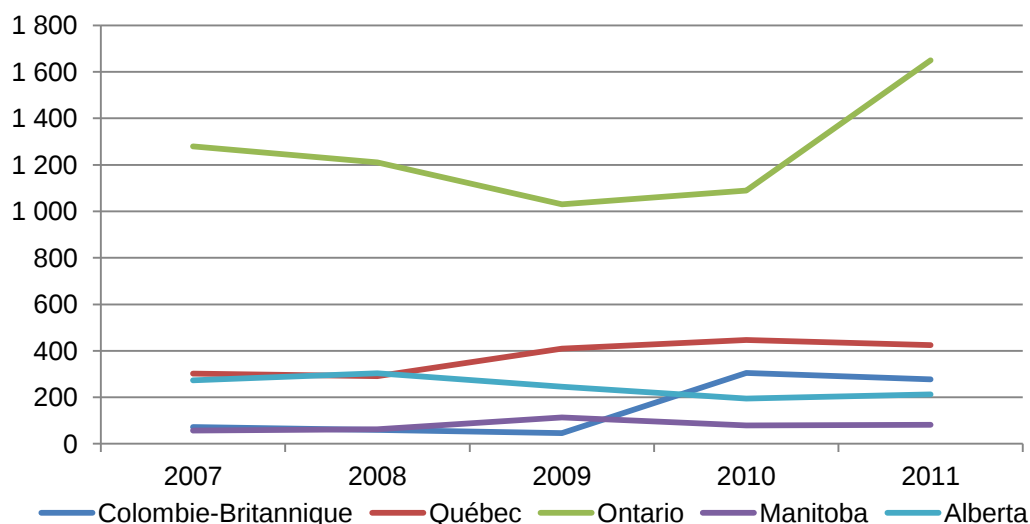
Par ailleurs, la taxe carbone étant implantée seulement en 2007 au Québec et en 2008 en Colombie-Britannique, les données disponibles nous permettent seulement d'étudier les effets à court terme de la taxation sur le carbone, alors que des observations à long terme auraient pu donner des résultats intéressants en lien avec le potentiel effet de substitution. De plus, le fait que notre modèle omet de tenir compte des facteurs économiques conjoncturels peut également expliquer les résultats obtenus.

7.2. Impact sur les émissions de GES

Ce travail a pour but de vérifier l'impact de l'implantation d'une taxe sur le carbone pour le secteur agricole dans la situation où le gouvernement de la Colombie-Britannique envisage l'exemption de ce secteur à cette mesure de taxation. Selon l'Inventaire national des émissions de GES (2012), on chiffre les émissions reliées à la consommation de carburant pour la machinerie et le transport à 3 550 kt éq. CO₂ au Canada en 2011³⁰.

³⁰ L'année 2011 étant la dernière année étudiée dans l'Inventaire national des émissions de GES (Gouvernement du Canada, 2012)

Figure 6. Émissions de CO₂ provenant de la combustion de carburant fossile pour le secteur agricole canadien (kt éq CO₂)



Source : Rapport d'inventaire National, (Gouvernement du Canada, 2012)

Le fait de déterminer l'élasticité de la demande d'essence par rapport au prix et à la taxe sur le carbone se voulait une façon de connaître l'impact de la diminution de la consommation d'essence occasionnée par l'imposition d'une taxe carbone sur les émissions de GES. Cela permet de vérifier l'efficacité d'une telle taxe en regard de son objectif premier qui est d'inciter à la diminution des émissions de GES. Ainsi, malgré que nos résultats soient contre-intuitifs en rapport à l'élasticité prix de la demande de carburant, le résultat de l'élasticité prix de la taxe carbone de l'ordre de $-0,04^{31}$ et de $-0,052$ lorsque ramené sur une base comparable est plus réaliste. Cela nous permet de poser l'hypothèse que seule la taxe sur le carbone a une influence mineure sur la consommation de carburant dans les entreprises agricoles de production de pommes de terre et de céréales et donc, sur la diminution des émissions GES pour le secteur agricole, comme on peut le voir dans la figure 6.

Considérant le fait que la taxe n'a presque pas d'impact sur la consommation d'essence, qui elle est cruciale pour la compétitivité du secteur, on conclut qu'une exemption de la taxe sur le carbone pour le secteur agricole n'aurait

³¹ Voir tableau 8

pas d'effet significatif sur les émissions de GES. Par contre, elle pourrait avoir une certaine influence sur la compétitivité des types de production agricole étudiés surtout si les coûts reliés à l'achat de carburant revêtent une place importante dans la structure de coût de l'entreprise.

Il faut toutefois être prudent en matière d'exemption de la taxe carbone car des études ont démontré que, lorsque trop de secteurs en sont exemptés, le mécanisme de taxation peut se montrer inefficace ou ne pas donner les résultats escomptés (Bruvoll & Larsen, 2004). Malgré cela, après plusieurs années de revendications et de lobbysme agricole, le gouvernement britanno-colombien a procédé à l'exemption du secteur agricole de la taxe carbone en date du 1^{er} janvier 2014 pour les véhicules commerciaux utilisés sur la ferme ou à l'extérieur de celle-ci à des fins d'exploitation agricole. Il importe de préciser que, cette exemption étant survenue uniquement en 2014, cela n'affecte pas les résultats de notre analyse qui porte sur les années précédentes, soit de 2002 à 2012.

8. Conclusion

Dans le contexte des changements climatiques et des récents débats sur la diminution des émissions de GES, nous avons entrepris de réaliser ce travail afin de valider l'influence d'une taxe carbone sur la consommation d'essence du secteur agricole et de voir l'impact qu'une éventuelle exemption du secteur pourrait avoir. Un récent texte des auteurs Rivers et Schaufele, une des rares études empiriques sur le sujet, nous a servi de base afin de construire notre modèle économétrique adapté au secteur agricole, plus particulièrement aux productions de pommes de terre et de céréales.

Nous utilisons les données tirées de l'enquête financière sur les fermes afin d'obtenir la consommation de carburant des entreprises agricoles par type de production pour la machinerie et les transports. Nous avons été en mesure de construire notre propre base de données à partir de ces informations et d'autres sources complémentaires. Cela nous a permis de réaliser notre régression pour obtenir les coefficients nous permettant de calculer l'élasticité de la demande par rapport à la taxe sur le carbone.

Bien que la comparaison avec les résultats d'études précédentes soit difficile en raison du caractère novateur de notre étude, une démarche statistique nous a permis de les transposer sur une base comparable et ainsi de conclure à inélasticité de la demande de carburant en lien avec la taxe carbone dans la production de plantes oléagineuses et céréales. Les résultats obtenus quant à l'élasticité prix de la demande de carburant ne correspondant pas à ceux de la littérature, il nous est impossible d'en tirer des conclusions.

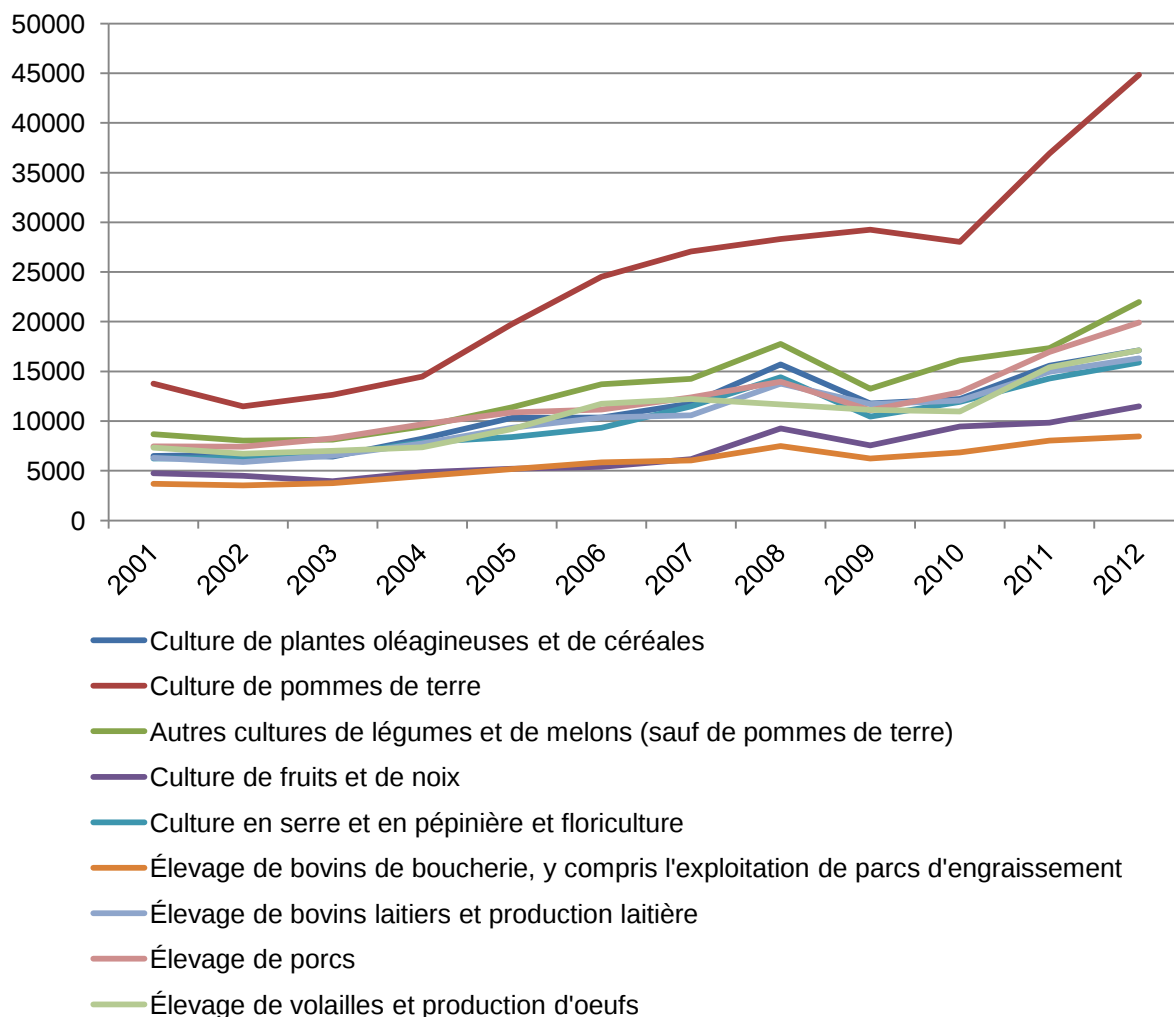
Le carburant étant un intrant incontournable dans les productions agricoles et les possibilités d'adaptation à une hausse de prix à court terme étant presque inexistantes, les agriculteurs concernés par une taxation sur le carbone n'ont d'autre choix que de maintenir une certaine consommation de carburant, ce qui neutralise le but premier de la taxe carbone qui est de fournir un incitatif à

consommer moins. À cet effet, la taxe sur le carbone s'avère inefficace dans le cas du secteur agricole et n'a que peu d'impact sur les émissions de GES de ce secteur, plus particulièrement sur la production de pommes de terre et de céréales. Ainsi, une exemption de la taxe carbone pour le secteur agricole n'aurait, à *priori*, pas d'effet sur les émissions de GES. Un retour sur l'implantation de la taxe carbone dans quelques années nous permettra peut-être d'observer une élasticité différente à moyen et long terme suite aux possibilités d'observer un effet de substitution et donc un meilleur effet de la taxation sur le carbone.

Également, nous avons choisi de ne traiter seulement que de l'impact de la taxe sur la consommation d'essence pour la machinerie et le transport en raison de l'importance de cette utilisation dans les deux types de production traités et des données utilisées, mais il ne serait pas impossible qu'au niveau de la consommation de carburant pour le chauffage (chauffage à l'huile, mazout, charbon, autre), l'impact de la taxe carbone soit plus significatif. En posant l'hypothèse qu'il existe des alternatives à ces modes de chauffage, dont l'électricité, peut-être obtiendrait-on une faible élasticité négative et donc possiblement un impact sur la consommation de carburant. Dans ce cas, il serait plus facile d'observer un effet de substitution à court terme puisque les possibilités d'adaptation sont existantes, contrairement au cas de l'utilisation de machinerie agricole et du transport où la possibilité de substitution par des méthodes moins intensives en consommation de carburant sont plus difficilement observables et mesurables.

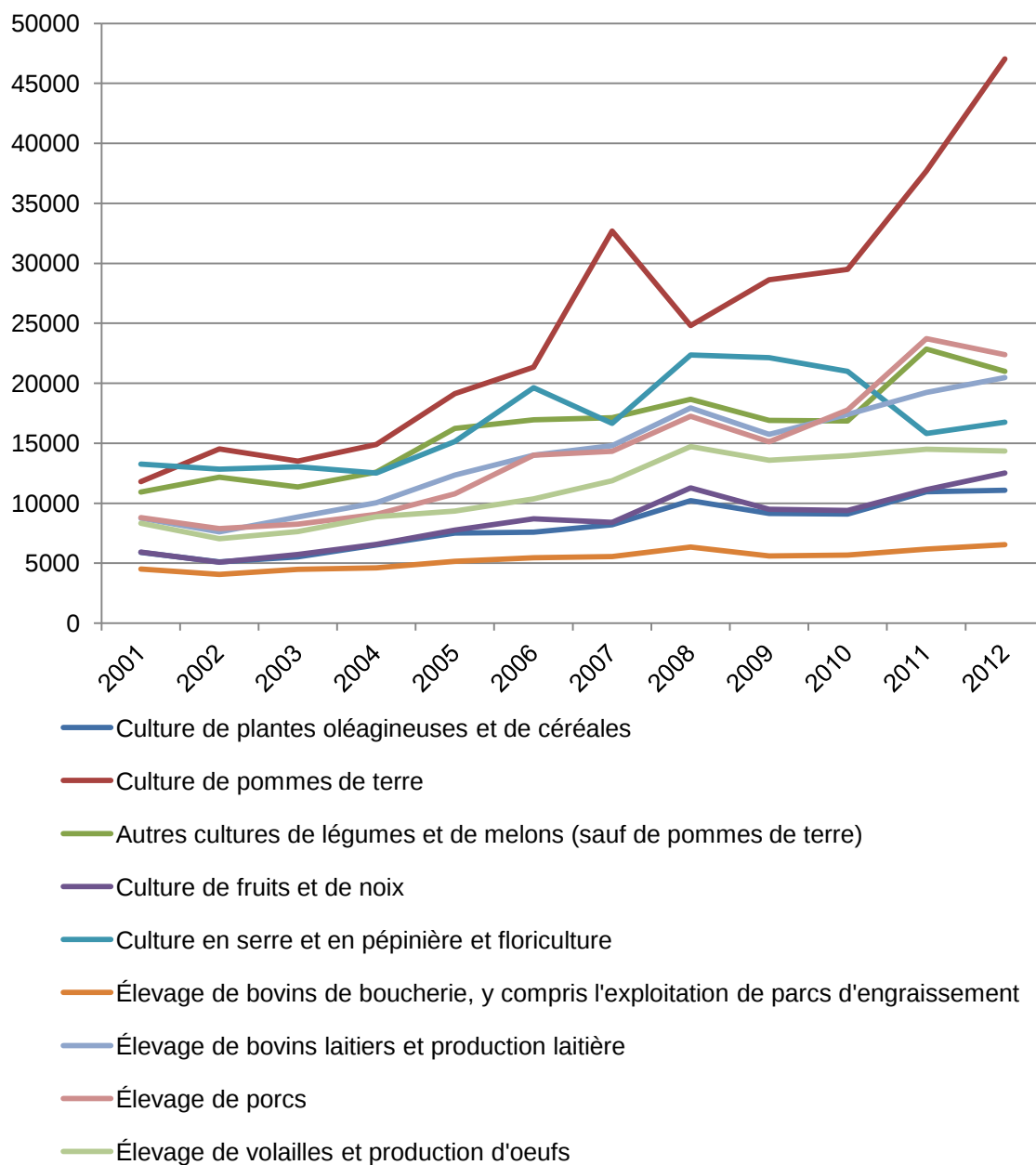
Annexe 1

Figure 7. Dépenses moyennes nettes de carburant pour la machinerie agricole par type de production, par exploitation agricole, Québec (dollars canadiens)



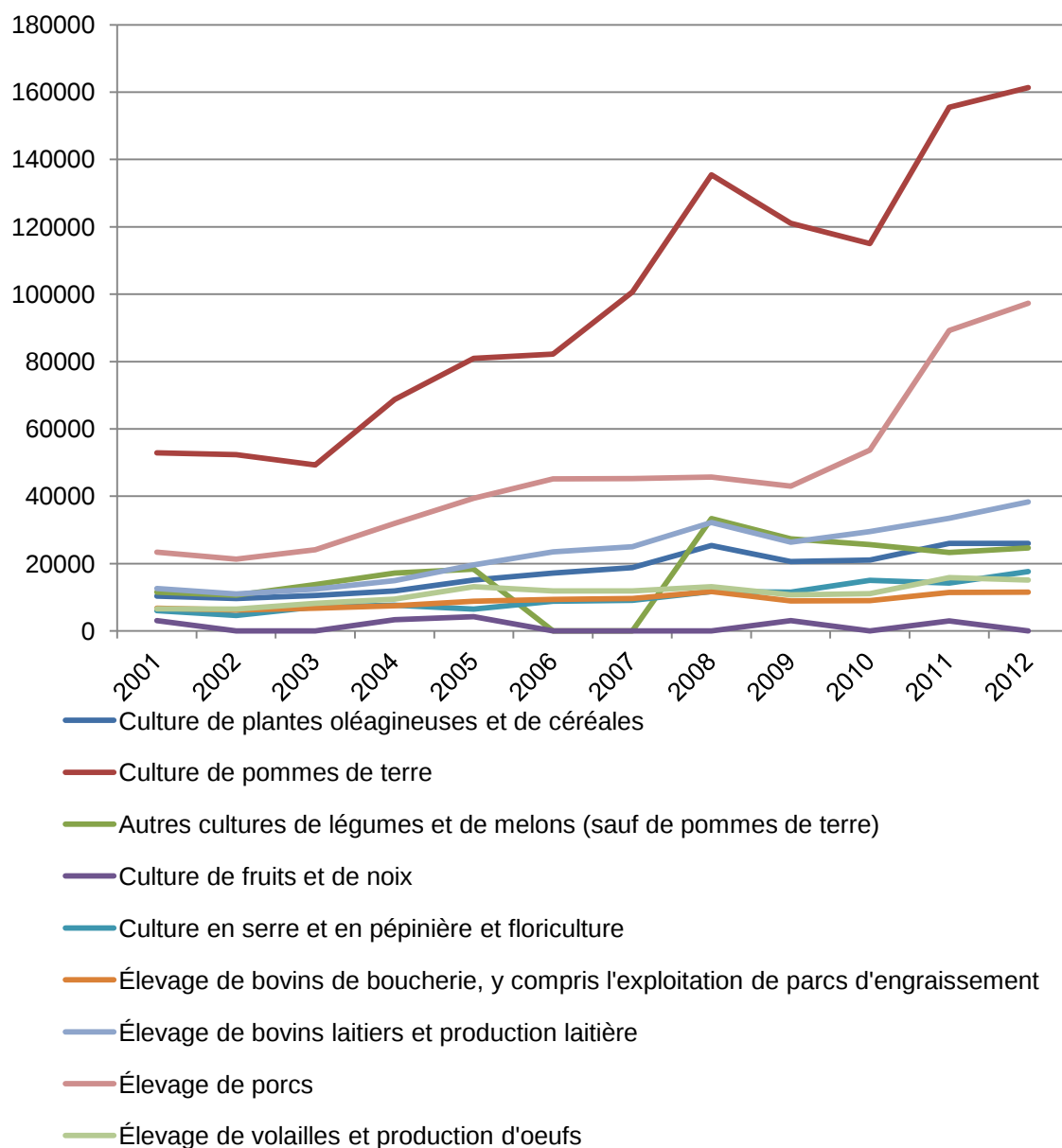
Source : Statistique Canada, Enquête Financière sur les Fermes, Tableau 002-0044

Figure 8. Dépenses moyennes nettes de carburant pour la machinerie agricole par type de production, par exploitation agricole, Ontario (dollars canadiens)



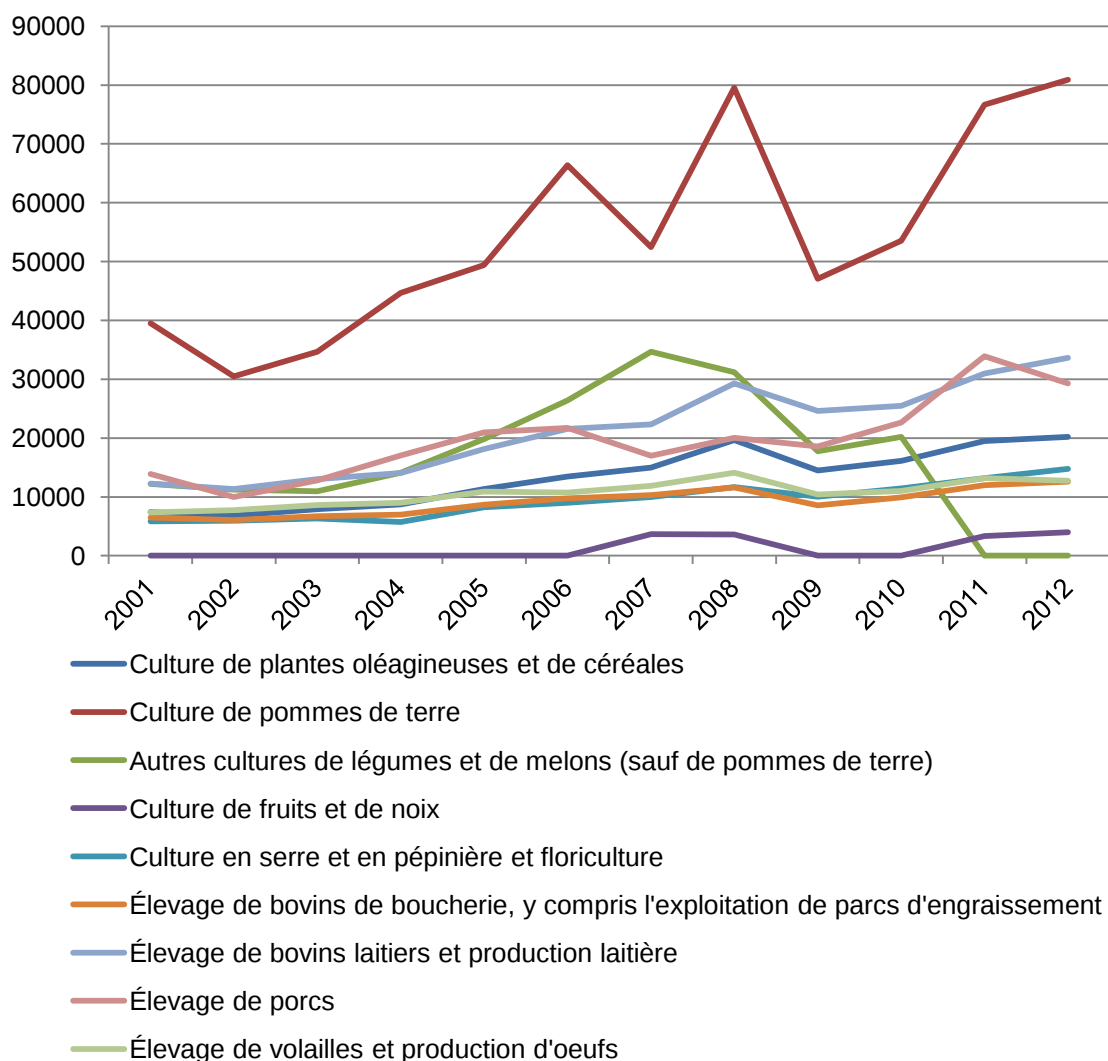
Source : Statistique Canada, Enquête Financière sur les Fermes, Tableau 002-0044

Figure 9. Dépenses moyennes nettes de carburant pour la machinerie agricole par type de production, par exploitation agricole, Manitoba (dollars canadiens)



Source : Statistique Canada, Enquête Financière sur les Fermes, Tableau 002-0044

Figure 10. Dépenses moyennes nettes de carburant pour la machinerie agricole par type de production, par exploitation agricole, Alberta (dollars canadiens)



Source : Statistique Canada, Enquête Financière sur les Fermes, Tableau 002-0044

Annexe 2

Certaines variables du modèle à estimer sont disponibles mensuellement (prix de l'essence et indice de prix des intrants), alors que la majorité des variables utilisées dans le modèle sont disponibles sur une base annuelle. Afin d'obtenir une valeur annuelle, il importe donc de désaisonnaliser ces variables afin de ne pas tenir compte des fluctuations potentielles pouvant être dues aux différentes saisons. Ainsi, la méthodologie employée afin de désaisonnaliser les variables disponibles sur une base mensuelle sera décrite ci-dessous.

La méthodologie utilisée consiste à résoudre l'équation suivante en conduisant la régression pour obtenir les valeurs des coefficients.

$$Y = \alpha + \beta TIME + c_1 Dummy1 + c_2 Dummy2 + c_3 Dummy3 + c_4 Dummy4 + c_5 Dummy5 + c_6 Dummy6 + c_7 Dummy7 + c_8 Dummy8 + c_9 Dummy9 + c_{10} Dummy10 + c_{11} Dummy11 + \varepsilon$$

où Y est le prix du carburant, TIME est l'année étudiée : 1 = année 1993 et 20 = année 2012, et *Dummy* 1 = 1 pour le mois de janvier et = 0 pour tous les autres mois, et ainsi de suite pour les *Dummy* 2 à 12

Nous obtenons ainsi la quantité désaisonnalisée par la résolution de :

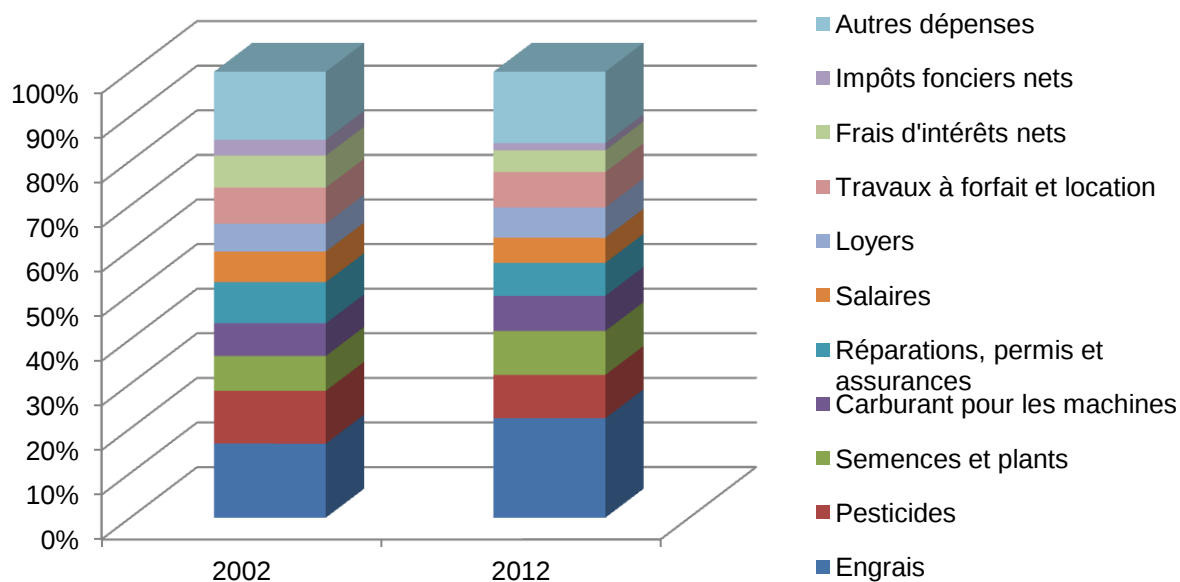
$$Y_{de} = Y - \hat{c}_1 Dummy1 - \hat{c}_2 Dummy2 - \hat{c}_3 Dummy3 - \hat{c}_4 Dummy4 - \hat{c}_5 Dummy5 - \hat{c}_6 Dummy6 - \hat{c}_7 Dummy7 - \hat{c}_8 Dummy8 - \hat{c}_9 Dummy9 - \hat{c}_{10} Dummy10 - \hat{c}_{11} Dummy11,$$

qui nous permet d'obtenir 12 valeurs désaisonnalisées pour chaque année étudiée et il suffit d'en calculer la moyenne afin d'obtenir une valeur annuelle pour chaque année étudiée.

Cet exercice de désaisonnalisation doit être fait pour les variables prix de l'essence et indice de prix des intrants pour toutes les provinces.

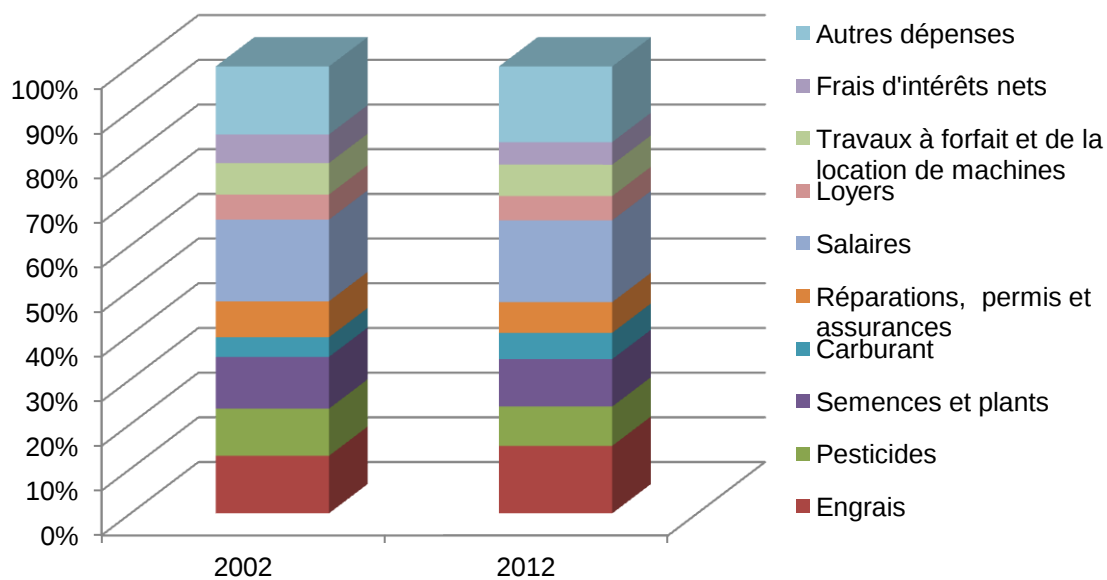
Annexe 3

Figure 11. Répartition des dépenses des exploitations agricoles, culture de plantes oléagineuses et céréales



Source : Statistique Canada, Tableau 002-0044

Figure 12. Répartition des dépenses des exploitations agricoles, culture de pommes de terre



Source : Statistique Canada, Tableau 002-0044

Annexe 4

La variable Intrants est tirée du tableau de Statistique Canada de l'Indice des prix des entrées en agriculture. Des changements dans les méthodes de mesure et de calculs de l'indice ne permettent pas d'avoir accès à cette variable pour les années avant 2002. Puisque c'est la seule variable du modèle ou nous n'avons pas de données pour l'historique des 20 dernières années et afin d'avoir le plus d'observations possibles afin d'attester de la validité des résultats, nous tentons de prédire les valeurs pour cette variable avant l'année 2002.

Pour ce faire, la régression de l'équation suivante pour les années 2002 à 2012 permet de tracer la courbe de tendance de cette valeur.

$$Y = \alpha * \text{TIME} + \beta$$

Puis, l'équation suivante permet de générer les valeurs estimées de l'indice de prix des intrants pour les années 1993 à 2001.

$$Y_{\text{fore}} = \hat{\alpha} * \text{TIME} + \hat{\beta}$$

En utilisant les valeurs obtenues de 1993 à 2001 ainsi que celles disponibles de 2002 à 2012, nous obtenons des observations pour toutes les années et pouvons les désaisonnaliser (voir annexe 2).

Annexe 5

Tel que mentionné précédemment dans ce travail, la base de données et le modèle tel que construit ne permettent pas d'utiliser une forme fonctionnelle logarithmique puisque la variable taxe carbone est nulle à plusieurs endroits. Cela signifie que les coefficients obtenus par la régression du modèle ne donnent pas directement l'élasticité-prix de la demande. Afin d'obtenir cette élasticité-prix, une étape de calcul supplémentaire doit être réalisée. La présente annexe sert donc à présenter la méthode et les équations utilisées.

Tableau 9. Coefficients obtenus lors de la régression SUR

	Pommes de terre	Plantes oléagineuses et céréales
Prix de l'essence	18,56**	-8,51***
Taxe sur le carbone (essence)	88,30**	-28,80**
Prix du diesel	-5,41	-7,45***
Taxe sur le carbone (diesel)	98,24***	-24,85**

Définition d'élasticité : $e = \frac{\partial Y}{\partial X} \frac{X}{Y}$

Coefficient obtenu de la régression : $\beta = \frac{\partial Y}{\partial X}$

Équation que nous voulons estimer : $e = \hat{\beta} \frac{\bar{X}}{\bar{Y}}$

Pour le prix de l'essence : $e_{PRIX} = \hat{\beta}_{PRIX} \frac{\overline{PRIX}}{\bar{Y}_2} = -8,51 \frac{1,2}{3,81} = -2,68$

Pour la taxe sur le carbone :

$e_{TAXE} = \hat{\beta}_{TAXE} \frac{\overline{TAXE}}{\bar{Y}_2} = -28,8 \frac{0,0049}{3,81} = -0,037$

Annexe 6

La variable dépendante de notre modèle de régression se définit comme :

$$Y = \frac{\text{quantité de carburant (litre)}}{\text{output (tonne métrique)}}$$

On peut également dire que

$$\tilde{Y} = \text{quantité de carburant (litre)} = Y \times \text{output (tonne métrique)}$$

Ainsi, on obtient l'équation (7) :

$$\frac{\partial \tilde{Y}}{\partial p} \times \frac{p}{\tilde{Y}} = \frac{p}{Y} \times \frac{\partial Y}{\partial p} + \frac{p}{\text{output}} \times \frac{\partial \text{output}}{\partial p}$$

en suivant ce raisonnement :

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\partial}{\partial p} (Y \cdot \text{output}) \right) \times \frac{p}{Y \cdot \text{output}} \\ &= \left(\frac{\partial Y}{\partial p} \cdot \text{output} + Y \cdot \frac{\partial \text{output}}{\partial p} \right) \times \frac{p}{(Y \cdot \text{output})} \end{aligned}$$

où *output* est la quantité de plantes oléagineuses et céréales produites et *p* le prix du carburant.

Dans l'équation (7), $\frac{\partial \tilde{Y}}{\partial p} \cdot \frac{p}{\tilde{Y}}$ représente l'élasticité généralement obtenue dans la littérature où la variable dépendante, la quantité d'essence consommée, se mesure en litres alors que $\frac{\partial Y}{\partial p} \cdot \frac{p}{Y}$ représente l'élasticité que nous avons estimée où la variable dépendante se mesure en litres par tonnes métriques.

Afin d'estimer la valeur du terme $\partial output / \partial p$, nous avons fait la régression par MCO de la variable dépendante *output* (pour la production de plantes oléagineuses et céréales) en utilisant les mêmes variables indépendantes que celles utilisées dans notre modèle initial présenté à l'équation 3 (prix du carburant, taxe carbone, taille des fermes, PIB, intrants, indice de précipitation, indice de température et main d'œuvre). Pour des fins de comparaison, nous avons réalisé la même régression en utilisant à la fois l'essence et le diesel comme types de carburant et nous obtenons les résultats présentés au tableau 10.

Tableau 10. Résultats de la régression par MCO de la variable dépendante *output* sur les variables indépendantes du modèle (production de céréales)

	Coefficients	
	Essence	Diesel
Prix carburant	9 993,50***	6 880,07***
Taxe carbone	-10 001,29*	-359,52
Taille	3,18***	3,17***
PIB	1,15**	1,91***
Intrants	-0,82	-2,56
IPrecip	0,22	-1,51
ITemp	-88,81	-66,99
Main d'œuvre	66,87	-73,05
Constante	-13 025,47***	-7 633,30***
R²	0,9340	0,8996

***Significatif à un seuil de 1% ** Significatif à un seuil de 5% * significatif à un seuil de 10%

Le coefficient du prix du carburant obtenu étant significatif, nous pouvons l'utiliser pour compléter la partie droite que l'équation 7 qui correspond à :

$$\frac{\partial output}{\partial p} \cdot \frac{p}{output}$$

Où $\partial output / \partial p$ correspond au coefficient du prix du carburant obtenu dans le tableau 8 d'une valeur de 9 993,50 pour l'essence et 6 880,07 pour le diesel. Nous savons que la valeur moyenne de la variable *output* pour la production de plantes oléagineuses et céréales est de 3134,81 tonnes métriques.

$$\text{Pour l'essence : } \frac{\partial output}{\partial p} \cdot \frac{p}{output} = 9\,993,50 \times \frac{1,20}{3\,134,81} = 3,83$$

$$\text{Pour le diesel : } \frac{\partial output}{\partial p} \cdot \frac{p}{output} = 6\,880,07 \times \frac{1,24}{3\,134,81} = 2,72$$

Ce qui nous permet de compléter l'équation 7 pour chaque type de carburant et d'obtenir les valeurs d'élasticités comparables.

$$\text{Pour l'essence : } \frac{\partial \tilde{Y}}{\partial p} \cdot \frac{p}{\tilde{Y}} = -2,68 + 3,83 = 1,15$$

$$\text{Pour le diesel : } \frac{\partial \tilde{Y}}{\partial p} \cdot \frac{p}{\tilde{Y}} = -2,52 + 2,72 = 0,20$$

Le même exercice peut être réalisé pour l'élasticité prix relative à la taxe sur le carbone avec l'essence comme carburant puisque c'est celui où le coefficient est significatif.

$$\frac{\partial \tilde{Y}}{\partial t} \cdot \frac{t}{\tilde{Y}} = -0,037 - 10\,001,29 \cdot \frac{0,0049}{3\,134,81} = -0,052$$

Annexe 7

Pour fins de comparaison, nous inscrivons donc dans le prochain tableau la première conduite de la régression tel que décrit dans le travail de mémoire (Colonne 1 du tableau 1) en utilisant l'essence comme carburant de référence³². On fait ensuite une régression par MCO pour chacune des équations à estimer indépendamment (colonne 2) où on observe des résultats très similaires. Remarquant dans les deux cas que l'indice de précipitation et l'indice de température ne s'avèrent pas significatifs on refait la régression en enlevant ces deux variables explicatives afin de voir l'effet sur les autres variables explicatives (colonne 3). La colonne (4) représente le test où on utilise une fonction quadratique au lieu des indices de précipitation et de température.

Dans le tableau 12, la colonne (5) correspond au test où on inclut la variable *année* pour tenir compte de la période alors que le test (6) a le même objectif mais utilise des variables binaires pour tenir compte de la période. La colonne (7) tente de tenir compte des facteurs géographiques par l'ajout de variables binaires provinciales alors que le test (8) combine l'ajout de variables binaires relatives à l'année et de variables binaires relatives à la province.

Ensuite, le tableau 13 présente le scénario (9) où on estime les valeurs du prix des intrants de 1993 à 2001 afin de faire la régression sur un horizon temporel de 20 ans et ainsi voir l'impact sur la significativité. Le test (10) quant à lui vise l'ajout d'une variable indépendante *rendement* pour chaque type de production agricole. Finalement, le test (11) consiste à ne pas tenir compte de l'année 2010 où on observe une donnée aberrante, alors que la colonne (12) reprend la méthode de Rivers et Schaufele (2013a) en tenant compte uniquement de la province de la Colombie-Britannique.

³² Les résultats des tests de robustesse avec le carburant diesel sont disponibles sur demande.

Tableau 11. Résultat de la première conduite de la régression du modèle tel que décrit (colonne 1) et tests 2 à 4

		(1)	(2)	(3)	(4)
	Variable	Coefficient	Coefficients	Coefficients	Coefficients
Y1	Prix essence	18,56**	28,79***	17,54**	2,56
	Taxe carbone	88,30**	104,14**	93,73***	131,87***
	Taille 1	-0,0016	0,010	-0,0013	-0,0025
	PIB	0,0070**	0,011***	0,0072**	0,0075
	Intrants	-0,0036	-0,012	-0,0020	-0,0033
	IPrecip	-0,00054	-0,0024	-	-0,00089
	Quadratique précipitation	-	-	-	9,33 e-07
	ITemp	-0,22	-0,27	-	6,36
	Quadratique température	-	-	-	-0,15
	Main d'œuvre	1,13***	1,23***	1,06***	1,13***
	Constante	-29,12	-44,39***	-27,45**	-75,60*
	R ²	0,5966	0,6235	0,5964	0,6661
Y2	Prix essence	-8,51***	-8,59***	-7,11***	-13,19***
	Taxe carbone	-28,80**	-29,72**	-34,70***	-7,00
	Taille 2	-0,0025***	-0,0023***	-0,0026***	-0,0012***
	PIB	-0,0050***	-0,0046***	-0,0053***	-0,0042***
	Intrants	0,013***	0,014***	0,011***	0,010***
	IPrecip	0,0025	0,0026	-	0,012**
	Quadratique précipitation	-	-	-	-0,000017
	ITemp	0,23	0,24	-	1,04
	Quadratique température	-	-	-	-0,15
	Main d'œuvre	0,39***	0,36**	0,47***	0,41***
	Constante	10,49***	10,59**	8,29**	-1,13
	R ²	0,7395	0,7408	0,7246	0,8486

***Significatif à un seuil de 1% ** Significatif à un seuil de 5% * significatif à un seuil de 10%

Tableau 12. Résultats des tests 5 à 8

	Variable	(5) Coefficient	(6) Coefficient	(7) Coefficient	(8) Coefficient
Y1	Prix essence	13,35	11,25	55,45***	74,76***
	Taxe carbone	85,36**	85,79**	69,98**	83,29**
	Taille 1	-0,0027	-0,0040	-0,022***	-0,024***
	PIB	0,0065**	0,0061**	0,013	0,020
	Intrants	-0,0093	0,011	-0,0093	-0,0016
	IPrecip	-0,0027	-0,012	0,000096	-0,0019
	ITemp	-0,29	-0,51	0,16	0,19
	Main d'œuvre	0,64	0,60	1,20***	2,21***
	Année	0,38	-	-	-
	Variables binaires année	-	incluses	-	incluses
	Variables binaires provinciales	-	-	incluses	Incluses
	Constante	-773,93	-15,81	-66,64***	-100,40***
	R ²	0,5997	0,6203	0,8081	0,8331
Y2	Prix essence	-13,21***	-13,28***	2,07	-6,76
	Taxe carbone	-32,60***	-33,93***	-19,71*	-21,66**
	Taille 2	-0,0020***	-0,0020***	-0,0013***	-0,001**
	PIB	-0,0042***	-0,0042***	-0,0057	-0,14***
	Intrants	0,0076*	0,0059	0,0087***	0,0057
	IPrecip	0,00028	-0,0018	0,0020	0,00040
	ITemp	0,17	0,16	0,33***	0,32***
	Main d'œuvre	-0,18	-0,19	0,48***	0,27
	Année	0,40***	-	-	-
	Variables binaires année	-	incluses	-	incluses
	Variables binaires provinciales	-	-	incluses	incluses
	Constante	-776,01***	22,78***	-3,21	10,35
	R ²	0,7868	0,8131	0,8702	0,9137

***Significatif à un seuil de 1% ** Significatif à un seuil de 5% * significatif à un seuil de 10%

Tableau 13. Résultats des tests 9 à 12

	Variable	(9) Coefficient	(10) Coefficient	(11) Coefficient	(12) Coefficient
Y1	Prix essence	4,72	7,63	14,04*	2047,01***
	Taxe carbone	98,44***	87,12***	61,91*	-1663,51***
	Taille 1	-0,01***	-0,011*	-0,00033	-0,88***
	PIB	0,003	-0,0015	0,0084***	-0,64***
	Intrants	0,011*	-0,0015	0,0083	0,31***
	IPrecip	0,0015	0,0037	0,0011	-0,23***
	ITemp	0,12	-0,095	0,010	-10,47***
	Main d'œuvre	0,68***	1,57***	0,73***	3,23***
	Rendement 1	-	-0,37***	-	-
	Constante	-6,49	-6,28	-20,79	-2446,13***
	R ²	0,6516	0,7424	0,6321	0,9605
Y2	Prix essence	-10,17***	-8,74***	-9,73***	-65,37***
	Taxe carbone	-20,23**	-26,64*	-31,67***	64,67***
	Taille 2	-0,0024***	-0,0024***	-0,0025***	0,00044***
	PIB	-0,042***	-0,0053***	-0,0048***	0,011***
	Intrants	0,014***	0,013***	0,015***	-0,0096***
	IPrecip	0,00092	0,0025	0,0024	0,013***
	ITemp	0,18	0,24	0,28	-0,86***
	Main d'œuvre	0,23***	0,39***	0,32*	-0,0037
	Rendement 2	-	0,16	-	-
	Constante	14,19***	10,36***	12,51***	81,32***
	R ²	0,7256	0,7390	0,7494	0,9876

***Significatif à un seuil de 1% ** Significatif à un seuil de 5% * significatif à un seuil de 10%

Bibliographie

AAC (1999). *Canadian Economic and Emissions Model for Agriculture (C.E.E.M.A version 1.0)*. Winnipeg: Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC).

AAC (2012). *Potato Market Information Review*. Ottawa: Market Analysis and Information Section, Gouvernement du Canada.

AAC (2012). *Rapport sur les perspectives du marché: Canada, Achats de carburant et d'engrais dans les exploitations agricoles*. Winnipeg: Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC).

Australian Government (2014). *Repeal of the Carbon Tax - How the Repeal Will Work*, Department of the Environment, Australian Government, http://www.environment.gov.au/system/files/pages/59388d77-a9b5-4e4c-87b7-d732baf7c45b/files/factsheet-how-repeal-will-work_2.pdf

Banque du Canada (2012). *Moyenne annuelle des taux de change*. Département des marchés financiers.

BC Ministry of Finance (2014). *Coloured Fuels, Motor Fuel Tax Act and Carbon Tax Act*, British-Columbia Ministry of Finance, Bulletin MFT-CT 003

Bruvoll, A. et Larsen, B. M. (2004). Does Carbon Tax in Norway Work? *Energy Policy* 32 , pp. 493-505.

Burniaux, J.M., Martin, J.P., Nicoletti, G. et Martins J.O. (1991). *The Costs of Policies to Reduce Global Emissions of CO₂: Initial Simulation Results with GREEN*. OECD Publishing: OECD Economics Department Working Papers No. 103.

Carbon Tax Center (2013). *Carbon Tax center*. From <http://www.carbontax.org/progress/where-carbon-is-taxed/>

Chang, H.H., Mishra, A.K. et Livingston, M. (2011). Agricultural Policy and its Impact on Fuel Usage: Empirical Evidence from Farm Household Analysis. *Applied Energy* , 88, pp. 348-353.

Commerce, B. C. (2013). *Our Policies - Addressing the Impact of the Carbon Tax on BC's Agriculture Industry*. BC Chamber of Commerce: http://www.bcchamber.org/advocacy/policy/provincial_gov/finance/addressing_the_impact_of_the_carbon_tax_on_bcs_agriculture_industry.html

CRAAQ (2004). *Machinerie - Coûts d'utilisation et taux à forfait suggéré* (Vol. AGDEX 740/825). Québec: Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

EIA (2013). *U.S. Energy Information Administration*. Consulté le 13 mars 2014, U.S. Department of Energy: <http://www.eia.gov/countries/index.cfm?topL=con>

El-Khoury, J.-P. et Samano, M. (2013). *Quebec's Cap-and-Trade Program*. Montréal: HEC Montréal.

Équiterre (2013). *Réduire la dépendance du secteur agricole québécois aux énergies fossiles*. Montréal: Centre québécois d'action sur les changements climatiques.

Espey, M. (1998). Gasoline Demand Revisited: An International Meta-Analysis of Elasticities. *Energy Economics* , 273-295.

FAO (2014, juin 5). *Bulletin de la FAO sur l'offre et la demande de céréales*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr/>

Ferland, M.-E. (2007). *L'impact de la réglementation en matière de santé et sécurité au travail et d'environnement sur les coûts des entreprises: une étude du secteur manufacturier*. Montréal: HEC Montréal.

Floros, N. et Vlachou, A. (s.d.). *Energy Demand and Energy-related CO2 Emissions in Greek Manufacturing: Assessing the Impact of a Carbon Tax*. Athènes: Athens University of Economy and Business.

FPPTQ (2000). *Plan d'action en agroenvironnement dans la pomme de terre*. consulté le 10 avril 2014, Fédération des producteurs de pommes de terre du Québec.

Goulder, L. H. (1992). Carbon Tax Design and US Industry Performance. *Tax Policy and the Economy, The University of Chicago Press*, pp. 59-104.

Gouvernement du Canada (2012). *Rapport d'inventaire national 1990–2011 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*. Ottawa: Division des Inventaires et rapports sur les polluants.

Greene, W. H. (2012). *Econometric Analysis Seventh Edition*. Upper Saddle River: Pearson Education.

Groupe AGÉCO (2006). *Profil de consommation d'énergie à la ferme dans six principaux secteurs de production agricole du Québec*. Québec.

He, M. (2001). *Assessing the Economic Feasibility of a Carbon Tax on Energy Inputs in Ontario's Pulp and Paper Industry: An Econometric Analysis*. Montréal: Campus MacDonald, Université McGill.

Hertel, T. W. (2002). Applied General Equilibrium Analysis of Agricultural and Resource Policies. In E. S. B.V., *Handbook of Agricultural Economics*. B. Gardner et G. Rausser.

Knittel, C. R. (2012). Reducing Petroleum Consumption from Transportation. *The Journal of Economic Perspectives*, pp. 93-118.

La Presse Canadienne (2007). La taxe sur le carbone entre en vigueur aujourd'hui au Québec. *Le Devoir*.

Lalande, J. (2014, mars). Indice du prix des entrées en agricole. (S. C. Direction des prix, Interviewer)

McClay, J. et Elgie, S. (2013). *BC's Carbon Tax Shift after Five Years : Results (An Environmental and Economic Success Story)*. Ottawa: Sustainable Prosperity.

Ministre des finances de la Colombie-Britannique. (2012). *Budget and Fiscal Plan 2012/13-2013/15*. From http://www.bcbudget.gov.bc.ca/2012/bfp/2012_Budget_Fiscal_Plan.pdf

Mori, K. (2012). Modeling the Impact of a Carbon Tax: A Trial Analysis for Washington State. *Energy Policy* , pp. 627-639.

Mori, K. (2011). Washington State Carbon Tax: Fiscal and Environmental Impacts. *Evans School of Public Affairs*. Washington: University of Washington.

Morris, A. C. (2013). Proposal 11: The Many Benefits of a Carbon Tax. *The Hamilton Project* .

Nicholson, W. (2005). *Microeconomic Theory: Basic Principles and Extensions* (Ninth Edition ed.). Canada: Thompson South-Western.

OCDE (2001). *Les taxes liées à l'environnement dans les pays de l'OCDE: problèmes et stratégies*. Paris: OECD Publishing.

OCDE (2013). *The Political Economy of British Columbia's Carbon Tax*. Organisation de coopération et de développement économique: Environment Working Paper No. 63.

Parry, I. W. et Small, K. A. (2005). Does Britain or the United States Have the Right Gasoline Tax? *The American Economic Review* , pp. 1276-1289.

Pearce, D. (1991). The Role of Carbon Taxes in Adjusting to Global Warming. *The Economic Journal* , pp. 938-948.

Penson, J. B., Capps, O. J. et Rosson, C. I. (2002). *Introduction to Agricultural Economics Third Edition*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Peters, M., House, R., Lewandrowski, A. et McDowell, H. (2001). *Economic Impacts of Carbon Charges on US Agriculture*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Rivers, N. et Schaufele, B. (2013a). Salience of Carbon Taxes in the Gasoline Market. *to be published* , p. 38.

Rivers, N. et Schaufele, B. (2013b). *Carbon Taxes, Agricultural Competitiveness and Trade*. Social Science research Network.

Roberts, M. J. et Schlenker, W. (2010). *Identifying Supply and Demand Elasticities of Agricultural Commodities: Implications for the US Ethanol Mandate*. Cambridge: National Bureau of Economic research.

Ryan, D. L. et Plourde, A. (2008). *Energy Demand Models and Modeling*. Canadian Building Energy End-Use Data and Analysis Centre.

Ryan, D. et Razek, N. A. (2012). *The Likely Effect of Carbon Pricing on Energy Consumption in Canada*. Ottawa: Sustainable Prosperity.

Schneider, U. A. et McCarl, B. A. (2005). Implications of a Carbon-based Energy Tax for US Agriculture. *Agricultural and Ressource Economic Review* , pp. 265-279.

Schunk, D. et Hannon, B. (2004). Impacts of a Carbon Tax Policy on Illinois Grain Farms: A Dynamic Study. *Environmental Economic and policy Studies* , pp. 221-247.

Statistique Canada (2014). Estimation de la superficie, du rendement, de la production et du prix moyen à la ferme des principales grandes cultures, en unités métriques annuel. Série de rapports sur les grandes cultures, Tableau 001-0010.

Statistique Canada (2013). *Tableau 002-0005 - Dépenses d'exploitation agricoles et frais d'amortissement, annuel (x1000 dollars)*. consulté le 2 mars 2014, from <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/pick-choisir>

Sustainable Prosperity (2012). *British Columbia Carbon Tax Review*. Ottawa: Sustainable Prosperity.

Tol, R. S. (2005). The Marginal Costs of Carbon Dioxide Emissions: An Assessment of the Uncertainties. *Energy Policy* 33 , pp. 2064-2074.

UNFCCC (2013). *Le protocole de Kyoto*. From United-Nations Framework Convention on Climate Change: http://unfccc.int/portal_francophone/essential_background/kyoto_protocol/items/3274.php

WCI (2013). Program Design, Western Climate Initiative, <http://www.westernclimateinitiative.org/designing-the-program>

