

Rapport final

## Érosion des sols organiques en production horticole



**Réalisé par :** Claude BERNARD, Ph. D., chercheur associé, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement

**Collaborateurs :** Alexis Gloutney, agr. M. Sc, Université Laval  
Jacynthe Dessureault-Rompré, agr. Ph. D., Université Laval

Date : 29 juillet 2022

Projet MAPAQ # IA119034



L'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) a été constitué en mars 1998 par quatre fondateurs, soit le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), l'Union des producteurs agricoles (UPA), le ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MELCC) et le ministère de l'Économie, de l'Innovation (MEI).

L'Institut est une corporation de recherche à but non lucratif, qui travaille chaque année sur une centaine de projets de recherche en collaboration avec de nombreux partenaires du milieu agricole et du domaine de la recherche.

#### Notre mission

L'IRDA a pour mission de soutenir le développement d'une agriculture durable au Québec en favorisant le recours à l'innovation et aux partenariats.

Consulter le [www.irda.qc.ca](http://www.irda.qc.ca) pour en connaître davantage sur l'Institut et ses activités.

#### Partenaires

Ce projet a été réalisé en vertu du Volet 1 du programme Innov'Action agroalimentaire 2018-2023 et il a bénéficié d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ).



Ce rapport doit être cité de la manière suivante :

Bernard, C., Gloutney, A., Dessureault-Rompré, J. 2022. Érosion des sols organiques en production horticole. 13 pages.

## RÉSUMÉ

---

Des mesures de césium-137 réalisées dans des champs en production horticole sur sol organique dans le sud-ouest de la Montérégie ont permis d'évaluer les pertes de sol cumulées depuis le début des années 1960. La perte moyenne de sol a été estimée à 2,9 t/ha/an, variant de 0,4 à 8,8 t/ha/an. Ces pertes se comparent à celles mesurées avec la même approche dans le cadre de l'étude sur l'état de santé des sols agricoles du Québec (EESSAQ), réalisée par l'IRDA pour le compte du MAPAQ. Dans cette dernière étude, les 17 champs sur sol organique dans la même région ont révélé une érosion moyenne 3,6 t/ha/an. Dans ces deux études, les taux estimés sont inférieurs à ceux attendus, considérant la vulnérabilité évidente de ces sols à l'érosion hydrique et éolienne. Dans la présente étude, la perte de sol estimée a montré une tendance à croître avec la durée d'exploitation agricole des champs. Une tendance à la décroissance de la perte de sol a été notée avec l'importance croissante d'une protection forestière contre les vents dominants. Les champs sur sol humique (matière organique plus évoluée) ont présenté des taux d'érosion légèrement supérieurs aux champs sur sol mésique-humique. La perte de sol estimée a légèrement augmenté avec le pourcentage de particules inférieures à 0,84 mm et a diminué avec le diamètre moyen pondéré des particules, tel qu'anticipé. Il s'agit cependant de tendances qui ne se sont pas révélées statistiquement significatives au seuil de  $p < 0,01$ . À notre connaissance, il s'agit de la première étude sur l'érosion des sols organiques cultivés avec le césium-137. Le projet a soulevé certains points méritant d'être étudiés dans le futur afin d'adapter l'approche utilisée à la nature des sols organiques.

# TABLE DES MATIÈRES

---

RÉSUMÉ .....	1
1. INTRODUCTION .....	3
2. MÉTHODOLOGIE .....	4
3. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	6
Objectif 1 .....	6
Objectif 2 .....	11
Objectif 3 .....	11
4. CONCLUSION .....	12
5. RÉFÉRENCES .....	13
ANNEXE 1 - ACTIVITÉS DE TRANSFERT ET DE DIFFUSION SCIENTIFIQUE .....	14
ANNEXE 2 - ACTIVITÉS DE TRANSFERT ET DE DIFFUSION AUX UTILISATEURS .....	15
PARTENAIRES AU PROJET .....	16

# 1. INTRODUCTION

---

Selon des relevés récents, les sols organiques en production horticole perdraient de 0,3 à 4 cm annuellement (Esselami et al., 2014) et ne se régénèrent pas. À ce rythme, ils seraient appelés à disparaître dans les 30 à 70 prochaines années. Les principaux processus de dégradation seraient la décomposition microbienne et le tassement (50 %) et l'érosion (50 %). L'intensité réelle de l'érosion est cependant mal connue. La mesure de la redistribution spatiale du césium-137 (Cs-137) offre une approche rapide et efficace pour la quantifier. La mesure de ce radioisotope dans 22 champs soumis à différentes expositions aux agents atmosphériques et certaines pratiques antiérosives a permis de quantifier la sévérité à long terme (>60 ans) de l'érosion pour ce type de sols.



Les objectifs initiaux du projet étaient :

- 1) à l'aide du Cs-137, quantifier l'érosion cumulée depuis le début des années 1960 dans les champs étudiés;
- 2) comparer les taux d'érosion révélés par les mesures de Cs-137 à ceux obtenus avec des mesures contemporaines;
- 3) contribuer à la mise au point d'une approche intégrée de conservation des sols organiques à vocation horticole.

## 2. MÉTHODOLOGIE

---

La quantification de l'érosion au moyen de dosages du Cs-137 a été validée par des travaux réalisés dans divers pays et sous des conditions agroenvironnementales variées (Mabit et al., 2018; Fulajtar et al., 2017). Au Québec, la technique a été utilisée notamment pour l'étude de l'érosion des sols de l'Île d'Orléans (Bernard et Laverdière, 1992) et du bassin de la rivière Boyer (Mabit et Bernard, 2007).

Le Cs-137 est un radioisotope d'origine anthropique produit lors de la fission de l'atome. Son introduction dans l'environnement s'est faite à la faveur des essais atomiques en haute atmosphère dans les années 1950 et jusqu'en 1963.

Une fois retombé au sol, le Cs-137 est fortement fixé aux particules de sol. Par la suite, il se déplace dans l'environnement par des processus mécaniques tels que l'érosion hydrique et éolienne et le travail du sol. En comparant la teneur actuelle d'un sol en Cs-137 à la valeur résiduelle des retombées, on peut estimer l'importance des mouvements de sol en cours depuis l'introduction de ce radioisotope dans l'environnement (Zapata, 2002).

Pour cette étude, 28 champs ont été sélectionnés sur 14 fermes partenaires de la chaire de recherche industrielle CRSNG en conservation et en restauration des sols organiques cultivés de l'Université Laval.

Le choix des champs a permis la constitution de trois groupes de durée de mise en culture : moins de 25 années, de 25 à 50 années et plus de 50 années. Pour chacun de ces groupes, trois sous-groupes ont été formés selon l'importance du degré de protection agroforestière face aux vents : absente, présente, importante. Le tableau 1 présente le nombre de champs pour chacune des 9 classes ainsi créées.

**Tableau 1. Nombre de champs échantillonnés par classe de durée d'exploitation et de présence d'une protection forestière.**

Durée Exploitation (années)	Protection agroforestière			Total
	Absente	Présente	Importante	
< 25	3	2	4	9
25-50	2	3	4	9
>50	2	4	4	10
<b>Total</b>	7	9	12	28

Dans chacun des champs, des échantillons de sol ont été récoltés sur six points géoréférencés et disposés sur une ligne droite couvrant la longueur du champ. À chacun des points, un échantillon de sol était récolté sur une profondeur de 0 à 20 cm pour la caractérisation de la couche de surface. Un second échantillon était récolté sur la profondeur de 0 à 65 cm à l'aide d'une tarière manuelle de type hollandaise. Pour certains champs, sur un des points au milieu du transect, l'échantillon de sol de 0 à 65 cm de profondeur a été remplacé par cinq échantillons aux profondeurs de 0-25, 25-35, 35-45, 45-55 et 55 à 65 cm.

La mesure du Cs-137 du sol a été faite par le Centre d'expertise en analyses environnementales du Québec (CEAEQ) pour les échantillons 0-65 cm et au Centre d'études nordiques de l'Université Laval pour les échantillons incrémentiels de plus petit volume.

La caractérisation physique de la couche 0-20 cm a été faite suite aux analyses suivantes:

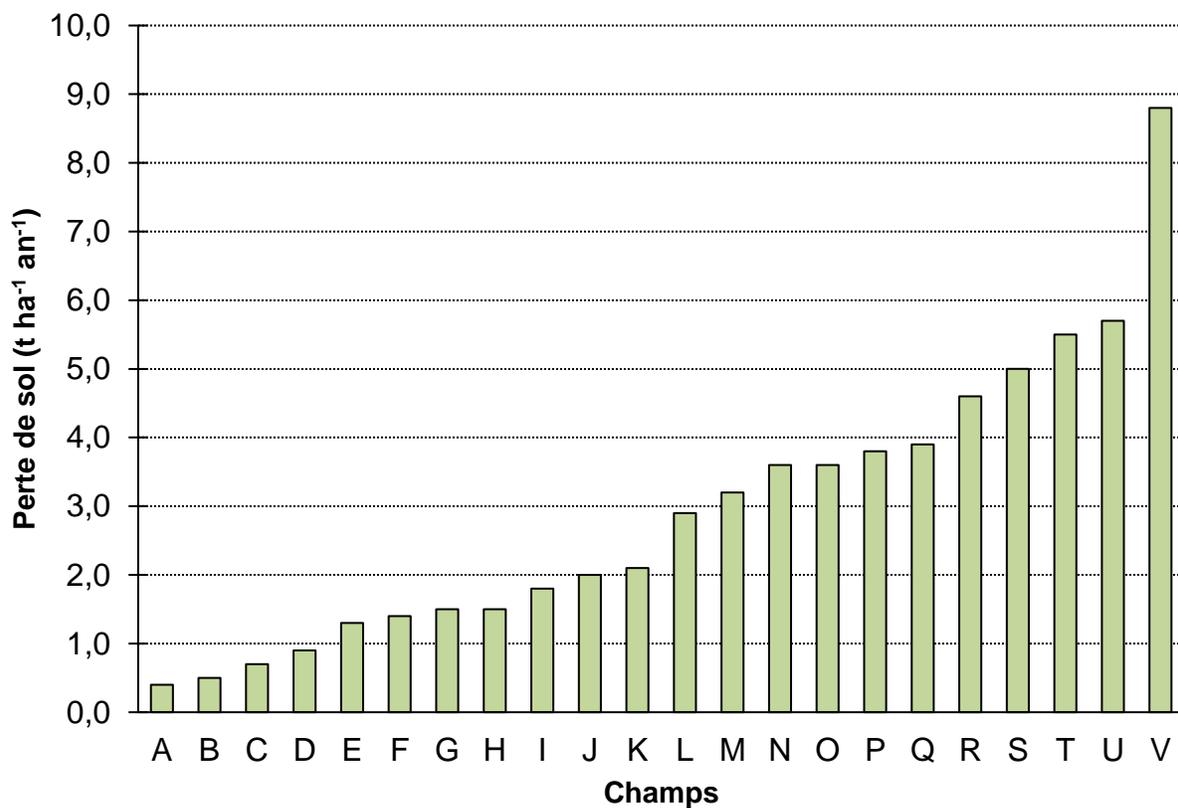
- Répartition de la taille des particules. Les échantillons de sol séchés à 30°C dans une étuve étaient ensuite passés dans une série de tamis ordonnée de la façon suivante : 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,84 mm, 0,5 mm, 0,25 mm et 0,10 mm (CPVQ, 1997).
- Teneur en matière organique par la méthode de la perte au feu. Des échantillons de 5 g de sol séché à 70°C étaient ensuite mis dans un four à moufle à 550°C pour une durée de 16 heures (CEAEQ, 2017).
- Degré de décomposition de la matière organique. Il a été mesuré selon un protocole adapté de la procédure de la détermination colorimétrique avec le pyrophosphate de sodium à 0,025 M (Parent et Caron, 2007). Des valeurs inférieures à 15 correspondent aux fibrisols, des valeurs supérieures à 30 correspondent aux humisols et les valeurs intermédiaires de 15 à 30 correspondent aux mésisols (Lévesque et al., 1980).

### 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### Objectif 1

Les données de six champs ont été exclues car les mesures d'activité de Cs-137 y étaient anormales et/ou que ces champs semblaient avoir été affectés par des opérations importantes de nivellement, de décapage et/ou de remblayage d'anciens fossés. Ce sont donc les résultats de 22 champs qui ont été analysés.

Pour ces 22 champs, une perte annuelle moyenne de sol variant de 0,4 à 8,8 t/ha, pour une moyenne de 2,9 t/ha a été estimée. La Figure 1 illustre la distribution des valeurs mesurées.



**Figure 1. Distribution des taux d'érosion mesurés dans les 22 champs retenus.**

Le Tableau 2 présente la ventilation des taux d'érosion estimés à partir des mesures de Cs-137 par groupe et sous-groupe de champs.

On note :

1. Une tendance à la hausse des pertes de sol avec l'augmentation de la durée de l'exploitation;
2. Une tendance à la diminution de l'érosion avec l'accroissement de la protection face aux vents dominants;
3. Une perte de sol légèrement plus importante pour les sols humiques (plus décomposés) que pour les sols mésiques-humiques;
4. Une tendance à la hausse des pertes de sol avec l'augmentation de la durée de l'exploitation agricole du champ, et ce pour les trois niveaux de protection contre les vents;
5. Une érosion plus forte pour les sols humiques par rapport aux sols mésiques-humiques, et ce pour les trois catégories de durée de l'exploitation agricole du champ;
6. Une tendance à la baisse de la perte de sol selon l'importance de la protection contre le vent, peu importe le niveau de minéralisation de la matière organique;
7. Que les interactions entre les 3 facteurs n'ont pu être étudiées en raison de la taille de l'échantillon de champs, certaines combinaisons ne comportant qu'un champ, voire aucun.

La sévérité de l'érosion estimée à partir des mesures de Cs-137 dans cette étude se compare à celle estimée de la même façon dans le cadre de l'étude sur l'état de santé des sols agricoles du Québec (EESSAQ) réalisée par l'IRDA pour le compte du MAPAQ. Dans la présente étude, la perte moyenne de sol a été de 2,9 t/ha/an, alors que pour l'EESSAQ, la perte moyenne estimée pour 17 champs est de 3,6 t/ha/an. Ces valeurs sont inférieures à celles anticipées, considérant notamment les observations rapportées par les agriculteurs qui considèrent les pertes par érosion hydrique et éolienne comme élevées.

Pour leur part, Esselami et al. (2014) rapportent des relevés de perte de matériel entre 1987 et 2014 pour 7 champs sur sol organique et situés dans la même région que ceux de la présente étude. La perte de matériel mesurée a varié de 9 à 118 cm, ce qui correspond à une perte annuelle de 0,3 à 4,4 cm. En considérant une masse volumique apparente de 0,25 g/cm<sup>3</sup> mesurée dans la présente étude, ces pertes d'épaisseur se traduisent par une perte de matériel de 8,2 à 109,2 t/ha/an. Des chercheurs ont suggéré que la perte d'épaisseur de matériel s'expliquerait à 50% par l'oxydation microbienne et le tassement et à 50% par l'érosion, tant hydrique qu'éolienne. La part de l'érosion dans les résultats d'Esselami et al. (2014) serait alors de 4,1 à 54,6 t/ha/an. Les valeurs moyennes de cette étude et celles de l'EESSAQ s'approchent de la valeur inférieure de cet intervalle.

**Tableau 2. Ventilation des pertes de sol selon les critères de sélection des champs.**

Durée Exploitation (ans)	Protection agroforestière	Degré humification	Champs	Perte moy. de sol (t ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> )
< 25	-	-	A, C, D, L, R	1,9
25-50	-	-	E, F, I, J, N, P, T, U	3,1
> 50	-	-	B, G, H, K, M, O, S, Q, V	3,3
-	absente	-	A, G, J, K, N, R, S	2,7
-	présente	-	B, E, F, I, L, M, O, P, Q, U, V	3,4
-	importante	-	C, D, H, T	2,1
-	-	M-H	A, C, D, E, L, O, R, S, T	2,8
-	-	H	B, F, G, H, I, J, K, M, N, P, Q, U, V	3,1
< 25	absente	-	A, R	2,5
25-50	absente	-	J, N	2,8
> 50	absente	-	G, K, S	2,9
< 25	présente	-	L	2,9
25-50	présente	-	E, F, I, P, U	2,8
> 50	présente	-	B, M, O, Q, V	4,0
< 25	importante	-	C, D	0,8
25-50	importante	-	T	5,5
> 50	importante	-	H	1,5
< 25	-	M-H	A, C, D, L, R	1,9
25-50	-	M-H	E, T	3,4
> 50	-	M-H	O, S	4,3
< 25	-	H	-	-
25-50	-	H	F, I, J, N, P, U	3,1
> 50	-	H	B, G, H, K, M, Q, V	3,1
-	absente	M-H	A, R, S	3,3
-	absente	H	G, J, K, N	2,3
-	présente	M-H	E, L, O	2,6
-	présente	H	B, F, I, M, P, Q, U, V	3,6
-	importante	M-H	C, D, T	2,4
-	importante	H	H	1,5

Il faut cependant noter que les mesures de ces derniers ne portent que sur 7 champs. La perte de matériel qu'ils rapportent est plus faible pour les sols bien décomposés et croît pour les sols moyennement et faiblement décomposés. À l'inverse, dans la présente étude, on constate une perte moyenne légèrement plus importante pour les sols humiques que pour les sols mésiques-humiques moins décomposés que les premiers.

Il faut donc chercher ailleurs l'explication de la différence de la sévérité de l'érosion telle qu'estimée à partir des mesures de Cs-137 et celle attendue, notamment en considérant les observations d'Esselami et al. (2014).

Une première hypothèse serait que la proportion de 50% des pertes de matériel imputable à l'érosion, comme proposée par certains chercheurs, soit trop élevée, c'est-à-dire que la minéralisation de la matière organique par l'activité microbienne et l'affaissement du sol à la suite du drainage et à la compaction seraient plus importants qu'initialement estimés. Si cette hypothèse s'avérait juste, cela pourrait influencer la relation érosion-perte de Cs-137 qui s'énonce ainsi :

$$M = -CI * R^{-1} * (1 - (Ns / No)^{1/n})$$

où M = mouvement de sol (t/ha/an)

CI = poids de la couche de labour (t/ha)

R = coefficient d'enrichissement du sol érodé/déposé en Cs-137 : 2 en sol organique

Ns = activité spécifique du sol en Cs-137 (Bq/m<sup>2</sup>)

No = valeur résiduelle des retombées de Cs-137 (Bq/m<sup>2</sup>), dérivée de l'équation 1

n = nombre d'années entre la prise d'échantillon et le pic de retombées (1963)

La relation 1 pourrait être influencée par une minéralisation et un tassement plus important de diverses façons :

- 1) D'une part, la compaction conduit à une masse volumique apparente plus importante en surface. Le paramètre **CI** de l'équation serait ainsi augmenté, ce qui se traduirait automatiquement par une perte de sol accrue pour une même perte de Cs-137;
- 2) La décomposition de la matière organique, qui procède de la surface vers la profondeur, accroît la teneur en Cs-137 en surface. Donc les premiers cm du sol devraient voir leur concentration (Bq/kg) augmenter. Cela aurait pour effet qu'une perte donnée de Cs (Bq/m<sup>2</sup>) serait associée à une quantité décroissante de sol érodé, puisque celui-ci serait plus concentré;
- 3) Cette concentration du Cs-137 en surface ne change cependant pas l'inventaire de Cs (Bq/m<sup>2</sup>). Or cette donnée (terme **Ns** de l'équation) sert au calcul d'érosion. Cependant, comme mentionné en 2, pour une même variation d'inventaire, la perte de sol serait moindre à la suite de la minéralisation de la matière organique;
- 4) Enfin, une augmentation de la concentration des premiers cm en Cs-137 se traduirait aussi par des sédiments érodés plus concentrés. Cela ne nous renseigne cependant pas sur le facteur d'enrichissement (terme **R** de l'équation). Varie-t-il alors dans le temps?

Une autre hypothèse, découlant de ces quatre éléments est que la teneur du sol de surface en Cs-137 a évolué depuis le début de la mise en culture des champs sur sol organique. Par conséquent, la relation reliant la perte de sol et celle de Cs-137 ne pourrait alors être tenue pour constante dans le temps. Comme nous n'avons pu trouver d'études sur la mesure de l'érosion de sols organiques cultivés nous ne pouvons pas statuer plus loin sur cette hypothèse.

De plus, nous n'avons pu vérifier si la teneur en Cs-137 des particules de sol organique varie selon le degré de décomposition de la matière organique (taille des particules), lequel évolue dans le temps avec l'humification du substrat. Cette question ne se pose pas pour les sols minéraux, pour lesquels la teneur relative en argile, limon et sable peut être considérée comme stable dans le temps.

Enfin, nous ignorons si la teneur en Cs-137 des sédiments organiques se distingue de celle du sol en place, comme c'est le cas pour les sols minéraux.

Pour l'ensemble de ces considérations, il est vraisemblable qu'une nouvelle équation de prédiction de la perte de sol à partir de la perte d'inventaire en Cs-137 demande à être développée pour les sols organiques. Un tel exercice demanderait des mesures au champ et des manipulations mathématiques complexes qui vont bien au-delà du présent projet.

D'autres contraintes inhérentes à la méthodologie utilisée pour ce projet doivent aussi être prises en considération. Ainsi, le choix des champs étudiés a été fait de façon à obtenir trois classes de durée d'exploitation de ceux-ci (moins de 25 ans, entre 25 et 50 ans et plus de 50 ans) et trois classes de protection forestière contre les vents dominants (absente, présente, importante). L'établissement de telles classes comporte son lot de difficultés.

Pour la durée d'exploitation, nous avons dû nous fier aux souvenirs des producteurs. De plus, deux champs cultivés depuis 26 et 48 ans respectivement se retrouvaient dans la même classe (25-50 ans) alors qu'en principe le premier se compare plus avec la classe « moins de 25 ans » et le second avec la classe « plus de 50 ans ». Nous avons recalculé les taux d'érosion prédits en tenant compte de l'estimation du temps réel écoulé entre la mise en culture et le moment d'échantillonnage, plutôt qu'entre le moment du pic de retombées et le moment de l'échantillonnage (terme  $n$  de l'équation). Cet exercice n'a cependant pas donné de résultats plus précis.

Pour les classes de protection forestière, la classification était loin d'être simple et pouvait même être subjective. Par exemple, un champ présentant un boisé sur son flanc pouvait être considéré comme étant fortement protégé, alors que dépendamment de l'orientation principale des vents, il aurait pu être considéré comme étant moins bien protégé.

Enfin, d'autres éléments doivent aussi être pris en considération. Le projet se situait dans un cadre d'observation, s'apparentant à un sondage, et non dans un cadre expérimental où les conditions sont contrôlées. Il était donc prévisible que les résultats obtenus présentent plus de variabilité que ceux d'une expérience contrôlée. De plus, le nombre de champs échantillonnés, bien qu'intéressant, constituait un faible pourcentage de la « population » de champs cultivés sur sols organiques de la Montérégie. Les études de ce type visant à établir un inventaire de l'état d'érosion des sols comptaient beaucoup plus de champs : 248 champs pour une étude en Angleterre et au Pays-de-Galles (Walling et Zhang, 2010) et 419 pour l'EESSAQ (Gasser et al., 2019).

Malgré ces contraintes, des tendances ont pu être détectées, mais pas des différences statistiquement significatives. Il serait par ailleurs difficile de combiner les résultats de cette étude avec ceux de l'EESSAQ pour faire un traitement statistique commun, puisque les critères de sélection et d'échantillonnage des champs différaient d'une étude à l'autre. Comme indiqué précédemment, on note cependant que la perte moyenne de sol est similaire pour les deux études.

## **Objectif 2**

Par ailleurs, nous avons prévu comparer les taux d'érosion obtenus avec les mesures de Cs-137 à des mesures contemporaines d'érosion hydrique et éolienne. L'objectif était de comparer les taux mesurés par les deux approches et de tenter de déterminer la contribution respective de l'érosion hydrique et de l'érosion éolienne aux pertes de sol estimées à partir des mesures de Cs-137. Cet objectif n'a pu être rencontré, les mesures contemporaines prévues dans le cadre d'autres projets n'ayant finalement pu être réalisées.

## **Objectif 3**

Enfin, on peut considérer que cet objectif, soit de contribuer au développement d'une approche intégrée de conservation des sols organiques, a pu être rencontré. Le projet ne portait pas comme tel sur le développement de pratiques de conservation. Cependant, les résultats témoignent de la réalité des pertes de sol par érosion et suggèrent que les sols cultivés depuis longtemps et ceux ne profitant pas d'une protection contre l'action du vent sont plus érodés et requièrent la mise en place de mesures de conservation en priorité.

## 4. CONCLUSION

---

La présente étude a permis d'estimer le taux d'érosion subi par des champs sur sol organique en production horticole. Cette perte a varié de 0,4 à 8,8 t/ha/an avec une valeur moyenne de 2,9 t/ha/an. Cette dernière valeur se compare à la moyenne obtenue de 3,6 t/ha/an pour 17 champs dans le cadre de l'EESSAQ. Ces deux moyennes se rapprochent de la borne inférieure d'une estimation basée sur la mesure de perte de hauteur de matériel de 7 champs en sols organiques entre 1987 et 2014.

Des tendances de hausse de la perte de sol avec la durée d'exploitation des champs et de diminution avec l'accroissement de la protection contre les vents dominants ont été observées. Ces tendances, bien que non statistiquement significatives, suggèrent cependant que des sols cultivés depuis longtemps et exposés aux vents requièrent des mesures de conservation afin de prolonger leur durée de vie.

Le projet, dont aucun équivalent n'a pu être trouvé dans la littérature, a soulevé des questions sur quelques points méthodologiques. Ces questions ne remettent pas en question l'utilité du Cs-137 comme indicateur de mouvements de sol. Elles indiquent cependant que la relation entre la perte de Cs-137 et la perte de sol organique est possiblement différente de celle validée depuis longtemps pour les sols minéraux. Il apparaîtrait donc souhaitable que des travaux additionnels soient entrepris afin de développer une telle relation.

## 5. RÉFÉRENCES

---

- Bernard, C., Laverdière, M. R. 1992. Spatial redistribution of Cs-137 and soil erosion on Orléans Island, Québec. *Canadian Journal of Soil Science*, volume 72, pages 543-554.
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). 2017. Détermination des solides totaux et des solides totaux volatiles : méthode gravimétrique. MA. 100 – S.T. 1.1. 5e révision. Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). 13 pages.
- Conseil des productions végétales du Québec (CPVQ). 1997. Méthodes d'analyses des propriétés physiques des milieux artificiels, des tourbes et des sols organiques - Estimation de la distribution des particules (granulométrie). 4 pages.
- Esselami, D., Boudache, M., Grenon, L. 2014. L'évolution des terres noires et le problème de la compaction. Prisme Consortium. Présentation donnée aux journées horticoles. 32 pages. [https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/Monteregie-Ouest/Journees\\_horticoles\\_2014/4\\_decembre/Terres\\_noires/9h05\\_b\\_JH2014\\_profil\\_compaction\\_DEsselami.pdf](https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/Monteregie-Ouest/Journees_horticoles_2014/4_decembre/Terres_noires/9h05_b_JH2014_profil_compaction_DEsselami.pdf) (PDF consulté en ligne le 11 avril 2020).
- Fulajtar, E., Mabit, L., Renschler, C. S., Lee Zhi Yi, A. 2017. Use of <sup>137</sup>Cs for soil erosion assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) et International Atomic Energy Agency (IAEA). Rome, Italie. 63 pages.
- Gasser, M.-O., Bossé, C., Tremblay, M.-È., Bernard, C., Allard, F., Grenon, L., Leblanc, M. 2019. Étude sur l'état de santé des sols agricoles: du Bas Saint-Laurent à l'Abitibi-Témiscamingue. Page 57 dans compte rendu du 33<sup>e</sup> congrès annuel de l'AQSSS. 11-14 juin 2019.
- Lévesque, M., Dinel, H., Marcoux, R. 1980. Évaluation des critères de différenciation pour la classification de 92 matériaux tourbeux du Québec et de l'Ontario. *Canadian Journal of Soil Science*, volume 60, pages 479-486.
- Mabit, L., Bernard, C., Lee Zhi Yi, A., Fulajtar, E., Dercon, E., Zaman, M., Toloza, A., Heng, L. 2018. Promoting the use of isotopic techniques to combat soil erosion: An overview of the key role played by the SWMCN Subprogramme of the Joint FAO/IAEA Division over the last 20 years. *Land Degradation and Development*. Special Issue Article. 15 pages.
- Mabit, L., Bernard, C. 2007. Assessment of spatial distribution of fallout radionuclides through geostatistics concept. *Journal of Environmental Radioactivity*, volume 97, pages 206-219.
- Parent, L. E., Caron, J. 2007. Physical Properties of Organic Soils and Growing Media: Particle Size and Degree of Decomposition. Pages 871 à 883 dans *Soil sampling and methods of analysis*. 2e édition. Édité par Carter, M. R. et Gregorich, E. G. Canadian Society of Soil Science. Boca Raton, État de Floride, États-Unis d'Amérique.
- Walling, D.E., Zhang, Y. 2010. A national assessment of soil erosion based on Caesium-137 measurements. *Advances in GeoEcology*, volume 41, pages 89-97.
- Zapata, F. (ed.). 2002. Handbook for the assessment of soil erosion and sedimentation using environmental radionuclides. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 219 pages.

## **ANNEXE 1 - ACTIVITÉS DE TRANSFERT ET DE DIFFUSION SCIENTIFIQUE**

---

Gloutney, A., Bernard, C., Dessureault-Rompré, J. 2022. Erosion assessment of cultivated histosols using caesium-137 measurements. International symposium on managing land and water for climate smart agriculture. IAEA, Vienna, 25-29 juillet 2022.

Gloutney, A. 2022. Quantification de l'érosion des sols organiques de l'Ouest de la Montérégie en production horticole par dosage du radioisotope césium-137. Mémoire de maîtrise. Université Laval. Dépôt final le 8 avril 2022.

Gloutney, A. 2021. Séminaire de mémoire de maîtrise. Département des sols et de génie agroalimentaire de la Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation de l'Université Laval. 9 décembre 2021, en mode virtuel.

Bernard, C., Gloutney, A., Dessureault-Rompré, J. 2021. Utilisation du  $^{137}\text{Cs}$  comme marqueur d'érosion. Page 41 dans compte rendu du 35<sup>e</sup> congrès annuel de l'AQSSS. 15 au 17 juin 2021, en mode virtuel.

Gloutney, A., Dessureault-Rompré, J., Bernard, C. 2021. Quantification de l'érosion par dosage du  $^{137}\text{Cs}$  de sols organiques en production maraîchère. Pages 46-47 dans compte rendu du 35<sup>e</sup> congrès annuel de l'AQSSS. 15 au 17 juin 2021, en mode virtuel.

## **ANNEXE 2 - ACTIVITÉS DE TRANSFERT ET DE DIFFUSION AUX UTILISATEURS**

---

Bernard, C., Gloutney, A., Dessureault-Rompré, J. 2021. Mesure de l'érosion des sols organiques cultivés à l'aide du césium-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ). Vendredis horticoles de la Montérégie. 17 décembre 2021.

Gloutney, A. 2021. Quantification de l'érosion des sols organiques cultivés par dosage du radioisotope césium-137. Présentation à la chaire de recherche CRSNG en conservation et restauration des sols organiques et aux représentants des 14 fermes partenaires de la chaire. 3 décembre 2021.

Gloutney, A. 2020. Quantification de l'érosion des sols organiques cultivés par dosage du radioisotope césium-137. Présentation à la chaire de recherche CRSNG en conservation et restauration des sols organiques et aux représentants des 14 fermes partenaires de la chaire. 27 novembre 2020.

## PARTENAIRES AU PROJET

---

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, via le programme Innov'Action agroalimentaire, subvention N° IA119034.

Département des Sols et de génie agroalimentaire de la Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation de l'Université Laval

Chaire de recherche industrielle du CRSNG en conservation et en restauration des sols organiques cultivés de l'Université Laval

Centre d'études nordiques de l'Université Laval

Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec

Ces travaux ont été réalisés grâce à un soutien financier dans le cadre de l'Accord Canada-Québec de mise en œuvre du Partenariat canadien pour l'agriculture

 PARTENARIAT  
CANADIEN pour  
l'AGRICULTURE

Canada  Québec 