

Mise en œuvre de pratiques agroenvironnementales pour l'amélioration de la qualité de l'eau – Une analyse des coûts et bénéfices à l'échelle d'un bassin versant

Philippe Leriche (M. Sc.) & Lota D. Tamini (Ph. D.)

Département d'économie agroalimentaire et des sciences de la consommation
Centre de Recherche en économie de l'Environnement, de l'Agroalimentaire, des
Transports et de l'Energie
Université Laval

RQRAD, 21 mars 2025

Plan de la présentation

Éléments de contexte

Objectif de l'étude

Le bassin versant du ruisseau au Castor

Les pratiques agroenvironnementales

Modèle d'analyse des coûts et bénéfices

Principaux résultats

Conclusion

Éléments de contexte

Au Québec, la pollution de l'eau du fait de la production agricole est un enjeu.

Cette pollution concerne les sédiments, les éléments nutritifs – particulièrement le phosphore – et les pesticides (Gouvernement du Québec, 2022)

La mise en œuvre par les exploitations agricoles de pratiques agroenvironnementales (PA) peut atténuer cet effet négatif.

Cependant, cette adoption pourrait engendrer des coûts supplémentaires – au moins à court terme - qui doivent être absorbés par les producteurs et productrices agricoles ou par les organismes publics (Arabi et al., 2006; Tamini et Leriche, 2024).

Éléments de contexte

Dans ce contexte, pour préserver la qualité des ressources en eaux, le Gouvernement du Québec a initié, en 2018, la Stratégie québécoise de l'eau (SQE) 2018-2030, et, pour la concrétiser, un Plan d'action 2018-2023 de la SQE a été adopté (MELCC, 2021a).

Ainsi, le bassin versant du ruisseau au Castor a été sélectionné pour un projet pilote (MELCC, 2021a).

Ce projet s'échelonnant sur une période de 10 ans a pour objectif d'**améliorer l'écosystème aquatique** en favorisant l'**adoption des PA à long terme** tout en s'assurant de « la **bonne santé économique des entreprises agricoles** impliquées dans le projet » (ROBVQ, s. d.).

Une équipe pluridisciplinaire de chercheur.e.s a été mise en place afin de travailler avec les entreprises agricole (EA) présentes dans le bassin versant et avec l'équipe locale du ROBVQ.

Objectif de l'étude

Déterminer les pratiques agroenvironnementales permettant d'améliorer la qualité de l'eau dans le bassin versant du Ruisseau au Castor aux coûts les plus faibles possibles.

Bien entendu, les pratiques agricoles étudiées sont celles allant au-delà des pratiques minimales exigées par le Règlement sur les exploitations agricoles (REA) et par la Loi sur la qualité de l'environnement (LégisQuébec, 2022; MELCC, 2021).

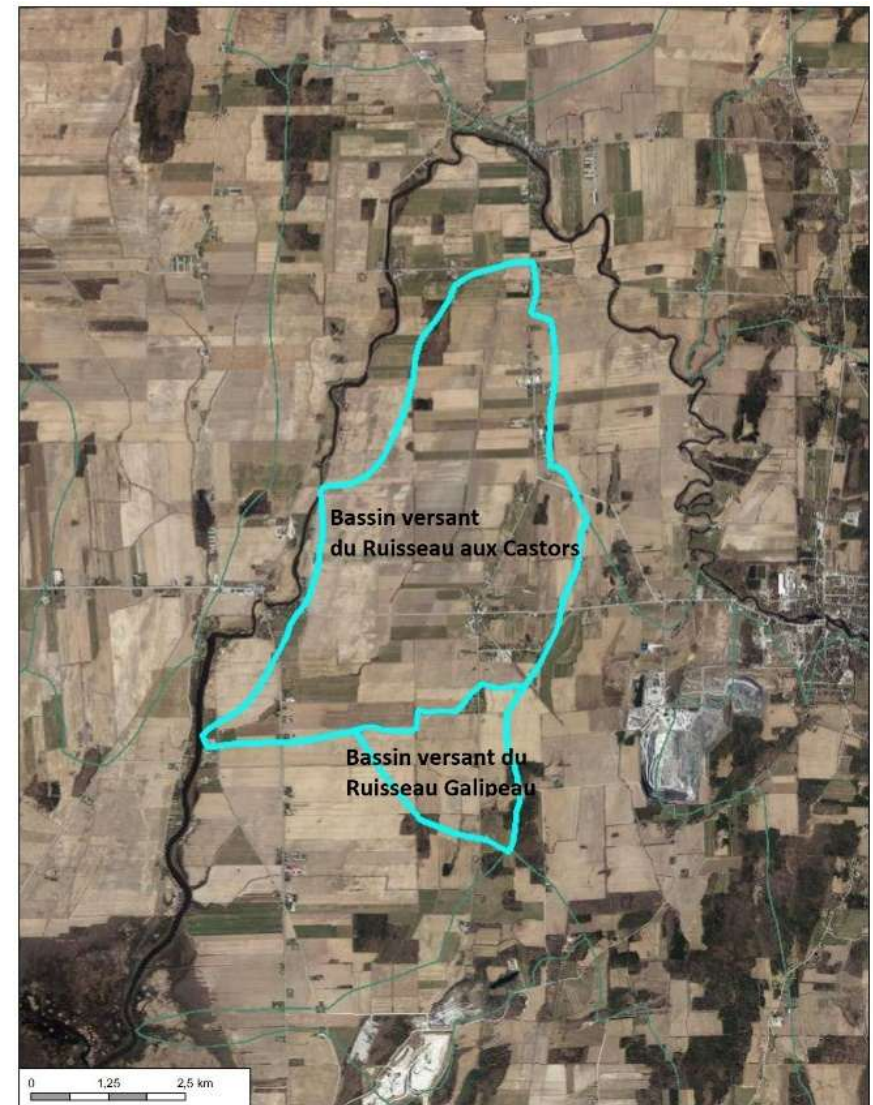
Le bassin versant du ruisseau au Castor

La localisation géographique

Bassin versant d'une superficie de 11 km² situé dans la région de Brome-Missisquoi en Montérégie (Michaud et al., 2005; MELCC, 2021b; Vézina, 2021).

Il se situe entre les municipalités de Pike River, de Stanbridge Station et de Notre-Dame-de-Stanbridge (MRC Brome-Missisquoi, s. d.).

Sources : Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (2023) et Michaud et al. (2020).



Le bassin versant du ruisseau au Castor

L'occupation du sol

L'agriculture occupe 97% des terres du territoire.

Productions	2018	2020	2022	Moyenne (2018-2022)
Foin	15 %	18 %	10 %	13,4 %
Soya	22 %	22 %	28 %	25,8 %
Maïs-grain	48 %	41 %	42 %	39,8 %
Blé / Épeautre	0 %	5 %	9 %	4,2 %
Maïs fourrager	3 %	1 %	3 %	2,2 %
Orge	0 %	2 %	0 %	1,8 %
Autres	14 %	11 %	8 %	13,2 %

Sources : FADQ (2023), Michaund et al. (2021).

Le bassin versant du ruisseau au Castor

La qualité de l'eau

L'Indice de Qualité de l'Eau du Conseil Canadien des ministres de l'environnement (IQE) est utilisé (CCME, 2017).

Utilisation d'un indice à 4 paramètres: nitrates, calcium, phosphore total, matières en suspension.

Cet indice utilise une échelle allant de 0 à 100 et possède cinq échelons (CCME, 2017):

Excellent : 95 à 100

Bonne : 80 à 94

Moyenne : 65 à 79

Médiocre : 45 à 64

Mauvaise : 0 à 44

Le bassin versant du ruisseau au Castor

La qualité de l'eau

IQE du Bassin versant du Ruisseau au Castor (2005-2011 et 2019-2020)

Année	IQE	Niveau de la qualité
2005	47,10	Médiocre
2006	48,76	Médiocre
2007	46,48	Médiocre
2008	48,55	Médiocre
2009	41,05	Faible
2010	48,01	Médiocre
2011	55,62	Médiocre
2019-2020	57,03	Médiocre

Source : Laaboulli (2022)

Les pratiques agroenvironnementales

Une multitude de PA peuvent être adoptées afin d'améliorer la qualité des sols, de l'eau, de l'air et de la biodiversité.

Elles doivent donc être sélectionnées selon les objectifs environnementaux visés par leur mise en oeuvre.

Bien entendu, certaines pratiques peuvent atteindre de multiples objectifs.

il est essentiel de retenir des PA qui répondent aux « enjeux socioéconomiques et agroenvironnementaux complexes propres à chacun des sites de recherche » (Stuart, 2017).

Les pratiques agroenvironnementales

Une démarche d'identification des PA en deux principales étapes a été retenue :

Les PA jugées pertinentes ont tout d'abord été identifiées par l'équipe de recherche et l'équipe locale (ROBVQ).

Les producteurs et productrices du bassin versant ont par la suite été interrogés sur leurs intérêts par rapport aux PA jugées pertinentes pour l'atteinte de l'objectif de l'amélioration de la qualité de l'eau dans le bassin versant.

Les pratiques agroenvironnementales

Les pratiques déjà implantées et celles d'intérêts

Pratiques agroenvironnementales	Score moyen d'intérêt (/10)	Nombre d'entreprises ayant implanté la pratique (/14)	Nombre d'entreprises ne voulant pas implanter la pratique (/14)
Culture de couverture à la dérobée dans le soya	6,04	2	2
Culture de couverture en intercalaire dans le maïs	5,21	0	2
Petites céréales dans la rotation au 3 ans	6,32	7	2
Prairie pendant 3 ans dans les rotations	6,07	7	3
Bande riveraine élargie enherbée	5,46	4	4
Bande riveraine élargie arbustive	4,96	4	5
Bande riveraine élargie arborescentes	5,29	4	5
Sorties de drains en bordure du cours d'eau	4,64		2

Source: Bissonnette (2022)

Les pratiques agroenvironnementales

Les pratiques retenues pour l'étude

Cultures de couverture et engrais verts

Les cultures de couverture peuvent remplir différentes fonctions selon les espèces végétales choisies. Parmi ces fonctions figurent (Vanasse et al., 2022):

- la protection contre l'érosion;
- l'amélioration de la structure et de l'activité biologique du sol;
- l'augmentation de la teneur en matière organique du sol;
- l'apport d'azote (N);
- le recyclage des nutriments (N, P, K);
- la valorisation des engrais de ferme;
- l'amélioration du contrôle des mauvaises herbes.

Les pratiques agroenvironnementales

Les pratiques retenues pour l'étude

Ajout d'une céréale ou d'une prairie dans la rotation

La diversification de la rotation a plusieurs vertus (AAC, 2021; Bowles et al., 2020; Gaudin et al., 2015; Martel et al., 2006; Volsi et al., 2022) comme, par exemple :

- Atténuation des impacts des événements météorologiques extrêmes;
- Contrôle des ravageurs et réduction de leur tolérance aux interventions phytosanitaires réduisant ainsi leur utilisation;
- Amélioration de la qualité et de la fertilité du sol, se traduisant par la hausse de rendements;
- Limitation du lessivage des nitrates à la suite de l'épandage de fumier.

Les pratiques agroenvironnementales

Les pratiques retenues pour l'étude

Bandes riveraines élargies enherbées, arborescentes et arbustives

La captation des matières polluantes par les bandes riveraines dépend de ses caractéristiques (largeur, pente, densité, hauteur et composition de la végétation), de celles relatives à l'eau (débit, hauteur de l'eau) et de celle des sédiments (Gumiere et al., 2013).

Utilisation d'une équation permettant de déterminer la fraction de charge d'éléments piégée par la bande riveraine (Rousseau et al., 2013).

Les pratiques agroenvironnementales

La consultation d'expert.e.s pour évaluer les effets de l'adoption de PA sur la qualité de l'eau

En l'absence d'une modélisation hydrologique du bassin versant, des expert.e.s ont été consulté.e.s afin d'estimer les gains de la qualité de l'eau à la suite de l'adoption de l'une ou l'autre des PA.

L'outil de consultation utilisé était structuré en cinq sections:

Section A : présentation de l'indice de qualité de l'eau.

Section B : présentation des PA pertinentes.

Sections C, D, E : évaluation des effets des PA sur la qualité de l'eau à court terme (année courante), moyen terme (1 à 5 ans) et long terme (plus de 5 ans).

Modèle d'analyse des coûts et bénéfices

La démarche

Nous considérons les coûts et les revenus que nous pouvons monétariser au niveau :

- des entreprise agricoles,
- de la municipalité,
- du gouvernement.

Une approche de programmation linéaire dans laquelle les bénéfices monétaires de l'ensemble des agents sont maximisés sous les contraintes:

- du niveau minimal de IQE désirant être atteint ainsi que du niveau maximal possible de 100;
- de la superficie totale des terres agricoles du bassin versant.

Modèle d'analyse des coûts et bénéfices

La démarche

	Privés	Publics
Produits en plus	Revenus d'exploitation des producteurs agricoles (si à la hausse) Programmes d'aide financière pour les PA	Taxes foncières pour les municipalités Séquestration du carbone (non monétisable)
Produits en moins	Revenus d'exploitation des producteurs agricoles (si à la baisse)	
Charges en plus	Taxes foncières (producteurs agricoles et particuliers)	Taxes foncières pour le programme PCTFA Programmes d'aide financière pour les PA
Charges en moins	Entretien des cours d'eau	Coûts de traitement de l'eau Entretien des cours d'eau

Modèle d'analyse des coûts et bénéfices

L'entreprise agricole

Une entreprise agricole est caractérisée par:

- La production
- L'adoption ou non
 - ✓ de cultures de couverture et engrais verts;
 - ✓ de la rotation des cultures;
 - ✓ de bandes riveraines.

Nous considérons les marges bénéficiaires brutes (référence 2022) construites à partir :

- des références économiques du CRAAQ et Pro-conseil pour les bandes riveraines;
- de la consultation de praticiens et praticiennes de terrain et de producteurs et productrices.

Modèle d'analyse des coûts et bénéfices

L'entreprise agricole

Marges bénéficiaires brutes sans PA (référence 2022).

Productions	Marge bénéficiaire brute (\$/ha)	Superficie occupée (%)	Marge X Superficie (\$)
Maïs-grain	2 504,10	39,8	996,63
Soya	1 702,11	25,8	439,14
Maïs fourrager	1 578,66	2,1	34,73
Orge d'alimentation animale	363,98	1,8	6,55
Blé de printemps	350,66	2,1	7,36
Blé panifiable d'automne	805,09	2,1	16,91
Foin	579,21	13,4	77,61
Occupation non agricole	-	12,9	-
Total		100	1 578,66

Source: Tamini et Leriche (2024)

Modèle d'analyse des coûts et bénéfices

L'entreprise agricole

Les cultures de couverture considérées sont :

Crucifères ; Graminées ; Légumineuses ; Mélange avec légumineuses.

Les cultures ajoutées dans les rotations sont soit le blé, soit l'orge et soit le foin (3 années).

Les marges sont ajustées pour tenir compte:

- des différents coûts;
- de l'impact sur les rendements.

Modèle d'analyse des coûts et bénéfices

L'entreprise agricole

Les bandes riveraines sont de trois types :

- Herbacées;
- Arbustives;
- Arborées.

Le coût de la bande riveraine a deux principales dimensions :

- Implantation/entretien;
- Opportunité : dépend donc de la production et des PA mises en œuvre.

Modèle d'analyse des coûts et bénéfices

L'entreprise agricole

$$Max : Z = \sum_{p=1}^P \sum_{w=1}^W \sum_{c=1}^C [\delta_p R_{pc} - x_{pc} A_p - \eta_{pw} O_w - \theta_c B_c]$$

P : Numéro de la culture	δ_p : Prix des cultures	R_p : Rendements
	x_{pt} : Coûts de la production des cultures	A_p : Superficie en culture
W : Numéro de la largeur de la bande riveraine	η_{pw} : Coûts des bandes riveraines par longueur	O_w : Longueur de la bande riveraine
C : Numéro de la culture de couverture	θ : Coûts des cultures de couverture	B : Superficie occupée par les cultures de couverture

Modèle d'analyse des coûts et bénéfices

Les autres dimensions

Coût de traitement de l'eau

L'amélioration de la qualité de l'eau devrait se traduire par la diminution des coûts de traitement des eaux (Price et Heberling, 2018).

Nous assumons que les 4 paramètres relatifs à la qualité de l'eau ont la même pondération dans le calcul du IQE (Laaboulli, s. d.) et donc l'impact sur les coûts de l'amélioration de l'IQE est obtenu en faisant la moyenne des élasticités de Price et Heberling (2018).

Modèle d'analyse des coûts et bénéfices

Les autres dimensions

Coût de traitement de l'eau

Price et Heberling (2018) propose des mesures permettant de faire un lien entre l'implantation de nouvelles superficies boisées et la réduction des coûts de traitement de l'eau potable.

Ainsi, la variation des coûts de traitements suite à la mise en place de zones boisées (bandes riveraines arborées) est représentée par une équation.

Modèle d'analyse des coûts et bénéfices

Les autres dimensions

Valeur des propriétés (VP)

L'amélioration de la qualité de l'eau se reflète par l'augmentation des VP (Nicholls et Crompton, 2018).

Plusieurs études utilisent la modification de paramètres physico-chimiques (tel l'oxygène dissous, l'azote, les matières en suspension, etc.) pour déterminer la variation des VP (Nicholls et Crompton, 2018).

Il est donc possible de faire le lien (équation) entre le changement des VP et le changement de l'IQE.

Modèle d'analyse des coûts et bénéfices

Les autres dimensions

L'entretien des fossés agricoles et des cours d'eau

La diminution de l'érosion diminue la fréquence d'entretien des fossés agricoles et des cours d'eau (Mundler et Guiraud, 2020).

Les producteurs agricoles déboursent 30 % des coûts liés à l'entretien des cours d'eau et le MAPAQ 70 % en lien avec le Programme de Crédit de Taxes Foncières Agricoles (PCTFA) (MAPAQ, 2013; Mundler et Guiraud, 2020).

Les coûts d'entretien des fossés agricoles sont entièrement à la charge des producteurs agricoles (Mundler et Guiraud, 2020).

Modèle d'analyse des coûts et bénéfices

Les autres dimensions

Séquestration du carbone

Elle est présente dans le modèle même si des revenus ne sont pas considérés.

Pratiques agroenvironnementales	Captage de GES (Mg/ha/an)
Bande riveraine enherbée	0,485
Bande riveraine arbustive	0,451
Conversion de cultures en prairies	1,01
Ajout de légumineuses dans la rotation	0,75

Source: Thomassin et Roy (2018)

Modèle d'analyse des coûts et bénéfices

Les contraintes

Superficies	
Superficies maximales	
Superficies maximales	1191,4 ha
Superficies - Bandes riveraines (BR)	
Superficies maximales des BR	18,54 ha
Superficies maximales des BR d'une largeur de 1m	3,708 ha
Superficies maximales des BR d'une largeur de 3m	11,124 ha
Superficies maximales des BR d'une largeur de 5m	18,54 ha

Qualité de l'eau	
IQE minimal	65
IQE maximal	100

Modèle d'analyse des coûts et bénéfices

Les contraintes

Contraintes sur le potentiel d'adoption des PA	
Superficies minimales	
CC en dérobée dans le soya	170,2 ha
Bandes riveraines enherbées	1,1 ha
Bandes riveraines arbustives	1,1 ha
Bandes riveraines arborées	1,1 ha
Superficies maximales	
CC en dérobée dans le soya	719,1 ha
CC en intercalaire dans le maïs	621,2 ha
Céréales dans les rotations	821,2 ha
Prairies dans les rotations	706,4 ha
Bandes riveraines enherbées	10,1 ha
Bandes riveraines arbustives	9,2 ha
Bandes riveraines arborées	9,8 ha

Modèle d'analyse des coûts et bénéfices

En résumé, le modèle maximise les bénéfices

- des entreprises agricoles,
- des municipalités,
- du gouvernement,
- des collectivités.

Sous les contraintes

- de l'IQE désirant être atteint,
- des superficies disponibles,
- des choix des entreprises agricoles.

Résultats

Indice de qualité de l'eau

Sans contraintes

	Scénario initial	CT médiane	MT médiane	LT médiane
Indice de qualité de l'eau	57,03	64,91	65	68,37

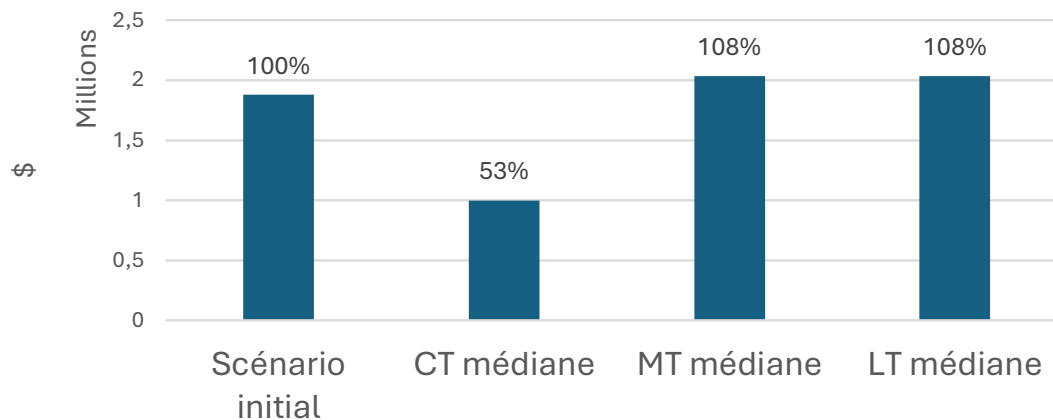
Avec contraintes

	Scénario initial	CT médiane	MT médiane	LT médiane
Indice de qualité de l'eau	57.03	63.95	65.70	68.80

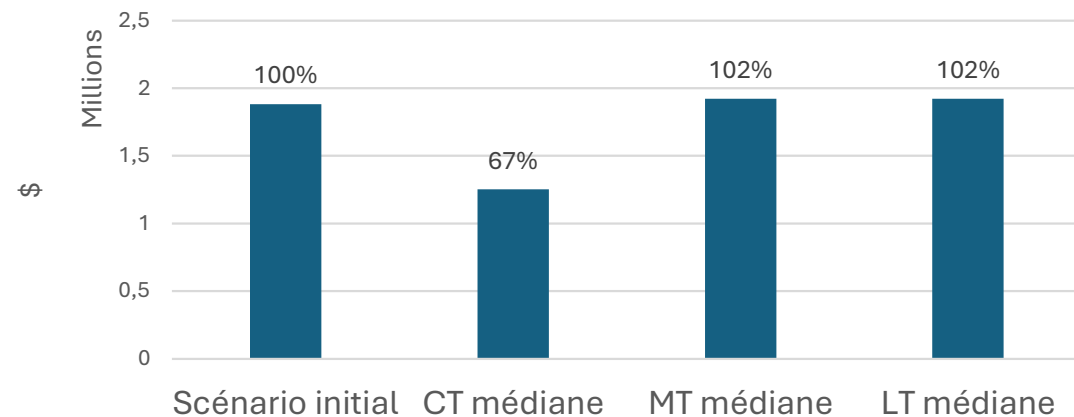
Résultats

Les entreprises agricoles

Bénéfices totaux des entreprises agricoles (A) selon les effets attendus des PA sur la qualité de l'eau **sans contraintes** sur le potentiel d'adoption des PA



Bénéfices totaux des entreprises agricoles (A) selon les effets attendus des PA sur la qualité de l'eau **avec contraintes** sur le potentiel d'adoption des PA



Résultats

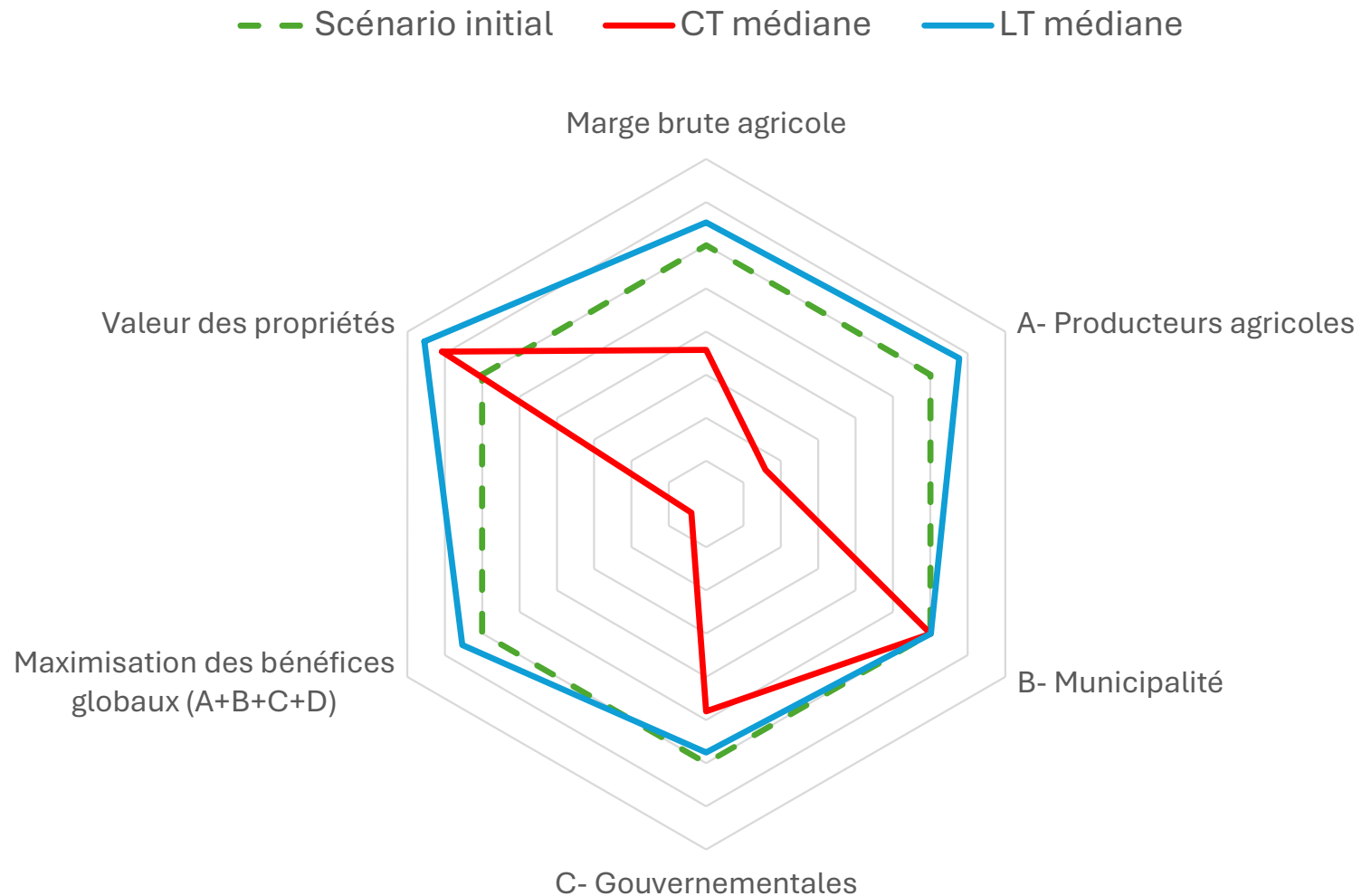
Les entreprises agricoles

	Sans contraintes			Avec contraintes		
	CT médiane	MT médiane	LT médiane	CT médiane	MT médiane	LT médiane
IQE	64,91	65	68,37	63,95	65,70	68,80
Rotation - MG-S-BLÉ	0	0	0	0	0	0
Rotation - MG-S-ORGE	0	0	0	0	0	0
Rotation - MG-S-FoinX3	1 173	0	706	0	0	0
CC - Maïs - Graminées	0	0	296	0	0	0
CC - Maïs - Légumineuses	0	1 161	0	621	621	1 191
CC - Maïs - Crucifère	0	0	0	0	0	0
CC - Maïs - Mélange avec légumineuses	0	0	0	0	0	0
CC - Soya - Graminées	0	0	170	0	0	0
CC - Soya - Mélange avec légumineuses	0	31	0	567	567	0
BR - enherbées	0	0	8	1	1	0
BR - arbustives	19	0	9	1	1	0
BR - arborées	0	0	1	1	1	0

Résultats

Ensemble des composantes

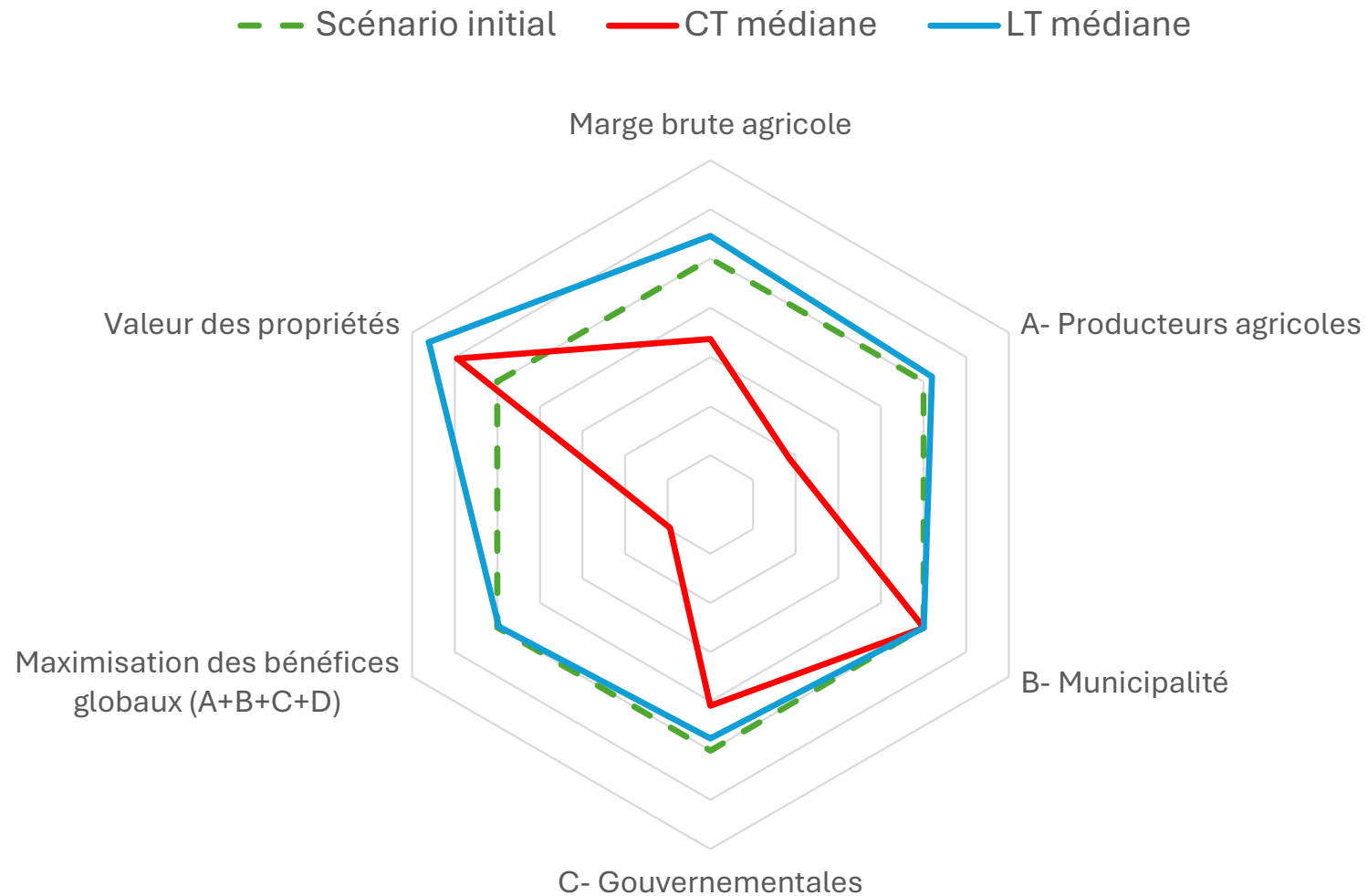
Sans contraintes



Résultats

Ensemble des composantes

Avec contraintes



Résultats

Ensemble des composantes

Sans contrainte

Impacts économiques	Scénario initial	CT médiane	MT médiane	LT médiane
Municipalités				
Traitement des eaux	0	0	0	0
Taxes foncières	0	1 332	1 348	1 919
B- Total municipalités	0	1 332	1 348	1 919
Gouvernement				
Prime-Vert	0	-47 397	-31 718	-32 007
RPA – PAD	0	-193 178	-15 976	-16 122
Remboursement des taxes foncières agricoles	0	-832	-841	-1 198
Entretien des cours d'eau agricole	0	1 722	0	0
C- Total gouvernement	0	-239 685	-48 536	-49 327
Collectivité				
Séquestration du carbone	0	0	0	0
D- Total collectivité	0	0	0	0
Maximisation des bénéfices globaux (A+B+C+D)	0	-1 121 323	105 930	106 787
Valeur des propriétés	0	214 896	217 417	309 460
IQE du CCME atteint	57,03	64,91	65	68,37

Résultats

Ensemble des composantes

Avec contraintes

Impacts économiques	Scénario initial	CT médiane	MT médiane	LT médiane
Municipalités				
Traitement des eaux	0	0	0	0
Taxes foncières	0	1 170	1 467	1 990
B- Total municipalités	0	1 170	1 467	1 990
Gouvernement				
Prime-Vert	0	-61 163	-34 816	-34 816
RPA – PAD	0	-121 848	-13 380	-13 380
Remboursement des taxes foncières agricoles	0	-731	-916	-1 242
Entretien des cours d'eau agricole	0	1 037	0	0
C- Gouvernementales	0	-182 705	-49 112	-49 438
Collectivité				
Séquestration du carbone	0	0	0	0
D- Total collectivité	0	0	0	0
Maximisation des bénéfices globaux (A+B+C+D)	0	-810 441	-7 033	-6 976
Valeur des propriétés	0	188 747	236 605	321 032
IQE du CCME atteint	57.03	63.95	65.70	68.80

Conclusion

L'analyse à l'échelle du bassin versant montre que les objectifs de l'amélioration de la qualité de l'eau se doivent d'être dans une perspective de moyen et de long termes.

À court terme, les gains de qualité de l'eau sont limités tout en étant coûteux pour les entreprises agricoles.

L'outil méthodologique utilisé, soit la programmation linéaire a montré sa pertinence dans ces travaux, l'objectif visé étant d'atteindre un niveau minimal de qualité de l'eau au moindre coût pour la société.

Conclusion

Les résultats de cette approche de modélisation dépendent des hypothèses et des données sur :

- les rendements, les prix, les coûts de production
- les effets des PA
 - ✓ sur la rentabilité agricole
 - ✓ sur la qualité de l'eau
 - ✓ sur les bénéfices publics et les autres bénéfices privés.

Le bassin versant est considéré comme homogène et il n'y a pas de différences des effets selon les entreprises.

Les PA ont des effets de synergie qui ne sont pas pris en compte. Le gain d'IQE postulé est donc minimal.

Conclusion

Ces limites pourraient être contournées par une modélisation spécifique de chacune des entreprises agricoles.

Cela implique cependant de travailler sur une durée plus longue.

L'approche de modélisation permet d'avoir des politiques à l'échelle des bassins versant ciblées sur

- les pratiques agroenvironnementales les plus efficaces
- le comportement des producteurs et productrices du bassin versant en ce qui concerne la volonté d'adoption des pratiques suggérées.

MERCI

Ces travaux de recherche ont été réalisés grâce à une subvention de recherche du Gouvernement du Québec, à travers le MELCCFP.

Québec 

Le contenu de la présentation est sous l'unique responsabilité des auteurs.