

RÉDUIRE LES IMPACTS DU RUISSELLEMENT

Projet été 2020

Évaluation de l'érosion hydrique et
éolienne sur le territoire agricole
de Sainte-Cécile-de-Whitton



Association
pour la Protection
de l'Environnement
du Lac trois milles

Julien de Grasse

Tech. en production horticole et environnement

Étudiant au Bacc. en génieagroenvironnemental

Stagiaire chargé de projet

Sainte-Cécile-de-Whitton

15 août 2020



Table des matières

Introduction.....	4
1. Mise en contexte.....	5
1.1. Présentation du Lac Trois-Milles et de son environnement.....	5
1.2. Réglementation pertinente au projet.....	6
1.2.1. Loi sur la qualité de l'environnement (Q-2).....	7
1.2.2. Règlement sur les exploitations agricoles (Q-2, r.26).....	7
1.2.3. Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (Q-2, r.35) ..	8
1.2.4. Schéma d'aménagement de la Municipalité régionale de comté du Granit.....	9
1.2.5. Règlement de contrôle intérimaire 2008-14.....	9
1.2.6. Règlement de contrôle intérimaire 2017-18.....	9
1.2.7. Plan d'urbanisme et règlement de zonage de Sainte-Cécile-de-Whitton.....	9
1.3. Événements marquants de l'été 2020.....	9
2. L'érosion à Sainte-Cécile.....	10
2.1. L'érosion et ses conséquences.....	10
2.1.1. L'érosion hydrique.....	10
2.1.2. L'érosion éolienne.....	12
2.2. Les sources d'érosion à Sainte-Cécile-de-Whitton.....	12
2.2.1. Les sources d'érosion hydrique.....	12
2.2.2. Les sources d'érosion éolienne.....	13
3. Méthodologie et limites.....	15
3.1. Méthodologie.....	15
3.1.1. Risque d'érosion théorique.....	15
3.1.2. Aménagements présents.....	18
3.2. Limites.....	19
4. Résultats.....	20
4.1. Pertes de sol théoriques.....	20
4.2. État des aménagements présents.....	20
5. Analyse des résultats.....	21
5.1. Pertes de sol théoriques.....	21
5.2. État des aménagements présents.....	21
6. Recommandations globales et indications pour le suivi.....	21
Conclusion.....	22
Glossaire.....	23
Références.....	25

Liste des figures

Figure 1: Bassin versant du Lac Trois-Milles (tirée de Lefrancq, 2019).....	5
Figure 2: Situation géographique de la mine Polycor (tirée de Lefrancq, 2019).....	6
Figure 3:Le cycle de l'eau simplifié (Gouvernement du Canada, 2013)	11
Figure 4: Érosion en rigole (OMA, 2018)	11
Figure 5: Eutrophisation d'un lac (RAPPEL, s.d.).....	11
Figure 6:Courbe IDF pour la station météorologique de Lac-Mégantic (Canada, 2011).....	13
Figure 7: Direction du vent à Lac-Mégantic selon le mois (Weather Spark, 2020).....	13
Figure 8: Vitesse moyenne du vent à Lac-Mégantic selon le mois (Weather Spark, 2020).....	14
Figure 9: Fossés rempli de gravier routier en bordure de la route principale (Photo: Julien de Grasse)	20

Liste des tableaux

Tableau 1: Facteur K selon le type de sol et la teneur en matière organique (OMA, 2012)	16
Tableau 2: Valeur de NN selon l'inclinaison de la pente en %. (OMA, 2012).....	17
Tableau 3:Facteur C-1 selon le type de culture sur la parcelle (OMA, 2012).....	17
Tableau 4: Facteur C-2 selon la méthode de travail du sol employée (OMA, 2012)	17
Tableau 5: Facteur P selon la pratique de conservation des sols utilisée. (OMA, 2012)	18
Tableau 6: Mesures statistiques calculées à partir des pertes estimées	21

Introduction

L'Association pour la Protection de l'Environnement du Lac Trois-Milles (APEL3M) est un organisme ayant pour objectif la pérennité du lac Trois-Milles, situé dans la municipalité de Sainte-Cécile-de-Whitton. Chaque année, l'Association effectue des suivis concernant la qualité de l'eau du lac ainsi que des projets ponctuels. À l'été 2020, dans le cadre du projet « Réduire les impacts du ruissellement », une étude concernant l'érosion en sol agricole a été menée par le stagiaire de l'APEL3M. Le but de l'étude est d'évaluer les pertes de sol occasionnées par l'érosion sur le territoire agricole de Sainte-Cécile-de-Whitton et de sensibiliser les résidents de la municipalité à l'érosion, ses causes et ses effets.

À cet effet, une revue de littérature au sujet de l'érosion a été menée. Suivant cette revue, des visites et des évaluations ont été conduites pour chaque ferme sur le territoire de la municipalité. Les pages suivantes présentent le contexte géographique et réglementaire de la municipalité, la revue de littérature sur l'érosion, la méthodologie utilisée pour l'étude ainsi que les résultats.

1. Mise en contexte

1.1. Présentation du Lac Trois-Milles et de son environnement

Le Lac Trois-Milles est situé à Sainte-Cécile-de-Whitton dans la MRC du Granit en Estrie. Ce lac a une superficie de 1,017km² et se situe à une altitude de 480 mètres, pour une profondeur moyenne de 2,3 mètres et pouvant atteindre 6 mètres dans sa fosse. Il fait partie du bassin versant de la rivière Chaudière et couvre 16,1km² (Figure 1). Ses caractéristiques en font un lac sensible et fragile du Québec, comme le mentionnent le schéma d'aménagement de la MRC du Granit et le plan d'urbanisme de la municipalité de Sainte-Cécile-de-Whitton (Municipalité de Sainte-Cécile-de-Whitton, 2009).

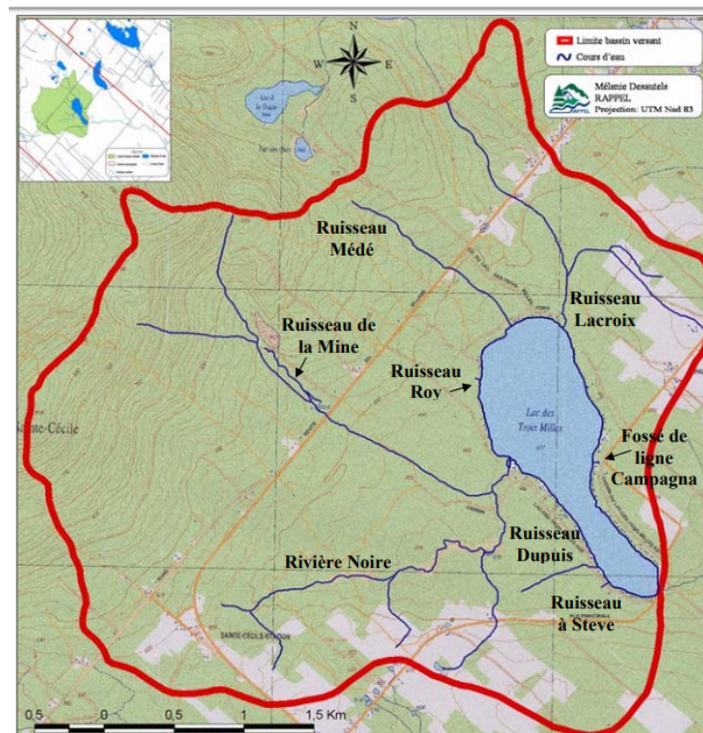


Figure 1: Bassin versant du Lac Trois-Milles (tirée de Lefrancq, 2019)

La municipalité de Sainte-Cécile-de-Whitton compte environ 1000 habitants, dont une centaine de résidences autour du Lac Trois-Milles et 92 ont un frontage avec le lac. Parmi ces résidences, 27 sont permanentes et 71 sont saisonnières. Il y a d'ailleurs 10 chalets qui pratiquent la location. Aucune de ces résidences n'est connectée au réseau d'égout et toutes possèdent donc une fosse septique. La vidange de celles-ci se fait selon la réglementation de la MRC et chacun doit veiller au bon entretien de sa fosse. En effet, un déversement de fosse dans le lac serait une énorme pollution pour si petit lac et accélérerait son eutrophisation.

Le bassin versant du lac est principalement couvert d'une forêt mixte privée. Celles-ci sont pour la plupart entretenue par des coupes sélectives, plus respectueuses de l'environnement. Le drainage de ces forêts peut être une source importante de sédiments et de matières organiques

dans le lac. Par ailleurs, les autres activités anthropiques alentours peuvent également avoir des apports non négligeables dans le lac. En effet, les activités agricoles représentent 15% de la superficie totale du bassin versant se concentrent dans le secteur Sud et Nord-Est. La topographie du secteur entraîne un ruissellement vers les forêts accolées ainsi que vers les milieux humides alimentant la rivière Noire. Un apport de polluants produits par le secteur agricole, tel que le phosphore ou les pesticides, pourrait être responsable d'une baisse de qualité de l'environnement du lac et de son vieillissement accéléré. (APEL3M, 2016) De plus, une carrière de granit se situe dans le Mont Sainte-Cécile (figure 1.2). Elle appartient à la compagnie Polycor, mondialement implantée. (Polycor, s. d.) Le ruisseau de la Mine, principal tributaire de la rivière Noire, se situe à quelques mètres de la carrière. En cas de non-conformité des systèmes de filtration de l'eau de la carrière, un apport important de sédiments fins pourrait avoir lieu dans le lac et son tributaire (Lefrancq, 2019).

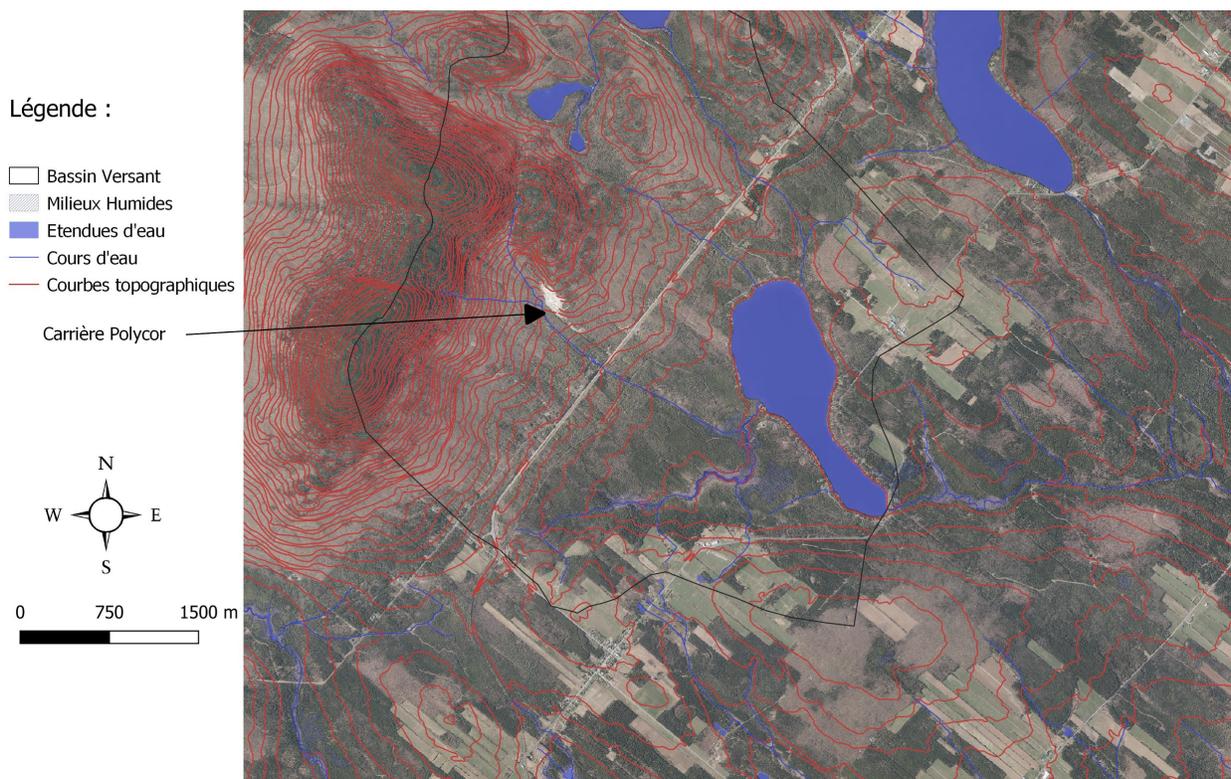


Figure 2: Situation géographique de la mine Polycor (tirée de Lefrancq, 2019)

Par ailleurs, la municipalité de Sainte-Cécile-de-Whitton qui occupe un territoire de 149 km², comporte plus de 2 100 hectares en culture agricole (Municipalité de Sainte-Cécile-de-Whitton, 2009). Bien que ces terres cultivées ne soient pas toutes dans le bassin versant du Lac des Trois-Milles, il est important de sensibiliser l'ensemble du territoire aux risques de l'érosion et aux bienfaits de sa réduction.

1.2. Réglementation pertinente au projet

Le projet *Évaluation de l'érosion hydrique et éolienne sur le territoire de Sainte-Cécile-de-Whitton* s'inscrit dans une optique d'amélioration des systèmes agricoles et forestiers en vue de la réduction de l'érosion des terres fertiles. Cette optique fait l'objet de plusieurs dispositions légales, tant dans la législation provinciale et régionale que municipale. Ci-après figure une

revue de littérature des lois et règlements liés à l'érosion et à la qualité des cours d'eau susceptibles d'être d'intérêt pour les producteurs agricoles. Les différents articles légaux sont classés selon le document source.

1.2.1. Loi sur la qualité de l'environnement (Q-2)

La loi sur la qualité de l'environnement est de juridiction provinciale et contient des généralités quant à la qualité de l'environnement et prévoit surtout des dispositions permettant au ministère de l'environnement d'exister. Ceci dit, un article vaut la peine d'être cité dans le présent document, soit l'article 20. Celui-ci se lit comme suit :

Nul ne peut rejeter un contaminant dans l'environnement ou permettre un tel rejet au-delà de la quantité ou de la concentration déterminée conformément à la présente loi.

La même prohibition s'applique au rejet de tout contaminant dont la présence dans l'environnement est prohibée par règlement ou est susceptible de porter atteinte à la vie, à la santé, à la sécurité, au bien-être ou au confort de l'être humain, de causer du dommage ou de porter autrement préjudice à la qualité de l'environnement, aux écosystèmes, aux espèces vivantes ou aux biens.

Loi sur la qualité de l'environnement, article 20 (Gouvernement du Québec, 2020)

1.2.2. Règlement sur les exploitations agricoles (Q-2, r.26)

De juridiction provinciale aussi, le règlement sur les exploitations agricoles encadre les exigences légales d'une entreprise agricole, la disposition des engrais organiques de même que certaines pratiques comme les amas au champ. Le seul article retenu du REA pour les fins du projet est l'article 30 :

L'épandage de matières fertilisantes est interdit dans les espaces suivants:

1° un cours ou plan d'eau ainsi qu'à l'intérieur de la bande riveraine dont les limites sont définies par règlement municipal;

2° en l'absence d'une bande riveraine définie par règlement municipal:

a) dans un cours d'eau, un lac, un marécage d'une superficie minimale de 10 000 m² ou dans un étang ainsi qu'à l'intérieur d'une bande de 3 m de ceux-ci;

b) dans un fossé agricole et à l'intérieur d'une bande de 1 m de ce fossé.

Le sous-paragraphe a du paragraphe 2 du premier alinéa s'appliquent aux sections de cours d'eau dont l'aire totale d'écoulement (largeur moyenne multipliée par la hauteur moyenne) est supérieure à 2 m².

L'épandage des déjections animales doit être fait de manière à ce que les déjections ne ruissellent pas dans les espaces énumérés au premier alinéa.

Aux fins de déterminer la bande riveraine des lieux mentionnés au premier alinéa, la mesure est prise à partir de la ligne des hautes eaux. De plus, s'il y a un talus, cet espace doit inclure une largeur d'au moins 1 m sur le haut de ce talus.

Règlement sur les exploitations agricoles, article 30 (Gouvernement du Québec, 2020)

1.2.3. Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (Q-2, r.35)

La Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (ci-après appelée PPRLPI) est un document provincial normalisant les opérations dans les limites des rives, du littoral et des plaines inondables. La PPRLPI place un cadre réglementaire pouvant être resserré par les MRC et les municipalités dans leurs plans d'aménagement. Comme la PPRLPI en entier est pertinente au projet, le rédacteur choisit de résumer seulement la section 3.2, soit les mesures relatives aux rives.

La rive est définie comme « une bande de terre qui borde les lacs et cours d'eau et qui s'étend vers l'intérieur des terres à partir de la ligne des hautes eaux. La largeur de la rive à protéger se mesure horizontalement. » Ladite largeur de la rive dépend de la pente du talus. Lorsque la pente du talus est inférieure à 30% ou a moins de 5 mètres, la rive est de 10 mètres. Lorsque la pente du talus est de plus de 30% et est continue ou a plus de 5 mètres de talus, la rive mesure 15 mètres.

En principe, toutes les constructions, tous les travaux et les ouvrages sont interdits dans la rive. La liste d'exception est cependant longue et figure intégralement en annexe II. Il est toutefois important de souligner les exceptions suivantes :

- ❖ e) Les ouvrages et travaux suivants relatifs à la végétation:
 - [alinéa 2] la coupe d'assainissement;
 - [alinéa 3] la récolte d'arbres de 50% des tiges de 10 cm et plus de diamètre, à la condition de préserver un couvert forestier d'au moins 50% dans les boisés privés utilisés à des fins d'exploitation forestière ou agricole;
 - [alinéa 7] aux fins de rétablir un couvert végétal permanent et durable, les semis et la plantation d'espèces végétales, d'arbres ou d'arbustes et les travaux nécessaires à ces fins;
 - [alinéa 8] les divers modes de récolte de la végétation herbacée lorsque la pente de la rive est inférieure à 30% et uniquement sur le haut du talus lorsque la pente est supérieure à 30%.
- ❖ f) La culture du sol à des fins d'exploitation agricole est permise à la condition de conserver une bande minimale de végétation de 3 m dont la largeur est mesurée à partir de la ligne des hautes eaux; de plus, s'il y a un talus et que le haut de celui-ci se situe à une distance inférieure à 3 m à partir de la ligne des hautes eaux, la largeur de la bande de végétation à conserver doit inclure un minimum d'un mètre sur le haut du talus.
- ❖ g) Les ouvrages et travaux suivants:
 - [alinéa 1] l'installation de clôtures;
 - [alinéa 2] l'implantation ou la réalisation d'exutoires de réseaux de drainage souterrain ou de surface et les stations de pompage;
 - [alinéa 3] l'aménagement de traverses de cours d'eau relatif aux passages à gué, aux ponceaux et ponts ainsi que les chemins y donnant accès;
 - [alinéa 6] lorsque la pente, la nature du sol et les conditions de terrain ne permettent pas de rétablir la couverture végétale et le caractère naturel de la rive, les ouvrages et les travaux de stabilisation végétale ou mécanique tels les perrés, les gabions ou finalement les murs de soutènement, en accordant la priorité à la technique la plus susceptible de faciliter l'implantation éventuelle de végétation naturelle;

- [alinéa 7] les installations de prélèvement d'eau souterraine utilisées à des fins autres que municipales, commerciales, industrielles, publiques ou pour fins d'accès public et aménagées conformément au Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection (chapitre Q-2, r. 35.2);

Ainsi, la culture de sol est interdite dans les 3 mètres à partir de la ligne des hautes eaux, en plus d'au moins un mètre sur le haut du talus. La bande à conserver est donc la plus longue distance avec l'eau entre soit un mètre sur le haut du talus ou soit trois mètres.

1.2.4. Schéma d'aménagement de la Municipalité régionale de comté du Granit

Le schéma d'aménagement place les balises pour la création d'un règlement de zonage municipal cohérent pour la région. Les dispositions mises de l'avant sont reportées dans les règlements de contrôle intérimaire 2008-14 et 2017-18 et dans le plan d'urbanisme de Sainte-Cécile-de-Whitton.

1.2.5. Règlement de contrôle intérimaire 2008-14

Les dispositions contenues dans le RCI 2008-14 sont pour la plupart modifiées par le RCI 2017-18. Toutes les dispositions pertinentes à l'érosion et à l'activité agricole ont été modifiées et sont par conséquent traitées au point suivant.

1.2.6. Règlement de contrôle intérimaire 2017-18

Toutes les dispositions relatives à la gestion des engrais et pesticides et au contrôle de l'érosion contenues dans le RCI 2008-14 ont été abrogées.

1.2.7. Plan d'urbanisme et règlement de zonage de Sainte-Cécile-de-Whitton

Au plan d'urbanisme de Sainte-Cécile-de-Whitton est inscrit la volonté d'inclure des dispositions de protection des rives et du littoral au règlement de zonage de Sainte-Cécile-de-Whitton. Les dispositions concernant les normes particulières des rives et du littoral sont intégralement tirées de la PPRLPI (voir les normes intégrales en annexe II).

1.3. Événements marquants de l'été 2020

L'été 2020 a été marqué par deux phénomènes importants à souligner. Premièrement, une longue période avec très peu de pluies significatives au début de l'été a retardé beaucoup la croissance des plantes et a réduit les risques d'érosion. Cependant, le sol étant très sec lorsque la pluie a repris, même les averses de faible intensité causaient du ruissellement.

Le deuxième facteur à souligner à l'été 2020 est la pandémie de COVID-19. Cette pandémie a ralenti beaucoup de processus humains, incluant la fréquence et la quantité des visites sur les fermes.

2. L'érosion à Sainte-Cécile

L'érosion, malgré la familiarité du mot, est un phénomène ayant plus de portée qu'il n'y paraît à première vue. Selon le dictionnaire Le Larousse (2020), l'érosion se définit par « l'ensemble des processus responsables de l'évolution des reliefs engendrés par les déformations de l'écorce terrestre (par ablation, transport et aussi accumulation) ». La définition ci-avant est très précise et exacte. Il s'agit par conséquent de l'ensemble des phénomènes causant la modification de la topographie, par abrasion mécanique, par action chimique, par transport et par dépôt. Afin d'attaquer le problème à la source, il est nécessaire de constater que les deux agents directement responsables de l'érosion sont l'eau, par précipitation et mouvement, et le vent. On les qualifie d'érosion hydrique et d'érosion éolienne. La prochaine section explique les facteurs menant à la facilitation de l'érosion et ses conséquences et est suivie d'un ciblage plus précis des sources d'érosion sur le territoire de Sainte-Cécile-de-Whitton.

2.1. L'érosion et ses conséquences

Le degré d'érosion, ainsi que ses conséquences, varient selon le phénomène causant cette érosion. Bien que les conséquences soient nombreuses, la description suivante met l'accent sur les conséquences observables rapidement et qui ont un impact positif ou négatif considérable pour l'humain.

2.1.1. L'érosion hydrique

L'érosion hydrique est, tel que mentionné ci-haut, l'ensemble des phénomènes d'érosion causés par l'eau. Durant son cycle, l'eau accumule et perd de l'énergie sous différentes formes, notamment en énergie cinétique lors de précipitations, du ruissellement et de tout autre mouvement de l'eau.

Le cycle hydrologique

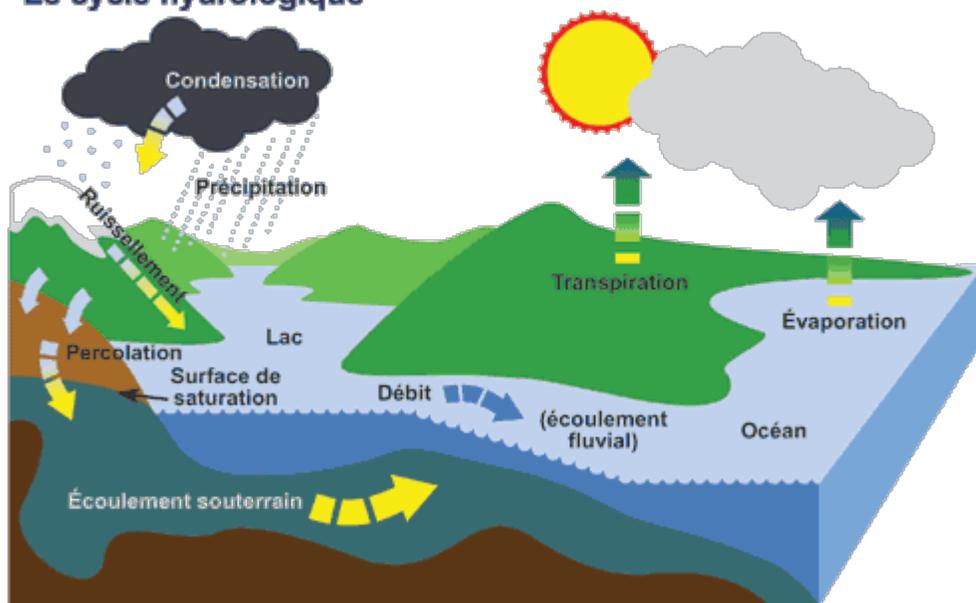


Figure 3: Le cycle de l'eau simplifié (Gouvernement du Canada, 2013)

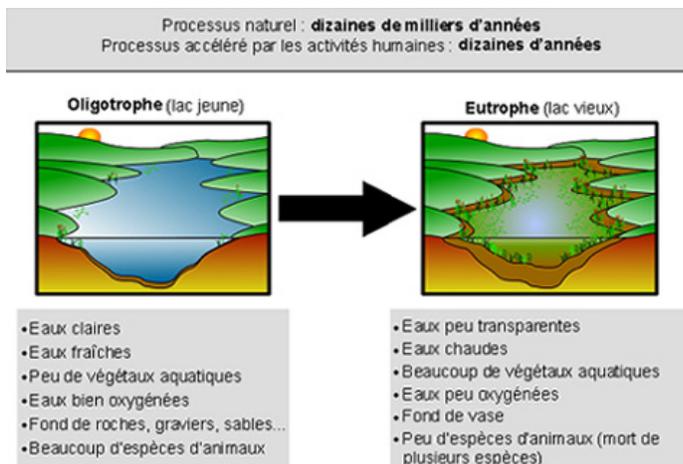
Lors de précipitations, l'eau frappe le sol avec une force variable, selon la grosseur des gouttes et l'intensité de la précipitation. Cette information, quoique pertinente à l'étude de l'érosion, est souvent indisponible. Pour mesurer l'érosion hydrique, on utilise plutôt la hauteur d'eau cumulée des pluies que l'on modifiera selon l'intensité des pluies (Le Bissonnais et al, 2002). L'impact des gouttes sur le sol dégage un léger mouvement de sol, mélangeant ainsi le sol à l'eau. Ce phénomène est influencé par de multiples facteurs comme l'érodabilité du sol, la présence de végétation brisant la chute de l'eau et l'énergie de l'eau en mouvement (Le Bissonnais et al, 2002).

Suivant alors son cycle, l'eau pénètre dans le sol en laissant les particules en suspension à la surface. Cette percolation est elle aussi influencée par de multiples facteurs, notamment la conductivité hydraulique du sol et la saturation en eau du sol. Lorsque l'arrivée d'eau est plus rapide que la percolation, le phénomène de ruissellement survient (Jasmin, 2014). Le ruissellement est un mouvement de l'eau à la surface du sol, qui entraîne des particules de sol en suspension. Chargée de ces particules, l'eau rejoint un fossé, puis un cours d'eau et un lac. Lorsque la vitesse de l'eau diminue suffisamment, les particules en suspension se déposent, suivant approximativement une loi de la physique nommée *loi de*



Stokes (Gibbs, 2016). Ce phénomène survient dans un lac, un étang ou un bassin de sédimentation.

Les conséquences de l'érosion hydrique sont nombreuses. Puisque le ruissellement entraîne des particules de sol, il est de mise de constater qu'une bonne proportion de ces particules provient de l'endroit où l'eau est tombée. De même, des particules s'accumulent à l'endroit où l'eau a ralenti. Cela engendre plusieurs réflexions. La couche superficielle du sol à laquelle ont été arrachées les particules compose l'horizon de sol le plus fertile pour les plantes, surtout en milieu agricole. Les particules en suspension dans l'eau entraînent avec elles des éléments fertilisants, tels que le phosphore et l'azote (Agir Maskinongé, s.d.). Ces éléments fertilisants sont nécessaires à la croissance de toutes plantes, notamment les plantes cultivées et les algues.



Ainsi, lorsqu'un producteur agricole fertilise son champ, une partie de cet engrais peut se retrouver dans un lac. (MDDEFP, 2014) Cela implique non seulement que le producteur perd de l'argent (en épandant un engrais qui ne lui sera pas utile), mais également des effets néfastes s'ensuivent dans les lacs. L'accumulation de composés fertilisants dans les lacs mène à l'eutrophisation (vieillesse prématurée) de ceux-ci (RAPPEL, s.d.).

De plus, la vitesse de l'eau dans les fossés a un impact sur l'érosion du territoire. Une grande vitesse de l'eau dans les fossés mène à l'érosion des parois, ce qui peut mener à un décrochement de berges. Il est ainsi nécessaire de protéger les berges des fossés en y laissant de la végétation et en ralentissant l'eau, au besoin. La force exercée par l'eau sur les particules situées dans le lit du fossé est directement proportionnelle à la vitesse de l'eau dans celui-ci (AGRCQ, 2017). Le *Guide sur la gestion des cours d'eau du Québec* (chapitre 3) détaille bien la relation existant entre ces valeurs.

2.1.2. L'érosion éolienne

En ce qui a trait à l'érosion éolienne, elle se définit par l'ensemble des phénomènes d'érosion causés par le vent. Cela dit, le vent ne possède que très peu d'énergie cinétique par lui-même. Ce faisant, il ne peut provoquer que de petits mouvements par lui-même, que l'on nomme la saltation. La saltation est le soulèvement de petites particules par le vent, lesquelles retombent au sol après avoir parcouru environ 50 centimètres dans les airs. L'impact de ces particules avec le sol cause à son tour le soulèvement de particules plus fines. Celles-ci, plus légères, ne retomberont pas au sol immédiatement, mais seront plutôt portées par le vent sur de vastes distances (FAO, 1988).

De cette façon, l'érosion éolienne est contrée quelque peu comme l'érosion hydrique, en plaçant un obstacle entre l'agent érodant et le sol. Puisque le vent souffle horizontalement par rapport au sol, la forme la plus simple d'obstacle est une barrière pour diminuer la vitesse du vent en amont du vent dominant. En contexte agricole, des haies végétales brise-vent sont souvent utilisées, en raison de leur facilité d'implantation, leurs bénéfices pour le sol et leur faible coût par rapport à la protection apportée. Une telle haie brise-vent apporte un effet bénéfique sur les cultures sur une distance de 10 à 15 fois la hauteur des arbres en plus d'apporter des opportunités de diversification des cultures par des cultures de produits forestiers non-ligneux (Vézina, 2008). Les haies brise-vent naturelles constituent également un couloir faunique.

2.2. Les sources d'érosion à Sainte-Cécile-de-Whitton

À Sainte-Cécile-de-Whitton, ces deux types majeurs d'érosions sont présents dans une certaine mesure. La présente section analyse le risque d'érosion hydrique et d'érosion éolienne dans la région, compte tenu des caractéristiques géographiques, climatiques et d'aménagement du territoire.

2.2.1. Les sources d'érosion hydrique

Les sources d'érosion hydrique, tel que discuté à la section 2.1.1, sont majoritairement le ruissellement dans les cours d'eau et les précipitations. La municipalité de Sainte-Cécile-de-Whitton compte 100,24 km de voies publiques sur son territoire dont 36,45 km en gravier. Chaque tronçon de route est flanqué d'un fossé routier de chaque côté. Ces fossés sont importants puisqu'ils drainent l'eau de la région vers le lac Trois-Milles ou vers la Rivière Chaudière, évitant ainsi des inondations. La majeure partie des fossés agricoles et forestiers s'y connectent. L'état de ces fossés est donc à la fois primordial à l'écoulement sain des eaux et un témoignage de l'érosion des terres en amont, puisqu'ils se remplissent peu à peu de sédiments.

Les précipitations annuelles moyennes à Sainte-Cécile-de-Whitton sont de 1048,2 mm, avec en moyenne 193 jours de précipitations de plus de 0,2mm. Cependant, 34 jours ont des précipitations de plus de 10 mm (Canada, 2013). Ces données impliquent que la majorité des précipitations sont de faible intensité. Les courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) pour la région semblent corroborer ce fait. Ces données sont utilisées pour les calculs théoriques de pertes de sol dues à l'érosion hydrique.

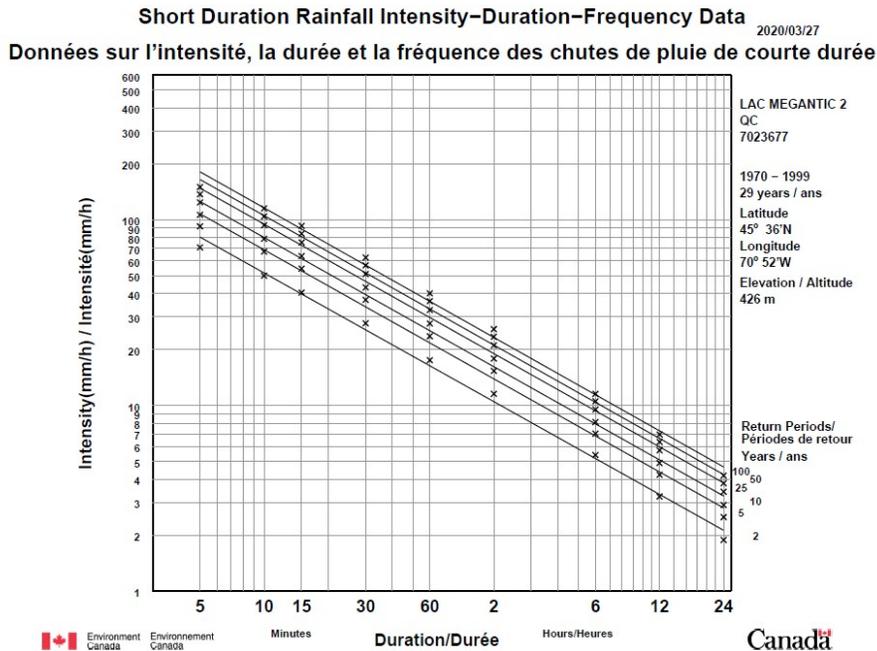


Figure 6: Courbe IDF pour la station météorologique de Lac-Mégantic (Canada, 2011)

2.2.2. Les sources d'érosion éolienne

À Sainte-Cécile-de-Whitton, le vent vient majoritairement de l'ouest, tel qu'illustré dans la figure ci-dessous.

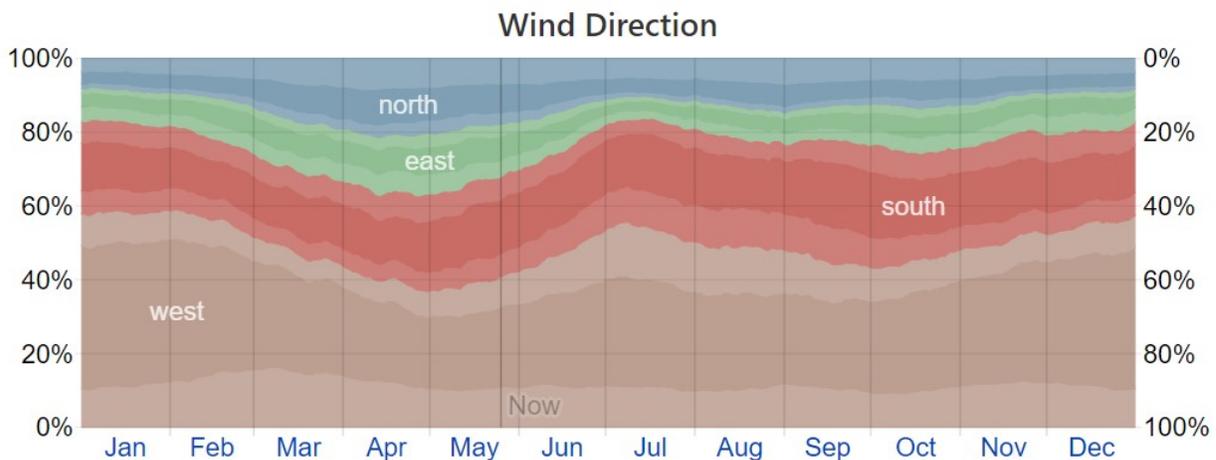


Figure 7: Direction du vent à Lac-Mégantic selon le mois (Weather Spark, 2020)

Ceci indique que si des protections contre le vent sont nécessaires, elles devraient être positionnées sur une ligne nord-sud, à l'ouest des aménagements à protéger. Comme la vitesse moyenne du vent est relativement basse toute l'année, le risque d'érosion lié au vent est jugé moyen à faible, en ne considérant pas l'état des sites. La figure ci-dessous montre la vitesse du vent selon le mois.

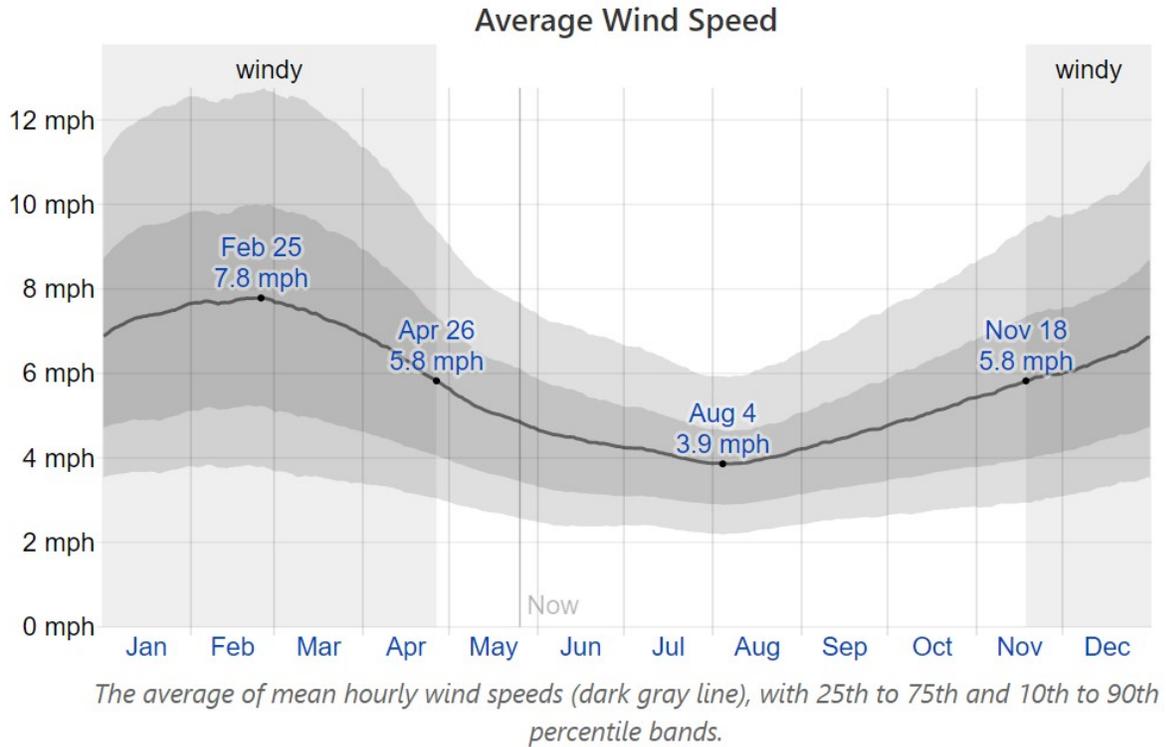


Figure 8: Vitesse moyenne du vent à Lac-Mégantic selon le mois (Weather Spark, 2020)

3. Méthodologie et limites

3.1. Méthodologie

L'évaluation de l'érosion hydrique et éolienne sur le territoire de Sainte-Cécile-de-Whitton est conduite via deux méthodes complémentaires, soit l'évaluation théorique via des observations, des équations et des mesures *ex situ* et l'évaluation *in situ* par la visite des aménagements et l'évaluation des signes d'érosion visibles. Les méthodologies utilisées sont présentées dans la section qui suit.

3.1.1. Risque d'érosion théorique

3.1.1.1. Pratiques culturales

Les pratiques culturales utilisées par chaque producteur sont analysées séparément, de façon à produire un rapport confidentiel à ceux-ci. L'évaluation des pratiques culturales est conduite de sorte à limiter le sol à nu et de manière à faciliter la tâche aux producteurs, à la fois au niveau de leur régie et de leur temps.

Les pratiques culturales sont évaluées au cas par cas, selon la situation du producteur, de ses terres et de ses productions.

3.1.1.2. L'équation universelle de perte de sol

La perte de sol annuelle théorique est une mesure basée sur l'Équation Universelle de Perte de Sol (*Universal Soil Loss Equation*, ou *USLE*). L'équation universelle utilisée se base sur des modèles empiriques. Les six facteurs pris en considération sont les suivants :

- Agressivité des précipitations (facteur R)
- Érodabilité des sols (facteur K)
- Longueur de la pente (facteur L)
- Inclinaison de la pente (facteur S)
- Végétation présente (facteur C)
- Pratiques anti-érosions utilisées (facteur P)

L'équation universelle se lit comme suit :

$$\text{Perte de sol } \text{thaan} = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Le résultat est ainsi une mesure théorique de la masse de sol perdue sur un hectare en une année.

Facteur R

Comme toutes les parcelles sont nécessairement sur le territoire de Sainte-Cécile-de-Whitton, le facteur R est commun à toutes les parcelles. Ce facteur se calcule grâce à l'expression suivante :

$$R = 0,417 \cdot P6h - 2 \text{ ans}^{2,17}$$

(Lagacé, 2016)

Ainsi, il dépend de la hauteur d'eau en millimètres d'une pluie moyenne de 6h, sur une récurrence de deux ans. Cette donnée se trouve sur les courbes IDF de la région étudiée. La hauteur d'eau est ensuite pondérée par des constantes. Pour le cas de Sainte-Cécile-de-Whitton, le facteur R est égal à 16,855, tel que montré par l'équation suivante :

$$R=0,417 \cdot 5,52,17=16,855$$

Facteur K

Le facteur K dépend du type de sol et de la teneur en matière organique du sol. Le tableau ci-dessous, tiré de la publication « Équation universelle des pertes en terre (USLE) » du Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales de l'Ontario, détaille les facteurs selon la composition du sol.

Tableau 1: Facteur K selon le type de sol et la teneur en matière organique (OMA, 2012)

Classe texturale	Facteur K tonnes/hectare (tonnes imp./acre)		
	TMO* moyenne	TMO < 2 %	TMO > 2 %
Argile	0,49 (0,22)	0,54 (0,24)	0,47 (0,21)
Loam argileux	0,67 (0,30)	0,74 (0,33)	0,63 (0,28)
Loam sableux grossier	0,16 (0,07)	-	0,16 (0,07)
Sable fin	0,18 (0,08)	0,20 (0,09)	0,13 (0,06)
Loam sableux fin	0,40 (0,18)	0,49 (0,22)	0,38 (0,17)
Argile lourde	0,38 (0,17)	0,43 (0,19)	0,34 (0,15)
Loam	0,67 (0,30)	0,76 (0,34)	0,58 (0,26)
Sable fin loameux	0,25 (0,11)	0,34 (0,15)	0,20 (0,09)
Sable loameux	0,09 (0,04)	0,11 (0,05)	0,09 (0,04)
Sable très fin loameux	0,87 (0,39)	0,99 (0,44)	0,56 (0,25)
Sable	0,04 (0,02)	0,07 (0,03)	0,02 (0,01)
Loam sablo-argileux	0,45 (0,20)	-	0,45 (0,20)
Loam sableux	0,29 (0,13)	0,31 (0,14)	0,27 (0,12)
Loam limoneux	0,85 (0,38)	0,92 (0,41)	0,83 (0,37)
Argile limoneuse	0,58 (0,26)	0,61 (0,27)	0,58 (0,26)
Loam limono-argileux	0,72 (0,32)	0,79 (0,35)	0,67 (0,30)
Sable très fin	0,96 (0,43)	1,03 (0,46)	0,83 (0,37)
Loam sableux très fin	0,79 (0,35)	0,92 (0,41)	0,74 (0,33)

* Teneur en matière organique

Facteur L et S

Les facteurs L et S sont typiquement traités ensemble, puisqu'ils sont tous les deux tirés de relevés topographiques. Dans le cadre du projet, le facteur L, soit la longueur de la pente, a été considérée comme la plus longue mesure de la parcelle en mètres, selon le sens de la pente la plus importante. De la même façon, le facteur S, soit l'inclinaison de la pente, a été considéré selon la même ligne d'action en pourcentage positif.

Les deux facteurs sont ensuite combinés selon l'équation suivante :

$$LS=(0,065+0,0456 \cdot S+0,006541 \cdot S^2) \cdot L22,1NN$$

Où LS est le facteur recherché, S est l'inclinaison de la pente, L est la longueur de la pente et NN est un facteur dépendant de la pente, tel que listé au tableau ci-dessous.

Tableau 2: Valeur de NN selon l'inclinaison de la pente en %. (OMA, 2012)

Pente	< 1	$1 \leq \text{pente} < 3$	$3 \leq \text{pente} < 5$	≥ 5
NN	0,2	0,3	0,4	0,5

Facteur C

Le couvert végétal, ou facteur C, a été déterminé à partir des deux tableaux suivants, également tirés de la publication USLE de l'OMAFRA. Il suffit de trouver le facteur C-1 et le facteur C-2 dans les tableaux et de les multiplier ensemble.

Tableau 3: Facteur C-1 selon le type de culture sur la parcelle (OMA, 2012)

Type de culture	Facteur
Maïs-grain	0,40
Haricots, canola, maïs d'ensilage	0,50
Céréales de printemps et d'automne	0,35
Cultures horticoles saisonnières	0,50
Arbres fruitiers	0,10
Foin et pâturage	0,02

Tableau 4: Facteur C-2 selon la méthode de travail du sol employée (OMA, 2012)

Méthode de travail du sol	Facteur
Labour d'automne	1,0
Labour de printemps	0,90
Déchaumage	0,60
Travail du sol sur billon	0,35
Travail en bandes avec fissure profonde	0,25
Semis direct	0,25

Facteur P

Les pratiques de réduction de l'érosion hydrique considérées apparaissent dans le tableau ci-dessous, ainsi que leur effet de pondération.

Tableau 5: Facteur P selon la pratique de conservation des sols utilisée. (OMA, 2012)

Pratique de conservation	Facteur P
Culture dans le sens de la pente	1,0
Culture à contre-pente	0,75
Culture suivant les courbes de niveau	0,50
Culture en bandes, à contre-pente	0,37
Culture en bandes, suivant les courbes de niveau	0,25

En calculant ces facteurs, on obtient une estimation de la masse de sol perdu par érosion hydrique en tonnes par hectare par an. Il suffit de multiplier par la superficie de la parcelle en hectare pour obtenir les pertes en tonnes par an.

Les pertes sont jugées problématiques dès qu'elles atteignent 4,0 t/an et sont jugées tolérables autrement (Lagacé, 2016). Ceci dit, puisque le lac des Trois-Milles est considéré un lac sensible (MRC du Granit, 2003) et que la municipalité de Sainte-Cécile-de-Whitton en entier se trouve dans le bassin versant de la rivière Chaudière, le seuil de tolérance pour les besoins du présent projet est abaissé à 3 t/an. L'annexe I contient des mesures d'atténuation de l'érosion qui sont fortement recommandées lorsque les pertes d'un champ dépassent ce seuil. Autrement, les recommandations de l'annexe I sont plutôt des mesures de perfectionnement.

3.1.2. Aménagements présents

La section suivante indique les éléments d'évaluation des aménagements présents pour la réduction des sédiments présents dans les eaux de surfaces. Les évaluations sont portées sur l'état actuel du réseau de drainage de surface ainsi que sur l'optimisation de la superficie en culture.

3.1.2.1. État du drainage de surface

Les ouvrages compris dans le réseau de drainage de surface ont été évalués selon leur état général actuel. À chaque point, le stagiaire a évalué les critères suivants :

- La présence de sédiments dans le lit de l'ouvrage;
- La présence de signes d'érosion de l'ouvrage lui-même;
- Le cas échéant, la pente du lit;
- La pente des talus;
- La présence d'encrochements;
- La présence de seuils;
- La présence de bassins de sédimentation;
- La présence et le type de végétation dans le lit;
- La présence et le type de végétation sur les talus;
- La présence de végétation en surplomb;
- La vitesse de l'eau.

Le nombre de jours depuis la dernière précipitation a également été noté, de façon à prendre en considération ce facteur lors de l'évaluation de la vitesse de l'eau.

3.1.2.2. État de l'eau dans les champs

En marchant les champs, le stagiaire et le conseiller ont également porté attention à l'état d'humidité des terres. Cette observation permet d'évaluer l'intérêt d'un aménagement supplémentaire afin d'améliorer le rendement de certains secteurs. Les observations rapportées à ce titre et les recommandations reliées ne sont pas liées à la qualité de l'eau de ruissellement, mais plutôt à l'optimisation de la rentabilité des terres.

3.2. Limites

Il est important de souligner les limitations du présent rapport. Le stagiaire rédigeant ce rapport n'a pas spécifiquement suivi de cours portant sur le drainage agricole au niveau universitaire. De plus, le temps limité du stage ne permet pas des visites exhaustives du territoire et les recommandations s'appuient donc sur un échantillon des terres de chaque exploitation agricole. Ce rapport constitue ainsi un état de faits extrapolés et les recommandations qui y sont présentées représentent des pistes de solutions plutôt que des solutions complètes.

4. Résultats

4.1. Pertes de sol théoriques

Sur le territoire de Sainte-Cécile-de-Whitton, 213 champs ont été analysés. En moyenne, leur superficie est de 3,48 hectares. La longueur et l'inclinaison moyennes de ces champs sont de 378 mètres à 3,32% d'inclinaison. La grande majorité des cultures dans ces champs sont des prairies et des pâturages. La moyenne des pertes de sols sur le territoire est de 0,11 tonne par hectare par an. Le champ ayant les pires pertes de sol annuelles à Sainte-Cécile a des pertes évaluées à 0.45 t/ha/an.

L'ensemble des résultats individuel demeure confidentiel afin de protéger l'intégrité des producteurs agricoles. Un tableau montrant les valeurs pour chaque champ est inclus dans l'annexe I remise à chaque producteur.

4.2. État des aménagements présents

Par les visites sur chacune des fermes étudiées, les observateurs ont pu noter une observation constante d'une exploitation à l'autre : les champs ne sont typiquement pas entourés de fossés. Les aménagements les plus fréquemment rencontrés sont les risbermes accidentellement formées par le labour. Celles-ci ont l'effet de conserver l'eau dans les champs et de favoriser l'infiltration. Il y a donc très peu d'eau qui sorte des champs par ruissellement, sur le territoire étudié.

Hormis ce fait, les fossés rencontrés étaient normalement peu profonds (moins de 1,5 mètres) et montraient des pentes de talus abruptes. Deux fossés ont retenu l'attention des observateurs. La figure ci-dessous montre l'état de ces deux fossés, situés entre des champs et des routes de gravier.



Figure 9: Fossés rempli de gravier routier en bordure de la rue principale (Photo: Julien de Grasse)

Seulement deux avaloirs ont été notés. Ceux-ci étaient en bon état et leurs effluents ne semblaient pas contenir de sédiments.

5. Analyse des résultats

5.1. Pertes de sol théoriques

Le tableau ci-dessous résume les valeurs statistiques calculées à partir des pertes de sol annuelles évaluées pour chaque champ.

Tableau 6: Mesures statistiques calculées à partir des pertes estimées

Mesure statistique	Valeur
Moyenne	0,11 t/ha/an
Médiane	0,10 t/ha/an
Écart-type	0,11 t/ha/an
Valeur maximale	0,45 t/ha/an

Il convient de rappeler que le seuil de tolérance pour les pertes de sol est fixé à 3 t/ha/an. Ainsi, les valeurs moyenne et maximale sont situées sous le seuil de tolérance, indiquant qu'aucun champ étudié ne dépasse celui-ci. La valeur médiane étant de seulement 0,11 t/ha/an, il convient de constater que la moitié des valeurs calculées sont près de 30 fois plus petites que le seuil.

5.2. État des aménagements présents

Le territoire de Sainte-Cécile-de-Whitton ne contient que peu d'aménagement de gestion de l'eau de surface, entre autres grâce au sol naturellement perméable de la région. Les ouvrages observés étaient majoritairement en bon état. Seuls les fossés routiers semblaient présenter une sédimentation notable.

Conclusion et recommandations

En se basant sur les résultats recueillis et l'analyse de ceux-ci, il est de l'avis du rédacteur que les sédiments retrouvés dans les cours d'eau de la région ne proviennent qu'en infime partie des exploitations agricoles. Les améliorations jugées pertinentes ont été communiquées aux producteurs agricoles.

La figure 9 de la section 4.2 suggère une avenue afin d'affiner les recherches pour la source de la sédimentation. En effet, celle-ci montre un fossé de route à proximité du Lac Trois-Milles rempli de gravier routier et de poussière de roche. De ce fait, il est pertinent d'en évaluer l'impact sur les écosystèmes aquatiques. Le rédacteur suggère ainsi de conduire une étude en ce sens et d'évaluer la qualité de la pierre utilisée sur les routes de Sainte-Cécile-de-Whitton, puisque la pérennité du Lac Trois-Milles est en jeu.

Glossaire

Ablation : Enlèvement de matière aux dépens du relief par départ de débris solides ou par dissolution.

Abrasion : Action d'user par frottement à l'aide d'abrasifs ; son résultat.

Amont : Par rapport à un point considéré, partie d'un cours d'eau comprise entre ce point et la source. Peut-être utilisé dans le contexte du vent.

Aval : Par rapport à un point considéré, partie d'un cours d'eau comprise entre ce point et l'embouchure ou le confluent. Peut-être utilisé dans le contexte du vent.

Bassin de sédimentation : Ouvrage de drainage de surface destiné à recueillir les eaux de ruissellement chargées de particules en suspension. L'ouvrage doit ralentir l'eau suffisamment pour que les particules se déposent (sédimentent) au fond du bassin.

Conductivité hydraulique : Mesure par laquelle on quantifie la facilité de l'eau à se déplacer à travers un milieu poreux. Ici, le sol. Normalement mesuré en unité de longueur par unité de temps

Constantes (mathématiques) : Quantité qui conserve toujours la même valeur ; nombre indépendant des variables, dans une équation.

Courbes Intensité-Durée-Fréquence : Courbes indiquant l'intensité moyenne des précipitations selon leur durée et la période de référence.

Cours d'eau : toute masse d'eau qui s'écoule dans un lit avec débit régulier ou intermittent, y compris un lit créé ou modifié par une intervention humaine, le fleuve Saint-Laurent, le golfe du Saint-Laurent, de même que toutes les mers qui entourent le Québec, à l'exception d'un fossé tel que défini ci-après.

Décrochement de berge : Conséquence à long terme de l'érosion d'un cours d'eau où l'eau a détérioré le talus à un tel point qu'un affaissement de terrain se produise.

Eau de surface : l'ensemble des masses d'eau situé au-dessus du sol, par opposition aux eaux souterraines.

Énergie cinétique : Énergie relative au mouvement. Pour une particule, l'énergie cinétique est égale à la moitié de la masse multipliée par le carré de la vitesse.

Enrochement : Ensemble de gros blocs de roche utilisés pour la protection des parties immergées des ouvrages de génie ou pour la construction de barrages.

Érodabilité : Mesure du risque d'érosion d'un sol.

Érosion : l'ensemble des processus responsables de l'évolution des reliefs engendrés par les déformations de l'écorce terrestre (par ablation, transport et aussi accumulation).

Eutrophisation des lacs : Enrichissement d'une eau en sels minéraux (nitrates et phosphates, notamment), entraînant des déséquilibres écologiques tels que la prolifération de la végétation aquatique ou l'appauvrissement du milieu en oxygène. (Ce processus, naturel, ou artificiel [dans

ce cas, on parle aussi de dystrophisation], peut concerner les lacs, les étangs, certaines rivières et les eaux littorales peu profondes.)

Ex situ : Se dit d'une opération réalisée hors site.

Fossé : Ouvrage utilisé aux seules fins de drainage et d'irrigation qui n'existe qu'en raison d'une intervention humaine et dont la superficie du bassin versant est inférieure à 100 hectares.

Haie brise-vent : Ouvrage naturel ou artificiel entravant le parcours du vent afin de le ralentir.

Hauteur d'eau cumulée des pluies : Total des précipitations pour une période donnée

In situ : Se dit d'une opération réalisée sur le terrain, au site.

Intensité (d'une précipitation) : Hauteur d'eau tombée lors d'une précipitation par intervalle de temps, par exemple, 10 ml/h

Lit de l'ouvrage : Dans le cas d'un fossé, portion située sous la ligne des hautes eaux.

Modèle empirique : Modèle qui s'attache exclusivement à l'observation et au classement des données sans l'intervention d'un système ou d'une théorie a priori.

Ouvrage (de drainage) : Construction ou aménagement dans le but de drainer un territoire, par exemple, un fossé ou une tranchée filtrante.

Particules en suspension : Particules flottant dans un fluide, liquide ou gazeux.

Percolation : Mouvement de l'eau à travers un terrain poreux saturé, sous l'effet de la pesanteur.

Pratiques culturales : Ensemble des méthodes par lesquelles un champ agricole est cultivé.

Précipitations : Formes revêtues par la précipitation, c'est-à-dire la transformation de la vapeur, de l'eau dans l'atmosphère (pluie, neige, grêle). Par le fait même, on indique couramment la chute de l'eau atmosphérique sur le sol par ce terme.

Précipitations annuelles moyennes : Moyenne sur plusieurs années de la hauteur d'eau cumulée pour une année dans une région donnée.

Ruissellement : Mouvement de l'eau parallèle à la surface du sol. Écoulement instantané et temporaire, diffus ou concentré, des eaux sur un versant à la suite d'une averse (ou de la fusion nivale).

Saturation en eau du sol : Humidité maximale pouvant être contenue dans un sol.

Sédiment : En géologie, dépôt solide laissé par l'eau ou le vent.

Seuil : Ouvrage réalisé à même un fossé destiné à ralentir l'écoulement de l'eau en y ajoutant des barrières ponctuelles.

Talus : Surface de terrain en pente, créée par des travaux de terrassement latéralement à une plate-forme (de route, de voie ferrée, etc.) ou résultant de l'équilibre naturel d'une zone déclive.

Teneur en matière organique : Quantité de matière organique contenue dans le sol, relative à la masse de celui-ci.

Topographie : Disposition, relief d'un lieu : Une topographie montagneuse.

Références

- AGIR Maskinongé. « Eaux de ruissellement | AGIR Maskinongé ». Consulté le 22 mai 2020. <https://www.agirmaskinonge.com/eaux-de-ruissellement>.
- Association des gestionnaires régionaux des cours d'eau du Québec [AGRCQ]. « Guide sur la gestion des cours d'eau du Québec – AGRCQ », 2017. <https://agrcq.ca/guide-gestion-cours-eau/>.
- Association pour la Protection de l'Environnement du Lac Trois Milles [APEL3M]. « Guide de survie du lac Trois-Milles », 2016. Consulté le 25 mai 2020. <https://www.stececiledewhitton.qc.ca/pages/journal-info-apel-3m>.
- Association pour la Protection de l'Environnement du Lac Trois Milles [APEL3M]. « Bathymétrie du Lac des Trois Milles », 2012. <https://www.stececiledewhitton.qc.ca/pages/documents-lac-trois-milles>.
- Canada, Environnement et Changement climatique. « Données des stations pour le calcul des normales climatiques au Canada de 1981 à 2010 - Climat - Environnement et Changement climatique Canada », 25 septembre 2013. https://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/results_1981_2010_f.html?searchType=stnProv&lstProvince=QC&txtCentralLatMin=0&txtCentralLatSec=0&txtCentralLongMin=0&txtCentralLongSec=0&stnID=5385&dispBack=0.
- Canada, Environnement et Changement climatique. « Ensembles de données climatiques en génie - Fichiers IDF », 31 octobre 2011. https://climat.meteo.gc.ca/prods_servs/engineering_f.html.
- Canada, Environnement et Changement climatique. « Notions élémentaires sur l'eau : le cycle hydrologique ». Description de programme. aem, 9 janvier 2007. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/eau-aperçu/notions-elementaires/cycle-hydrologique.html>.
- Gouvernement du Québec [MDDEFP]. « Guide de gestion des eaux pluviales », 2014. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide.htm>.
- Gouvernement du Québec. Loi sur la qualité de l'environnement, RLRQ c Q-2 §. Consulté le 4 juin 2020. <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowTdm/cs/Q-2>.
- Gouvernement du Québec. Règlement sur les exploitations agricoles, RLRQ c Q-2, r. 26 §. Consulté le 4 juin 2020. <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2026/>.
- Gouvernement du Québec. Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables, RLRQ c Q-2, r. 35 §. Consulté le 4 juin 2020. <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2035/>.
- Jasmin, G. « Fiches sur l'AMÉNAGEMENT et l'ENTRETIEN des PROPRIÉTÉS RÉSIDENTIELLES », s. d., 36.

http://cobaric.qc.ca/wp-content/uploads/2014/01/Amenagement_et_entretien_des_proprietes_residentielles.pdf

Lagacé, Robert. « Cours GAE-3005 - Chapitre 13 - L'équation universelle des pertes de sol », 2016. http://www.grr.ulaval.ca/gae_3005/.

Larousse. « Définitions : érosion - Dictionnaire de français Larousse ». Consulté le 25 mai 2020. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/%C3%A9rosion/30819>.

Le Bissonnais, Yves, Jacques Thorette, Cécile Bardet, et Joël Daroussin. « L'ÉROSION HYDRIQUE DES SOLS EN FRANCE », s. d., 107. https://www.researchgate.net/profile/Yves_Le_Bissonnais/publication/266884294_L'erosion_hydrique_des_sols_en_France/links/544bd0ea0cf2d6347f43a125/Lerosion-hydrique-des-sols-en-France.pdf

Lefrancq, Audrey. « Partie 4 - Évaluation du ruissellement atteignant le Lac Trois-Milles », 2019. <https://www.stececiledewhitton.qc.ca/pages/documents-lac-trois-milles>.

Ministère de l'agriculture de l'Ontario [OMA]. « L'érosion du sol – Causes et effets », 2018. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/12-054.htm>.

Ministère de l'agriculture de l'Ontario [OMA]. « Érosion hydrique du sol », 2017, 8. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/environment/bmp/AF192.pdf>

Ministère de l'agriculture de l'Ontario [OMA]. « Équation universelle des pertes en terre (USLE) », 2012. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/12-052.htm>.

Municipalité régionale de comté du Granit. « Règlement de Contrôle Intérimaire 2017-18 ». MRC du Granit, 2017. <https://www.mrcgranit.qc.ca/fr/documents-et-publications/cours-d-eau/>.

Municipalité régionale de comté du Granit. « Règlement de Contrôle Intérimaire 2008-14 ». MRC du Granit, 2008. <https://www.mrcgranit.qc.ca/fr/documents-et-publications/cours-d-eau/>.

Municipalité régionale de comté du Granit. « Schéma d'aménagement ». MRC du Granit, 2003. <https://www.mrcgranit.qc.ca/fr/documents-et-publications/document-schema-amenagement/>.

Municipalité de Sainte-Cécile-de-Whitton. « Plan d'urbanisme », 2009. <https://www.stececiledewhitton.qc.ca/pages/reglements-durbanisme>.

Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation [FAO]. *Manuel de fixation des dunes - Chapitre II*. Rome, 1988. <http://www.fao.org/3/t0492f/t0492f04.htm#chapitre%20ii%20%20les%20m%C3%A9canismes%20de%20l%C3%A9rosion%20%C3%A9olienne>.

Polycor. « À propos de Polycor inc. » Consulté le 15 juin 2020. <https://www.polycor.com/inc-fr/?lang=fr>.

RAPPEL. « L'eutrophisation (vieillesse) des lacs ». Consulté le 22 mai 2020. <https://www.rappel.qc.ca/vie-riveraine/pratiques-riveraines/8-vie-riveraine/33-les-pratiques-riveraines.html>.

Gibbs, K. « Stokes' Law », 2016. Consulté le 22 mai 2020. http://www.schoolphysics.co.uk/age16-19/Properties%20of%20matter/Viscosity/text/Stokes_law/index.html.

Vézina, André. « Les haies brise-vent, de la planification à l'entretien », 2008.
<http://www.wbvecan.ca/francais/document.html>.

Weather Spark. « Average Weather in Lac-Mégantic, Canada, Year Round ». Consulté le 25 mai 2020. <https://weatherspark.com/y/27019/Average-Weather-in-Lac-M%C3%A9gantic-Canada-Year-Round>.