

**IMPACT DE L'ADOPTION DE LA GESTION INTÉGRÉE DES ENNEMIS DES CULTURES SUR LA
RENTABILITÉ DES ENTREPRISES DE GRANDES CULTURES**

Projet n° 15-ECO-01

DURÉE DU PROJET : AVRIL 2016/MARS 2018

RAPPORT FINAL

Réalisé par :

Luc Belzile, agronome, économiste, M.Sc.
Chercheur en économie de l'agroenvironnement
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement

Franck Ndefo, économiste, M.Sc.
Professionnel de recherche en économie de l'agroenvironnement
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement

22 février 2018

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

IMPACT DE L'ADOPTION DE LA GESTION INTÉGRÉE DES ENNEMIS DES CULTURES SUR LA RENTABILITÉ DES ENTREPRISES DE GRANDES CULTURES

PROJET NO 15-ECO-01

RÉSUMÉ DU PROJET

Ce projet a permis de mesurer l'impact de l'adoption de la gestion intégrée des ennemis des cultures (GIEC) en grandes cultures. Il a été possible de mettre en commun les données technico-économiques et celles relatives à l'adoption de la GIEC pour un groupe de 124 entreprises se trouvant à la fois dans la banque de données Agritel et celle des plans d'accompagnement en agroenvironnement (PAA). Différentes approches quantitatives ont été utilisées, dont la modélisation économétrique et des approches statistiques. Les résultats les plus significatifs touchent la production de soya alors que dans cette culture, les producteurs dont le pointage d'adoption de la GIEC est au-dessus de la moyenne obtiennent de meilleurs rendements et une meilleure marge sur coûts variables (MCV). Dans les céréales à paille, l'adoption de la GIEC augmente aussi significativement les rendements. Concernant la MCV dans les céréales, la modélisation économétrique ne montre aucun effet, mais le test de différence de moyenne montre un effet. Enfin dans la culture de maïs-grain, un niveau d'adoption de la GIEC au-dessus de la moyenne procure un gain de rendement significatif. L'effet sur la MCV est comme dans les céréales à paille et le test de différence de moyenne montre que les producteurs avec un pointage GIEC au-dessus de la moyenne obtiennent une meilleure MCV. Globalement donc, l'adoption de la GIEC a un effet favorable sur la rentabilité des entreprises de grandes cultures. Peu ou pas d'effet négatif n'a été constaté, sauf sur les coûts de main-d'œuvre, où on note que les entreprises avec un meilleur indice GIEC ont un coût de main d'œuvre qui est plus élevé que les autres entreprises. Ce projet a certainement permis d'atteindre les objectifs ciblés et ses retombées seront très importantes pour le secteur des grandes cultures.

OBJECTIFS POURSUIVIS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

Objectif général:

Évaluer l'impact économique de l'adoption de la GIEC sur la rentabilité des entreprises de grandes cultures au Québec.

Objectifs spécifiques:

- 1) Mesurer la contribution de la GIEC à la rentabilité des entreprises de grandes cultures;
- 2) Analyser la structure des coûts, notamment les coûts en pesticides, en main-d'œuvre et en services professionnels;
- 3) Outiller les intervenants du milieu à mieux définir les mesures encourageant l'adoption de la GIEC en grandes cultures.

Méthodologie

Dans ce projet, la méthodologie a dû être modifiée en cours de route avec l'accord du MAPAQ et des partenaires. Il était initialement prévu de recruter de 75 à 100 entreprises pour aller recueillir leur information sur leur niveau d'adoption de la GIEC. Cette information devait ensuite être intégrée dans un chiffrier du MAPAQ afin de compiler l'indice d'adoption de la GIEC pour chaque entreprise dans l'échantillon. Or, il s'est avéré que l'information exigé dans le chiffrier était pratiquement identique à celle de la section 7 du plan d'accompagnement en agroenvironnement (PAA). Par conséquent, il n'y pas eu d'enquête auprès des entreprises mais il a plutôt été rendu possible de mettre en commun deux

banques de données ayant une clé commune, soit le numéro d'identification ministériel (NIM) se trouvant à la fois dans la banque de données Agritel des Groupes-conseils agricole du Québec (GCAQ) ainsi que la banque de données des PAA. Une fois les autorisations requises obtenues, il a été possible d'exploiter les données technico-économiques et celles relatives à la GIEC que l'on retrouve dans le PAA de 124 entreprises de grandes cultures. L'objectif initial était entre 75 et 100 entreprises. Cela a représenté la première des trois étapes prévues au projet. Le reste de la méthodologie a été suivie comme prévue. Avec l'ensemble de ce jeu de données, la deuxième étape du projet a consisté à mener les analyses quantitatives prévues. Dans un premier temps, la modélisation économétrique a été utilisée pour mesurer la contribution de la GIEC à la rentabilité des entreprises de grandes cultures. À cette fin, le modèle de Fernandez-Cornejo (1996, 1998) a été exploité. Dans la troisième et dernière étape, des tests de différence de moyenne sont menés pour vérifier si les entreprises ayant un pointage de GIEC au-dessus de la moyenne se distinguent des autres sur certains éléments de rentabilité, de coûts ou autres. Entre autres, l'analyse a porté sur les coûts de pesticides, les coûts de main-d'œuvre et certaines caractéristiques de l'entreprise. Mentionnons enfin le traitement particulier qui a été apporté aux céréales à paille, et ce, en raison du faible nombre d'observations pour chacune des céréales¹. Pour certaines variables, une standardisation a été faite de sorte que l'on puisse regrouper chaque espèce dans un seul groupe nommé céréales à paille. Un exemple du calcul de standardisation est donné en annexe en utilisant l'exemple des rendements. En terminant, mentionnons que l'ensemble des éléments de l'approche méthodologique retenue ont permis l'atteinte des objectifs comme le démontre la section suivante sur les résultats.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

A. Échantillon et indice d'adoption de la GIEC

Sur la base du critère que l'entreprise générerait au moins 20 % de ses revenus agricoles en grandes cultures, les GCAQ ont pu extraire les données de 200 entreprises de la banque de données (BD) Agritel pour l'année 2014. De ce nombre, 124 se trouvaient dans la BD PAA. Les neuf entreprises en production biologique qui s'y trouvaient ont été retirées et alors, l'échantillon final contenait 115 observations. La mise en commun des BD Agritel et PAA a été réalisée par la Coordination des services-conseils (CSC) et ensuite approuvée par le MAPAQ pour assurer l'anonymat des données. Les entreprises cultivant des céréales à paille sont au nombre de 79 et celles produisant du maïs-grain et du soya sont aux nombres de 92 et 109 respectivement. La représentativité de l'échantillon par rapport à la population a été vérifiée et validée en utilisant les trois sources de données suivantes : 1) Centre d'étude sur les coûts de production en agriculture, 2) Institut de la statistique du Québec et 3) Recensement de l'agriculture de Statistique Canada. Aussi, cette validation de la représentativité s'est effectuée sur la base de trois indicateurs : 1) répartition régionale des superficies par culture, 2) superficie moyenne par entreprise, par culture et 3) rendements moyens, par région et par culture. Les tableaux A1 et A2 en annexe présentent respectivement la définition des variables et leurs statistiques descriptives. On voit entre autres dans le tableau A2 l'information relative à l'indice d'adoption de la GIEC. L'indice a pu être mesuré pour 91 entreprises et le portrait est similaire à ce que l'on trouve dans April (2014) quant à la moyenne de l'indice (4,2), mais pas relativement à la distribution des entreprises par strate de pointage [0-2,5 = 4 entreprises (4,4 %); 2,6-5 = 69 entreprises (75,8 %); 5,1-7,5 = 18 entreprises (19,8 %); > 7,5 = 0 entreprises (0 %)].

¹ Avoine : N=21; Blé fourrager : N=19; Blé d'alimentation humaine : N=35; Orge : N=25

B. Formes fonctionnelles des régressions

La variable de la GIEC a été introduite sous différentes formes dans la modélisation des fonctions de demande, d'offre et de profit. Tout d'abord la GIEC est introduite par le pointage de l'indicateur de GIEC, et ce, sous sa forme à la puissance simple et aussi sous sa forme au carré. Cette façon de faire a pour but de vérifier si une variable indépendante a un effet croissant sur la variable dépendante jusqu'à un certain niveau et que cette situation se renverse au-delà de ce niveau de valeurs pour la variable indépendante en question. Par exemple, concernant la GIEC, si son coefficient a le signe positif pour sa forme à la puissance simple, mais négatif pour sa forme au carré, cela laisse croire que l'adoption de la GIEC a un effet croissant sur les variables dépendantes (demande en herbicides, offre en grains et profit par culture) jusqu'à un certain niveau d'adoption, mais négatif au-delà de ce niveau. Ce cas de figure a été rencontré à quelques reprises selon les fonctions estimées et les cultures. Cependant, l'hypothèse avancée ne peut pas être confirmée parce, d'une part, les coefficients n'étaient pas statistiquement significatifs dans ces cas de figure et de plus, l'échantillon ne contient pas d'observations dont le pointage GIEC se trouve dans la strate avancée ($> 7,5$). L'autre forme de la variable GIEC utilisée est une variable binaire prenant la valeur de 0 pour les observations dont le pointage GIEC était sous la moyenne ou de 1 pour les observations dont le pointage GIEC était au-dessus de la moyenne. L'une ou l'autre des formes fonctionnelles ont été utilisées selon les cultures et les résultats sont présentés selon la forme fonctionnelle choisie dans les tableaux en annexe. Ces tableaux rapportent les résultats de la procédure opérationnalisée dans le programme STATA, version 12². Dans chaque tableau, la partie en jaune est relative à la fonction de demande, celle en vert relative à la fonction d'offre et finalement, celle en bleu relative à la fonction de profit. Avant d'entrer dans les détails, le tableau 1 présente un résumé des résultats

Tableau 1. Impact issu de l'analyse économétrique de la GIEC selon le type de culture

	Céréales à paille	Maïs-grain	Soya
Demande en herbicide	n.s	n.s	n.s
Rendement (Offre)	+	+	+
Profit	n.s	n.s	n.s

C. Céréales à paille :

i) Modélisation économétrique

La modélisation économétrique mise en œuvre a pour objectif de déterminer l'effet de l'adoption de la GIEC sur différentes variables déterminantes pour les entreprises cultivant des céréales à paille, en l'occurrence l'utilisation d'herbicide, le rendement et le bénéfice (tableau A3). Ainsi, le modèle permet d'estimer simultanément la fonction de demande de pesticide, la fonction d'offre de céréale et la fonction de profit. La demande en herbicide des entreprises en grandes cultures est mesurée à travers l'approvisionnement en herbicides des entreprises dans le cadre de leur production de céréales à paille. Après estimation de la fonction de demande des herbicides, nous constatons que le coefficient estimé pour la variable d'indice de participation à la GIEC est négatif. Bien que ce résultat laisse penser qu'un indice de GIEC élevé aurait pour effet la réduction de la demande en herbicides, nous ne pouvons pas conclure cela avec certitude car cet effet n'est pas statistiquement significatif. Le modèle nous permet par ailleurs de constater un effet positif et significatif du prix de vente moyen des céréales à paille sur la demande de pesticides pour ce type de culture. En d'autres termes, une augmentation du prix de vente entraîne une augmentation des dépenses d'approvisionnement en herbicides de la part des entreprises. Concernant l'effet de l'adoption de la GIEC sur le rendement des céréales à pailles nous notons un effet positif et fortement significatif. Ainsi, plus l'indice de la GIEC est élevé, et plus le rendement

² STATA RELEASE 12, StataCorp LP, Texas, USA

pour les céréales à paille l'est aussi. Pour ce qui est de l'effet de la GIEC sur le bénéfice des entreprises, la modélisation ne met en évidence aucun effet significatif.

ii) Tests de différence de moyenne

Pour le test de différence de moyenne, nous comparons pour chacune des variables d'intérêt l'égalité des moyennes pour les entreprises qui sont en dessous de la moyenne de l'indice de la GIEC pour l'échantillon, et les entreprises qui sont au-dessus de cette moyenne. Les résultats sont présentés au tableau A4 en annexe. Les entreprises au-dessus de la moyenne au chapitre de l'adoption de la GIEC ont une dépense d'approvisionnement en herbicides inférieure à celle des entreprises en dessous de la moyenne, 1.26\$/ha et 1.31\$/ha respectivement. Cette différence n'est cependant pas statistiquement significative. Concernant la comparaison des moyennes de rendement pour ces deux sous échantillons, les entreprises avec un meilleur indice de GIEC ont aussi un meilleur rendement bien que là aussi, la différence entre les deux moyennes ne soit pas statistiquement significative. Pour le bénéfice, nous considérons la MCV standardisée. La MCV standardisée moyenne est supérieure pour les entreprises ayant un meilleur indice de GIEC, soit 1,27 comparativement à 0,79. Ce résultat est d'autant plus robuste que la différence de moyenne est statistiquement significative au seuil de 5%. Nous avons aussi effectué des tests de moyennes pour d'autres variables dont la comparaison au regard de l'indice de GIEC nous a semblé intéressante. On notera à cet effet que les entreprises avec un meilleur indice ont un coût de main d'œuvre qui est plus élevé que les autres entreprises, avec des salaires standardisés moyens de 1,23 contre 0,86 pour les autres entreprises. Cette différence est significative au seuil de 10%.

D. Maïs-grain :

i. Modélisation économétrique

De la même manière que pour les céréales à paille, nous estimons de manière simultanée les fonctions de demande de pesticides, d'offre de céréales et de profit pour la culture de maïs-grain (tableau A5). Pour la fonction de demande, nous ne constatons aucun effet significatif de l'adoption de la GIEC sur le niveau d'approvisionnement en herbicides. La variable GIEC au carré est donc introduite pour nous permettre d'analyser l'effet d'un score plus élevé sur les performances des entreprises. Le signe du coefficient de la variable GIEC est positif, ce qui signifierait un effet positif de l'adoption de la GIEC sur la demande d'herbicide. Le signe de la variable GIEC au carré est quant à lui négatif, ce qui laisserait penser qu'un niveau relativement plus avancé d'adoption de la GIEC permettrait de réduire l'approvisionnement en herbicide pour le maïs. Nous ne pouvons cependant pas confirmer avec certitude cette hypothèse car l'effet des deux variables n'est pas statistiquement significatif. Notons également que la superficie de la culture est une fonction négative de la demande d'herbicides. Ainsi, une superficie plus grande permettrait d'avoir des dépenses d'approvisionnement en herbicides par hectare moins élevées. Cette relation est statistiquement significative à un seuil de 5%. Concernant le rendement et donc la fonction d'offre, nous ne constatons aucun effet significatif de la GIEC. Le coefficient de la variable GIEC est positif mais non significatif. Cependant, dans le modèle où nous considérons la forme binaire de la variable GIEC, nous constatons une relation positive et significative au seuil de 10% avec le rendement. Par ailleurs, le niveau de formation de base a un effet positif et fortement significatif sur le rendement en maïs-grain. Enfin, pour la fonction de profit, nous ne constatons aucun effet significatif de la GIEC sur le profit des entreprises.

ii. Tests de différence de moyenne (tableau A4)

La comparaison des dépenses moyennes d'approvisionnement en herbicides permet de constater que les entreprises ayant un indice de GIEC au-dessus de la moyenne ont des dépenses inférieures à celle des autres entreprises. La différence entre les deux moyennes n'est cependant pas statistiquement significative. Les rendements en maïs grain sont en moyenne plus élevés pour les entreprises avec un meilleur indice, mais là encore, la

différence n'est pas statistiquement significative avec le rendement moyen des autres entreprises. La MCV est en moyenne plus élevée pour les entreprises plus impliquées dans la GIEC. Ce résultat est d'autant plus fort que les moyennes sont statistiquement différentes à un seuil de 5%.

De la même manière que pour les céréales à pailles, les moyennes pour certaines variables d'intérêts sont testées pour les deux profils d'adoption de la GIEC. La superficie de culture est bien plus élevée pour les entreprises avec un meilleur indice et cette différence est très fortement significative sur le plan statistique, soit au seuil de 1 %. Le coût de la main-d'œuvre est quant à lui en moyenne un peu plus élevé pour les entreprises avec un meilleur indice de la GIEC mais la différence n'est pas significative.

E. Soya

i. Modélisation économétrique

Le tableau A6 présente les résultats de la modélisation économétrique relativement à la culture de soya. Pour ce qui est de la fonction de demande, la seule variable indépendante qui a un effet statistiquement significatif au niveau de confiance de 10 % sur la dépense en herbicides (variable dépendante) est le prix des herbicides et cet effet est positif. Toutes les autres variables n'ont pas d'effet significatif sur la demande en herbicides, pas même au niveau de confiance de 10 % (voir les *P-value* $P > |z|$). Concernant le coefficient de la variable de GIEC, son signe est positif, ce qui signifierait que l'adoption de la GIEC augmenterait la demande pour les herbicides. Toutefois, ce coefficient n'est pas significatif sur le plan statistique. Au chapitre de la fonction d'offre, la superficie aurait un effet négatif et significatif au niveau de confiance de 5 % sur le rendement en soya (variable dépendante). Toutefois, la valeur absolue du coefficient est très faible et ce résultat ne doit pas être vu comme très important. Par ailleurs, le regroupement régional #1 a un effet négatif et significatif au niveau de confiance de 5 % sur l'offre en soya. Ce résultat est logique car le regroupement régional #1 comprend les régions où le soya est peu ou pas cultivé. Concernant la variable GIEC, celle-ci a un impact positif relativement important et statistiquement significatif au niveau de 1 % sur le rendement de soya. En effet, les producteurs dont l'adoption de la GIEC est au-dessus de la moyenne dans la culture du soya obtiennent un rendement supérieur aux autres producteurs. Finalement, à propos de la fonction de profit, aucune des variables indépendantes n'a d'effet significatif sur la MCV. C'est le cas de la variable de GIEC comme les autres, mais on remarque que le signe du coefficient de cette variable est tout de même positif.

ii. Tests de différence de moyenne (tableau A4)

Les tests de différence de moyenne révèlent des résultats intéressants pour la culture du soya. Tout d'abord, les producteurs de soya dont le pointage GIEC est en haut de la moyenne cultivent 102 ha de soya comparativement à 69 ha pour les autres. Ce résultat est significatif au niveau de confiance de 10 %. Les producteurs au meilleur taux d'adoption de la GIEC affichent un rendement supérieur de 227 kg/ha (2,724 t/ha vs 2,497 t/ha). Ce résultat converge avec celui obtenu par la modélisation économétrique. Finalement, concernant le test de différence de moyenne de la MCV, les producteurs qui adoptent le plus la GIEC ont une MCV supérieure de 20 % de celle des autres producteurs. Ce résultat est notable et plaide franchement en faveur de l'adoption de la GIEC dans la culture de soya. D'ailleurs, les résultats de la modélisation économétrique tendent dans le même sens.

F. Discussion conclusion

Ce projet a permis d'évaluer l'impact de la GIEC sur la rentabilité des productions de céréales à paille, de maïs-grain et de soya. Si les résultats sont plus concluants dans le cas du soya quant à l'impact positif de la GIEC sur la rentabilité, ils sont tout de même globalement positifs ou neutre dans l'ensemble des grandes cultures. Parfois, pour une culture donnée, l'impact est positif sur le rendement mais neutre sur la MCV. On peut

expliquer ce fait par des coûts plus élevés, notamment les coûts de main-d'œuvre. Conjugué aux travaux précédents de l'IRDA, ce projet vient confirmer que la GIEC favorise la rentabilité, en plus de ne pas accentuer le risque économique (Belzile et al., 2014). Dans ce contexte, il y aurait présentement une surutilisation des pesticides en grandes cultures (Belzile, 2016; Belzile et al. 2017).

RÉFÉRENCES

April, M.-H., A. Caron et R. Vallières. 2014. *Indicateur de la gestion intégrée des ennemis des cultures – Résultats 2012*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, 154 pages.

Belzile, L., É. Gauthier et G. West. 2014. *Évaluation des risques agronomiques réels et perçus associés à l'adoption de la gestion intégrée des ennemis de culture en grandes cultures*. Rapport final déposé au MAPAQ dans le cadre du programme Prime-Vert - Appui à la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture. IRDA, AAC et Université Laval. 128 p.

Belzile, L. 2016. *Utilisation des fongicides foliaires en grandes cultures (volet économique)*. Rapport de recherche présenté au MAPAQ et au CÉROM. IRDA. 19 p.

Belzile, L., J. Li, M.-É. Cuerrier, F. P.-Marsans, A. Vanasse. 2017. *Estimation de la valeur économique de la résistance des mauvaises herbes aux herbicides en grandes cultures*. Rapport final. IRDA, 27 pages.

Fernandez-Cornejo, J. 1996 *The Microeconomic Impact of IPM Adoption: Theory and Application*. *Agricultural and Resource Economics Review*, 25(2) : 149-160.

Fernandez-Cornejo, J. 1998. *Environmental and economic consequences of technology adoption: IPM in viticulture*. *Agricultural Economics* 18(2) : 145-155.

DIFFUSION DES RÉSULTATS

Il n'y a pas eu d'activités de diffusion encore mais les activités suivantes sont prévues. Tout d'abord, une fiche-synthèse sera produite et déposée sur Internet (sites web de l'IRDA, Agri-réseau, etc.). De plus, une ou plusieurs conférences seront produites sur demande aux colloques déjà existants (ex. : Journées horticoles et grandes cultures de Saint-Rémi) et à d'autres plus ponctuels. Enfin, l'annonce des résultats sera transmise via les médias sociaux (twitter et facebook de l'IRDA).

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Les applications possibles sont fort importantes pour le milieu, principalement pour les producteurs de grandes cultures et leurs conseillers en gestion et en agroenvironnement. Ceux-ci seront mieux en mesure d'évaluer l'impact de l'adoption de la GIEC sur la rentabilité des grandes cultures. Les références économiques produites par ce projet permettront ainsi une meilleure gestion du risque pour les producteurs. Enfin, les résultats de ce projet, combinés à ceux de Belzile et al. (2014) peuvent être utiles à la Financière agricole du Québec afin de mieux évaluer le risque associé à l'adoption de la GIEC par ses clients assurés.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Luc Belzile, agronome, économiste, M.Sc.
Chercheur en économie de l'agroenvironnement
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)
2700, rue Einstein
Québec, (Québec) G1P 3W8
Tél.: (418) 643-2380 poste 630
Courriel: luc.belzile@irda.qc.ca

Remerciements aux partenaires

Ce projet a été réalisé dans le cadre du volet 4 du programme Prime-Vert – Appui au développement et au transfert de connaissances en agroenvironnement avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. L'IRDA souhaite aussi remercier les GCAQ, la CSC et le MAPAQ pour l'accès aux données.

ANNEXE

Calcul de standardisation pour le groupe céréales à paille : exemple avec les rendements

Tout d'abord, pour chaque céréale sur chaque entreprise, le rendement est standardisé de la façon suivante :

$$y_i = \frac{y_{ic}}{\bar{y}_c}$$

Où :

y_i , le rendement standardisé de chaque céréale à paille (avoine, blé, orge) et pour chaque observation/entreprise : (i...n)

y_{ic} , le rendement de chaque observation/entreprise pour chacune des espèces de céréale à paille (avoine, blé, orge) : (i...n), (c...k) et $k_1=avoine$; $k_2=blé$ et $k_3=orge$

\bar{y}_c , la moyenne de rendement par espèce de céréale à paille (avoine, blé, orge)

En deuxième étape, pour obtenir le rendement standardisé des céréales à paille de chacune des entreprises (\tilde{y}), on divise la sommation des y_i par le nombre de céréales à paille cultivées (c) :

$$\tilde{y} = \frac{\sum y_i}{c}$$

Au final, \tilde{y} n'a pas d'unité de mesure

Tableau A1. Définition des variables étudiées dans la modélisation économétrique et les tests de différence de moyenne

	Variables	Définition	Céréales à paille		Maïs-grain		Soya	
			Fonction de demande	Fonction d'offre	Fonction de demande	Fonction d'offre	Fonction de demande	Fonction d'offre
Variabes dépendantes	approherbi_std_paille/approherbicides_mais/ approherbicides_soya	Approvisionnement en herbicide (\$/ha)	X		X		X	
	rdt_std_paille/rdt_mais/ rdt_soya	Rendement (tm/ha)		X		X		X
Variabes indépendantes	prix_std_paille/prix_mais/ prix_soya	Prix de vente moyen (\$/tm)	X	X	X	X	X	X
	superf_std_paille/superficie_mais/ superficie_soya	Superficie (ha)	X	X	X	X	X	X
	rgt1	regroupement 1 (Bas-Saint-Laurent, Saguenay–Lac-Saint-Jean, Capitale-Nationale, Côte-Nord, Chaudière-Appalaches) [0,1]	X	X	X	X	X	X
	rgt2	regroupement 2 (Estrie, Montréal, Laval, Lanaudière, Outaouais, Centre-du-Québec) [0,1]	X	X	X	X	X	X
	rgt3	regroupement 3 (Montérégie est, Montérégie ouest) [0,1]	X	X	X	X	X	X
	sexe_code	variable muette = 1 si homme, 0 autrement	X	X	X	X	X	X
	age	Âge en années	X	X	X	X	X	X
	formation	Formation de base, 1= secondaire 3 et moins 2= secondaire 4, 5 agriculture 3= secondaire 4, 5 général 4= collégial agriculture 5= collégial général ou technique 6= université agriculture 7= université autre	X	X	X	X	X	X
	experience	Expérience en années	X	X	X	X	X	X
	giec	Score compris entre 0 et 10 en fonction de l'utilisation des pratiques de la GIEC	X	X	X	X		
	giec2	Score GIEC élevé au carré	X	X	X	X		
	Giec_moyenne	variable muette = 1 si le score GIEC est supérieur à la moyenne de l'échantillon et 0 autrement						X

Tableau A2. Statistiques descriptives des variables étudiées dans la modélisation économétrique et les tests de différence de moyenne

Variable	N	Moyenne	Écart-type	Min	Max
Approvisionnement en herbicide maïs-grain sec (\$/ha)	92,00	61,74	40,97	-	206,82
Approvisionnement en herbicide soya (\$/ha)	105,00	80,84	56,20	-	213,20
Approvisionnement standardisé en herbicide céréales à paille (\$/ha)	67,00	1,20	0,93	0,17	4,50
Prix de vente moyen maïs-grain sec (\$/tm)	91,00	198,31	13,10	161,95	263,73
Prix de vente moyen soya (\$/tm)	99,00	539,00	148,41	370,97	1 625,13
Prix de vente moyen standardisé céréales à paille (\$/tm)	69,00	1,01	0,13	0,69	1,41
Superficie maïs-grain sec (ha)	92,00	110,06	86,74	5,00	428,70
Superficie soya (ha)	105,00	89,99	87,94	6,00	540,80
Superficie standardisée céréales à paille (ha)	79,00	0,94	1,17	0,10	8,02
Regroupement régional 1 (Bas-Saint-Laurent, Saguenay–Lac-Saint-Jean, Capitale-Nationale, Côte-Nord, Chaudière-Appalaches) [0,1]	115,00	0,25	0,44	0	1
Regroupement régional 2 (Estrie, Montréal, Laval, Lanaudière, Outaouais, Centre-du-Québec) [0,1]	115,00	0,20	0,40	0	1
Regroupement régional 3 (Montérégie est, Montérégie ouest) [0,1]	115,00	0,55	0,50	0	1
Sexe [0,1]	113,00	0,85	0,36	0	1

Variable	N	Moyenne	Écart-type	Min	Max
Âge	100,00	56,67	12,07	28,00	84,00
Formation	113,00	2,47	1,73	1,00	7,00
Expérience	98,00	29,60	11,14	6,00	53,00
Score giec	91,00	4,16	1,01	0,98	6,21
Rendement estimé maïs-grain sec (tm/ha)	92,00	8,97	1,76	5,74	14,45
Rendement estimé soya (tm/ha)	105,00	2,62	0,56	1,20	3,90
Rendement standardisé céréales à paille (tm/ha)	79,00	1,00	0,27	0,34	1,73
Marge sur charges variables maïs- grain sec (\$/ha)	92,00	509,47	335,11	(300,68)	1 342,53
Marge sur charges variables soya (\$/ha)	105,00	627,81	310,89	(22,11)	1 505,04
Marge sur charges variables standardisée céréales à paille (\$/ha)	79,00	1,06	0,79	(0,76)	4,03
Bénéfice d'exploitation (\$)	115,00	72 460,83	157 527,70	(307 971,60)	869 881,30

Tableau A3. Résultats des fonctions de demande, d'offre et profit par modélisation économétrique dans la production de céréales à paille.

Seemingly unrelated regression

Equation	Obs	Parms	RMSE	"R-sq"	chi2	P
approherb~le	37	10	.5722093	0.3776	22.45	0.0130
rdt_sdt_pa~e	37	10	.1768904	0.3625	21.04	0.0208
mcv_paille~d	37	15	.5150423	0.2469	22.22	0.1021

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
approherbi_std_paille						
prix_std_paille	1.801046	.8612802	2.09	0.037	.1129673	3.489124
superf_sdt_paille	-.0160015	.1170733	-0.14	0.891	-.245461	.2134579
rgt1	0	(omitted)				
rgt2	-1.181774	.4286076	-2.76	0.006	-2.02183	-.3417185
rgt3	-.5933514	.2605687	-2.28	0.023	-1.104057	-.0826462
sexe_code	.0199093	.3534952	0.06	0.955	-.6729286	.7127472
age	-.0262594	.0280836	-0.94	0.350	-.0813023	.0287835
formation	-.0552794	.0651299	-0.85	0.396	-.1829317	.0723728
experience	.0132532	.0306911	0.43	0.666	-.0469001	.0734066
giec	-.5478426	.659438	-0.83	0.406	-1.840317	.7446321
giec2	.0848236	.086569	0.98	0.327	-.0848486	.2544958
_cons	1.741082	2.076072	0.84	0.402	-2.327945	5.810108
rdt_sdt_paille						
prix_std_paille	.2586753	.2662526	0.97	0.331	-.2631702	.7805209
superf_sdt_paille	-.007385	.0361916	-0.20	0.838	-.0783192	.0635491

rgt1	0	(omitted)					
rgt2	.276138	.132498	2.08	0.037	.0164467	.5358293	
rgt3	.1359057	.0805511	1.69	0.092	-.0219716	.293783	
sexe_code	.1888551	.1092781	1.73	0.084	-.0253259	.4030361	
age	.0074742	.0086817	0.86	0.389	-.0095416	.0244899	
formation	-.0060908	.020134	-0.30	0.762	-.0455527	.0333711	
experience	-.0100817	.0094877	-1.06	0.288	-.0286773	.0085139	
giec	.6069579	.2038559	2.98	0.003	.2074076	1.006508	
giec2	-.0758428	.0267616	-2.83	0.005	-.1282945	-.023391	
_cons	-.641502	.6417883	-1.00	0.318	-1.899384	.61638	

mcv_paille_std							
prix_std_paille	0	(omitted)					
superf_sdt_paille	-5.300276	2.001559	-2.65	0.008	-9.223259	-1.377293	
rgt1	0	(omitted)					
rgt2	2.383532	5.586073	0.43	0.670	-8.564969	13.33203	
rgt3	-6.516268	2.629209	-2.48	0.013	-11.66942	-1.363113	
sexe_code	.5237625	.3356008	1.56	0.119	-.1340028	1.181528	
age	.0433026	.0268665	1.61	0.107	-.0093547	.09596	
formation	.0318791	.0596299	0.53	0.593	-.0849933	.1487514	
experience	-.0458884	.0288046	-1.59	0.111	-.1023444	.0105675	
giec	.6444995	.8882857	0.73	0.468	-1.096509	2.385508	
giec2	-.0575424	.0786091	-0.73	0.464	-.2116134	.0965285	
p_paille2	1.787222	4.33232	0.41	0.680	-6.70397	10.27841	
P_paillexsup_paille	5.248496	2.027834	2.59	0.010	1.274015	9.222978	
P_paillexrgt1	-12.14742	9.002582	-1.35	0.177	-29.79216	5.497313	
P_paillexrgt2	-13.53927	9.3217	-1.45	0.146	-31.80946	4.730928	
P_paillexrgt3	-5.212047	7.922043	-0.66	0.511	-20.73897	10.31487	
P_paillexgiec	-.1627976	.5367422	-0.30	0.762	-1.214793	.8891978	
_cons	8.661839	5.117619	1.69	0.091	-1.36851	18.69219	

Tableau A4. Tests de différence des moyennes sur un ensemble de variables sélectionnées

Variables	Moyenne des entreprises au dessus de la moyenne	N	Moyenne des entreprises en dessous de la moyenne	N
Approvisionnement en herbicide maïs-grain sec	63,10	40	68,13	32
Approvisionnement en herbicide soya	87,57	48	78,73	35
Approvisionnements standardisé en herbicide céréales à paille	1,26	32	1,32	21
Superficie maïs-grain sec ***	129,63	40	74,50	32
Superficie soya *	102,52	48	68,61	35
Superficie standardisée céréales à paille	1,13	38	0,78	26
Salaire maïs-grain sec	85,25	40	74,45	32
Salaire soya	90,18	48	70,43	35
Salaire standardisé céréales à paille *	1,23	38	0,86	26
Rendement estimé maïs-grain sec	9,26	40	8,89	32
Rendement estimé soya *	2,72	48	2,50	35
Rendement standardisé céréales à paille	1,09	38	0,99	26
Marge sur charges variables maïs-grain sec **	585,24	40	406,29	32
Marge sur charges variables soya *	675,64	48	561,60	35
Marge sur charges variables standardisée céréales à paille **	1,28	38	0,79	26
Bénéfice d'exploitation	76 681,98	50	43 693,19	41

* Moyennes différentes à un niveau significatif de 10%

** Moyennes différentes à un niveau significatif de 5%

*** Moyennes différentes à un niveau significatif de 1%

Tableau A5. Résultats des fonctions de demande, d'offre et profit par modélisation économétrique dans la production de maïs-grain

Seemingly unrelated regression

Equation	Obs	Parms	RMSE	"R-sq"	chi2	P
approherbi~s	59	11	34.30364	0.1797	186.74	0.0000
rdt_maïs	59	11	1.268302	0.4950	3234.09	0.0000
mcv_maïs	59	15	272.2662	0.3838	39.77	0.0005

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
approherbicides_maïs						
prix_maïs	-.4497668	.3767521	-1.19	0.233	-1.188187	.2886538
superficie_maïs	-.147841	.066232	-2.23	0.026	-.2776533	-.0180287
rgt1	149.2418	101.6951	1.47	0.142	-50.07697	348.5605
rgt2	124.3492	100.1874	1.24	0.215	-72.01455	320.713
rgt3	143.5596	103.4112	1.39	0.165	-59.12272	346.2419
sexe_code	-15.35194	14.16032	-1.08	0.278	-43.10566	12.40178
age	-.4376271	1.104783	-0.40	0.692	-2.602962	1.727708
formation	.4374962	3.251117	0.13	0.893	-5.934576	6.809568
experience	.3462622	1.325883	0.26	0.794	-2.25242	2.944945
giec	18.74626	24.62829	0.76	0.447	-29.52431	67.01682
giec2	-1.585948	3.186719	-0.50	0.619	-7.831801	4.659906
_cons	0 (omitted)					

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
rdt_mais						
prix_mais	.0249015	.0139296	1.79	0.074	-.0024	.052203
superficie_mais	-.0040997	.0024488	-1.67	0.094	-.0088993	.0006998
rgt1	-1.070568	3.759955	-0.28	0.776	-8.439945	6.298808
rgt2	1.383943	3.704212	0.37	0.709	-5.87618	8.644065
rgt3	1.672761	3.823405	0.44	0.662	-5.820975	9.166497
sexe_code	-.0140513	.523547	-0.03	0.979	-1.040185	1.012082
age	.0623956	.040847	1.53	0.127	-.017663	.1424541
formation	.3824807	.120203	3.18	0.001	.1468872	.6180742
experience	-.0866397	.0490216	-1.77	0.077	-.1827203	.0094409
giec	.5709787	.9105774	0.63	0.531	-1.21372	2.355678
giec2	-.0413805	.117822	-0.35	0.725	-.2723073	.1895464
_cons	0	(omitted)				
mcv_mais						
prix_mais	0	(omitted)				
superficie_mais	-5.776784	9.73477	-0.59	0.553	-24.85658	13.30302
rgt1	0	(omitted)				
rgt2	3346.703	2144.113	1.56	0.119	-855.6798	7549.087
rgt3	-176.8309	885.1656	-0.20	0.842	-1911.724	1558.062
sexe_code	-3.564993	115.1059	-0.03	0.975	-229.1684	222.0384
age	4.245581	9.125471	0.47	0.642	-13.64001	22.13118
formation	29.94677	26.32668	1.14	0.255	-21.65258	81.54612
experience	-12.75692	10.79886	-1.18	0.237	-33.9223	8.408447
giec	-21.81912	532.7174	-0.04	0.967	-1065.926	1022.288
giec2	-38.06435	27.83692	-1.37	0.171	-92.62371	16.49501
p_mais2	-.1451781	.0850963	-1.71	0.088	-.3119637	.0216075
P_maisxsup_mais	.0282337	.0497857	0.57	0.571	-.0693445	.1258118
P_maisxrgt1	51.66815	38.29287	1.35	0.177	-23.38449	126.7208
P_maisxrgt2	35.78387	34.29646	1.04	0.297	-31.43596	103.0037
P_maisxrgt3	53.72604	36.70773	1.46	0.143	-18.21979	125.6719
P_maisxgiec	2.128525	2.761667	0.77	0.441	-3.284243	7.541292
_cons	-5061.876	4415.459	-1.15	0.252	-13716.02	3592.265

Tableau A6. Résultats des fonctions de demande, d'offre et profit par modélisation économétrique dans la production de soya.

Seemingly unrelated regression

Equation	Obs	Parms	RMSE	"R-sq"	chi2	P
approherb~ya	65	10	52.14535	0.1597	188.49	0.0000
rdt_soya	65	9	.4691083	0.2751	24.67	0.0034
mcv_soya	65	15	254.948	0.2460	465.59	0.0000

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
approherbicides_soya						
prix_soya	.0794329	.0474054	1.68	0.094	-.01348	.1723459
superficie_soya	-.0191704	.0761638	-0.25	0.801	-.1684488	.1301079
rgt1	7.889844	65.7494	0.12	0.904	-120.9766	136.7563
rgt2	30.28848	64.53143	0.47	0.639	-96.1908	156.7678
rgt3	58.82883	63.15714	0.93	0.352	-64.95689	182.6145
sexe_code	21.31013	24.89627	0.86	0.392	-27.48566	70.10593
age	-.5799907	1.499197	-0.39	0.699	-3.518362	2.358381
formation	1.774015	4.288395	0.41	0.679	-6.631084	10.17911
experience	.0355973	1.725535	0.02	0.984	-3.34639	3.417585
Giec_moyenne	13.927	14.12242	0.99	0.324	-13.75243	41.60642
_cons	0	(omitted)				

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
rdt_soya						
prix_soya	.0001013	.0004265	0.24	0.812	-.0007346	.0009371
superficie_soya	-.0016063	.0006852	-2.34	0.019	-.0029492	-.0002634
rgt1	-.3761346	.2142869	-1.76	0.079	-.7961292	.04386
rgt2	0	(omitted)				
rgt3	.0383864	.1703396	0.23	0.822	-.2954731	.3722459
sexe_code	.0627996	.223971	0.28	0.779	-.3761755	.5017746
age	-.0097187	.013487	-0.72	0.471	-.0361528	.0167154
formation	.0545046	.0385791	1.41	0.158	-.021109	.1301183
experience	-.0030789	.0155232	-0.20	0.843	-.0335039	.027346
Giec_moyenne	.3553859	.1270476	2.80	0.005	.1063772	.6043946
_cons	3.036976	.5805355	5.23	0.000	1.899147	4.174804

mcv_soya						
prix_soya	0	(omitted)				
superficie_soya	.6285063	1.147321	0.55	0.584	-1.620202	2.877215
rgt1	590.6753	700.5544	0.84	0.399	-782.386	1963.737
rgt2	177.9009	507.1501	0.35	0.726	-816.095	1171.897
rgt3	693.1659	494.3378	1.40	0.161	-275.7183	1662.05
sexe_code	16.93309	123.3031	0.14	0.891	-224.7365	258.6027
age	-9.47757	7.932199	-1.19	0.232	-25.02439	6.069254
formation	31.71643	20.80578	1.52	0.127	-9.062152	72.49502
experience	4.451069	9.068817	0.49	0.624	-13.32349	22.22562
Giec_moyenne	139.4465	323.1094	0.43	0.666	-493.8363	772.7293
p_soja2	-.0001775	.0007621	-0.23	0.816	-.0016713	.0013162
P_sojaxsup_soja	-.0012421	.002084	-0.60	0.551	-.0053267	.0028424
P_sojaxrgt1	.3386864	1.692755	0.20	0.841	-2.979052	3.656424
P_sojaxrgt2	1.486443	1.181558	1.26	0.208	-.8293686	3.802256
P_sojaxrgt3	.6072544	1.128517	0.54	0.591	-1.604599	2.819107
P_sojaxgiec_moy	-.0833477	.5979358	-0.14	0.889	-1.25528	1.088585
_cons	0	(omitted)				